

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](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 possible 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)	Berget, Alphonse (1860-1933)
Titre	La télégraphie sans fil
Adresse	Paris : Hachette & Cie, copyright 1914
Collection	Bibliothèque des merveilles
Collation	1 vol. (203-[1] p.-39 p. de pl.) : ill., front., photogr. collée sur la couv. ; 19 cm
Nombre d'images	254
Cote	CNAM-BIB A 13312
Sujet(s)	Sciences -- Vulgarisation Télégraphe 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?A13312

A 13 312

BIBLIOTHÈQUE DES MERVEILLES

A. BERGET

LA TÉLÉGRAPHIE
SANS FIL



LIBRAIRIE HACHETTE & CIE - PARIS

A 13312

LA TÉLÉGRAPHIE SANS FIL

BIBLIOTHÈQUE DES MERVEILLES

PUBLIÉE SOUS LA DIRECTION

de M. A. BERGET

Professeur à l'Institut Océanographique.

LA TÉLÉGRAPHIE
SANS FIL
par M. A. Berget.

LES MERVEILLES
DE LA NAVIGATION
par M. Clerc-Rampal.

LE FOND DE LA MER
par M. Joubin.

LES MERVEILLES
DU CORPS HUMAIN
par M. le Docteur Vaucaire.

LES MERVEILLES DE
L'ÉCORCE TERRESTRE
par M. Lemoine.

LES MERVEILLES
DE L'AÉRONAUTIQUE
par M. Georges Prade.

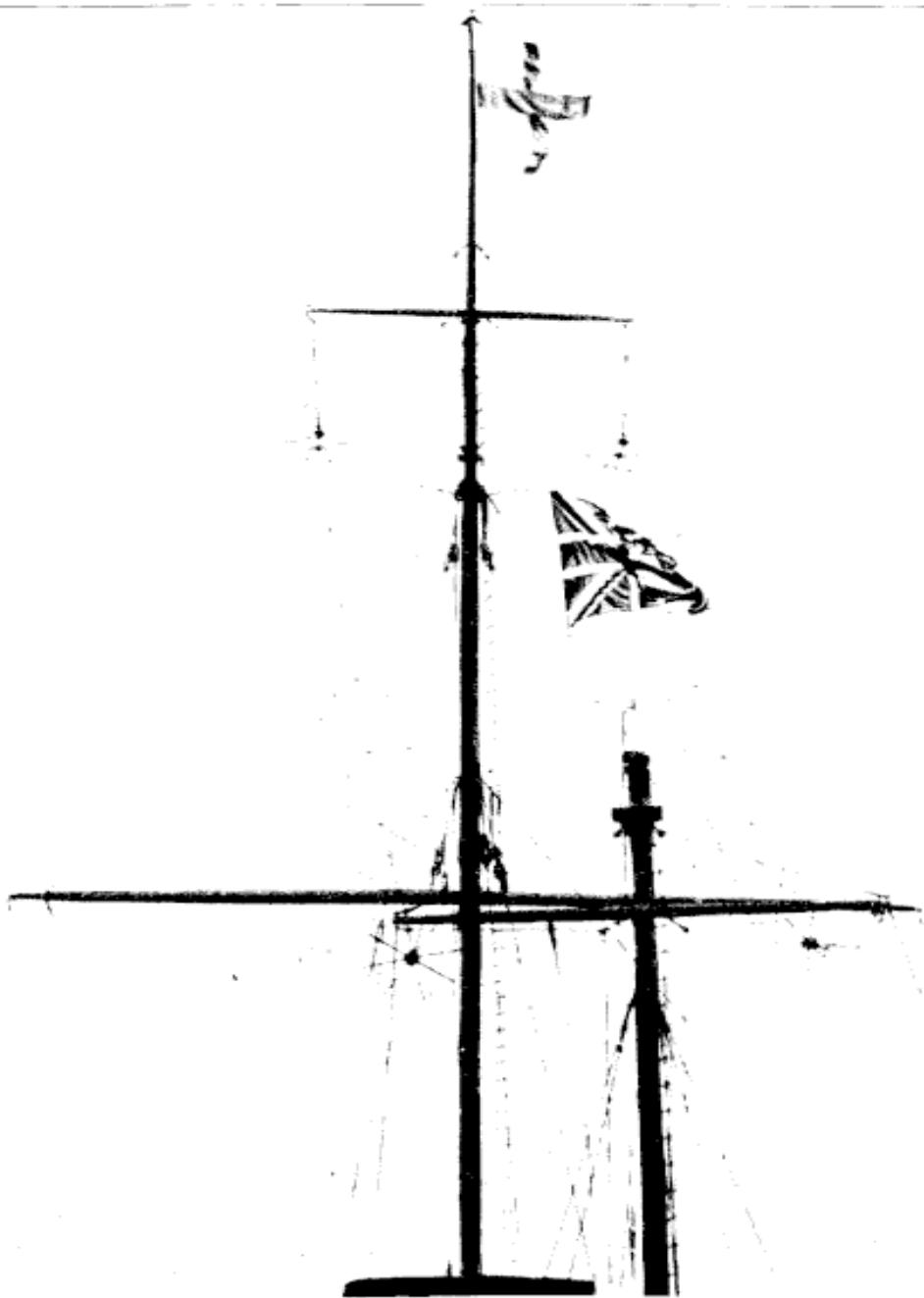
LES MERVEILLES
DU CIEL
par M. Fouché.

LES MERVEILLES
DES INSECTES
par M. Caustier.

LES MERVEILLES
DE L'ATMOSPHÈRE

LES MERVEILLES
DE LA CONSTRUCTION
LES MERVEILLES DE
L'AGRICULTURE, etc., etc.

CHAQUE VOLUME ILLUSTRÉ D'ENVIRON 100 GRAVURES
BROCHÉ 2 fr. 50 BROCHÉ



ANTENNE DE T.S.F. A BORD D'UN CUIRASSÉ
On aperçoit la disposition prismatique des fils.

(CL. Stephen-Cribb.)

La Télégraphie sans fil.

PI. I. Frontispice.

Fond 912

• BIBLIOTHÈQUE DES MERVEILLES •

LA TÉLÉGRAPHIE SANS FIL

PAR A. BERGET

l'Institut ^{DE} Océanographique

AVEC 100 GRAVURES



• HACHETTE & CIE — PARIS •

*Tous droits de traduction, de reproduction
et d'adaptation réservés pour tous pays.
— Copyright by Hachette and C° 1914. —*

LA
TÉLÉGRAPHIE SANS FIL

A V A N T - P R O P O S

CE siècle est celui de la Science ; les récentes découvertes, pratiquement appliquées depuis ces dernières années, ont modifié d'une façon profonde les conditions de notre existence. Tout le monde, aujourd'hui, suit avec intérêt passionné cet élan merveilleux d'un progrès qu'aucune impossibilité n'arrête, et ce goût pour les réalisations scientifiques semble être la grande caractéristique des générations actuelles.

Mais devant les prodiges de la télégraphie sans fil, de la mécanique, de l'aviation, de la chirurgie, de l'astronomie, de la construction, chacun avoue aussi son ignorance dans cette exclamation sans cesse répétée : « Comment cela peut-il se faire ? » Voir, admirer, c'est bien ; comprendre serait mieux, et il y a là aujourd'hui, pour tout le monde, un besoin impérieux, une nécessité logique, inévitable.

C'est pour y répondre que la « Bibliothèque des Merveilles » mettra en lumière et pour la première

(v)

AVANT-PROPOS

fois à la portée de tous, les grandes découvertes de la Science moderne.

La « Bibliothèque des Merveilles » expliquera les côtés les plus prodigieux et les plus pittoresques des admirables trouvailles du génie humain, en des récits passionnants de réalité qui formeront, dans leur ensemble, un véritable Roman de la Science.

Et, tout naturellement, le premier volume est consacré à la Télégraphie sans fil, cette « Merveille des Merveilles » de la Science moderne.



CHAPITRE PREMIER

TÉLÉGRAPHES D'AUTREFOIS

La télégraphie. || Le télégraphe aérien. || Le télégraphe électrique. || La pile. Le courant. L'électro-aimant. || Le télégraphe Morse. || Télégraphes à cadran. || Télégraphes imprimeurs. || La télégraphie sous-marine. || Le télégraphe optique.

LA TÉLÉGRAPHIE. ☠ ☠ Je crois que, parmi les merveilles auxquelles la science nous a, depuis un siècle, déjà bien habitués, nulle peut-être ne mérite plus notre admiration que la télégraphie sans fils, la T. S. F., comme on l'appelle plus simplement aujourd'hui.

N'est-ce pas, en effet, un véritable miracle que de pouvoir envoyer un message, d'une ville d'Europe ou d'Amérique, à un parent, à un ami qui voyage sur l'océan et qui, sur son paquebot, en plein Atlantique, à 2 000 kilomètres des côtes les plus proches, reçoit votre dépêche et vous envoie sa réponse ? N'est-ce pas prodigieux de penser que, transportées sur d'invisibles ailes qui se jouent des obstacles géographiques, demande et réponse cheminent à travers l'espace avec la vitesse incroyable de 300 000 kilomètres par seconde ? que le marin au milieu de l'océan, l'explorateur au milieu d'un désert, reçoivent chaque jour l'heure, précise à un centième de seconde, que leur envoie l'Observatoire de Paris par l'intermédiaire des ondes électriques rayonnées par la Tour Eiffel, devenue ainsi « l'horloge du monde » ? que déjà la parole elle-même se transmet ainsi de continent à continent avec toutes les inflexions de la voix humaine ?

C'est cette « merveille » que nous allons essayer d'exposer dans ce petit livre. Mais peut-être un coup d'œil sur le passé nous fera-t-il mieux apprécier les progrès accomplis.

(1)

1

LA TÉLÉGRAPHIE SANS FIL

Jetons donc rapidement un regard en arrière, et voyons ce qu'est le passé de la télégraphie.

Communiquer avec ses semblables a toujours été le but de l'homme ; c'est pour l'atteindre que furent inventées la parole d'abord, l'écriture ensuite. Mais l'ambition humaine ne se contenta pas de si peu : il fallut trouver le moyen de correspondre avec d'autres hommes, malgré l'espace qui semblait interdire toute communication.

C'est de ce besoin de transmettre au loin la pensée avec la plus grande rapidité possible qu'est née la *télégraphie* qui, comme l'indique son nom, dérivé de deux mots grecs, signifie « écrire au loin ».

Les physiciens modernes, avec leurs troublantes découvertes, nous apprennent que toutes les forces de la nature se transmettent par ondulations : ces ondes servent à propager la lumière, le son, l'électricité et, sans doute, les autres forces de l'Univers. L'humanité a vécu au milieu d'elles sans les soupçonner pendant des siècles, et quand nos ancêtres se transmettaient leur pensée par un signe ou par un cri, ils appliquaient les propriétés des ondulations, comme M. Jourdain faisait de la prose : sans le savoir.

Car, remarquons-le dès maintenant : le premier moyen de communication à distance qui fut réalisé, la première « télégraphie », en un mot, utilisait soit la vision d'un signal lointain, soit l'audition d'un bruit intense ; en tout cas, elle mettait à contribution des ondes sonores ou lumineuses, en sorte que la première « télégraphie » fut une télégraphie « sans fil ». Celle-ci est donc, dans son principe d'utilisation des ondes, aussi vieille que l'humanité elle-même.

Mais, même sous la forme simple de signaux à distance, la télégraphie fut longtemps rudimentaire, et la transmission de phrases entières, de messages complets, ne fut guère réalisée qu'à la fin du XVIII^e siècle par les frères *Chappe*. Dans l'antiquité, les nouvelles importantes, victoires gagnées ou batailles perdues, se transmettaient, il est vrai, très rapidement ; les Romains avaient un système de signaux militaires qui permettait de faire circuler très vite, de

TÉLÉGRAPHES D'AUTREFOIS

poste en poste, les ordres de leurs généraux à leurs légions ; mais ce n'était que l'échange d'un petit nombre de signes conventionnels et ne correspondant qu'à un très petit nombre de cas. On était loin de la véritable « télégraphie », permettant d'envoyer vite et loin un message quelconque, formé d'un nombre déterminé de phrases et de mots.

LE TÉLÉGRAPHE AÉRIEN. ☠ ☠ C'est à la France que revient l'honneur indiscuté d'avoir produit le premier système de télégraphie qui ait pu fonctionner régulièrement, de façon à donner satisfaction à tous, pendant plus d'un demi-siècle. Il était d'ailleurs juste que, de cette France dont le génie, dont la pensée rayonne sur le monde, sortit également le moyen de transmettre cette pensée d'un bout à l'autre du continent.

Nous ne nous attarderons pas sur les essais, faits sous Louis XIV, du physicien français Amontons, membre de l'Académie des sciences, non plus que sur les projets du commissaire de la marine Guillaume Marcel, qui vivait à la même époque : ce furent plutôt des tentatives que des réalisés. Et nous arrivons de suite à l'invention des premiers véritables télégraphes par un Français, dont le nom est justement immortel, par *Claude Chappe*.

Chappe, né en 1763, à Brûlon, dans la Sarthe, fit ses études au collège de La Flèche et embrassa l'état ecclésiastique. Les revenus d'un bénéfice assez important qu'il obtint lui permirent de satisfaire ses goûts pour la science, et, par une sorte d'anticipation, ses premiers travaux portèrent sur l'électricité. Vint la Révolution : Claude Chappe perdit son bénéfice et dut revenir dans sa terre de la Sarthe, où il retrouva ses quatre frères : Ignace, Pierre, René et Abraham, que la tourmente politique avait également privés de leurs fonctions. Alors il songea à se créer des ressources en utilisant ses connaissances en physique ; il comprenait l'intérêt qu'aurait le gouvernement à communiquer rapidement avec ses armées, et il attaqua résolument la question de la télégraphie.

(3)

LA TÉLÉGRAPHIE SANS FIL

Chose remarquable et sur laquelle on n'a pas assez insisté : c'est à l'électricité que, par une véritable prescience des conquêtes à venir, Claude Chappe s'adressa tout d'abord. On ne connaissait alors que l'électricité « statique », telle que la fournissaient et la fournissent encore aujourd'hui les machines à plateaux. Sans connaître exactement la vitesse de transmission de l'électricité, on savait que cette vitesse était considérable, et Chappe voulait tirer parti de cette quasi-instantanéité de la transmission pour échanger très rapidement des signaux entre deux stations réunies par un fil conducteur.

L'idée de Chappe était d'avoir dans les deux stations appelées à correspondre l'une avec l'autre deux pendules rigoureusement d'accord : l'électricité aurait permis d'indiquer le moment où leurs aiguilles passeraient devant un point déterminé de leurs cadans et indiquerait ainsi le moment de lire certains signaux disposés sur ces cadans. Mais les difficultés expérimentales furent si grandes, à cette époque surtout où le matériel scientifique n'existaient pour ainsi dire pas, qu'il fallut renoncer à cette idée si jolie d'utiliser deux horloges synchronisées, idée qui est aujourd'hui à la base des télégraphes imprimeurs à grand rendement.

Chappe renonça donc à l'électricité et revint à son horloge, dont il fit les cadans plus grands pour être visibles de loin avec une lunette et dont un « voyant » indiquait le signal d'observation : sa machine, installée à Paris, fut mise en pièces par le peuple, qu'il était si facile de fanatiser à cette époque. Il imagina alors de se servir de trois grandes règles de bois portées sur un mât, l'une pouvant osciller autour du mât lui-même : c'est le *régulateur* (fig. 1) ; les deux autres plus petites, placées à chaque extrémité de la première et qu'on appelait les *ailes*. Un petit mécanisme formé de leviers semblables, placé à l'intérieur du bâtiment sur lequel était installé le « télégraphe », permettait de réaliser toutes les positions voulues, que des cordes et des poulies transmettaient aux règles extérieures.

(4)

TÉLÉGRAPHES D'AUTREFOIS

Le système des signaux était d'une grande simplicité et d'une clarté qui éliminait toute chance d'erreur ou de fausse interprétation. Le régulateur ne prenait que quatre positions : horizontale, verticale, oblique à droite ou oblique à gauche ; les ailes pouvaient former avec le régulateur des angles droits, aigus ou obtus. Ces différentes positions relatives des ailes et du régulateur donnaient 49 signaux distincts. Pour éviter les confusions et les erreurs, ces signaux

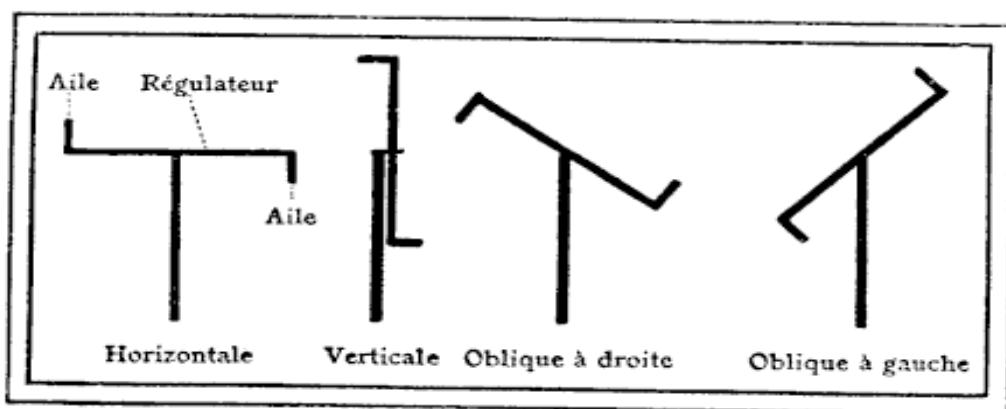


Fig. 1. — Position des ailes du télégraphe Chappe.

n'avaient de valeur que s'ils étaient formés sur l'une des deux positions obliques ; et on les « assurait » en les transportant, tout formés, sur l'horizontale ou sur la verticale. Les 49 signaux possibles prenaient des significations différentes suivant qu'ils étaient transportés ainsi sur l'horizontale ou sur la verticale ; ce qui donnait 98 signaux, formés en partant de l'oblique de droite ; on en avait autant en partant de l'oblique de gauche, ce qui faisait 98 autres signaux, soit, en tout, 196, dont la moitié était consacrée au service des dépêches et l'autre moitié aux indications de service.

Il y avait donc 98 signaux seulement pour les communications courantes. Comment, avec cela, transmettre des mots et des phrases ? Chappe n'en employa même que 92. Il composa un *vocabulaire des mots*, composé de 92 pages, dont

LA TÉLEGRAPHIE SANS FIL

chacune comprenait 92 mots, soit 8464 *mots*, pour la transmission d'un desquels il suffisait de 2 signaux, l'un donnant le numéro de la page, l'autre celui de la ligne. Puis, un second *vocabulaire des phrases*, également de 92 pages, comprenant chacune 92 phrases ou membres de phrases tout faits, permettait de transmettre ainsi 8464 idées; enfin un troisième *vocabulaire géographique*, toujours de 92 pages à 92 lignes, formait le répertoire des villes, cantons et pays. Un signal spécial indiquait celui des trois vocabulaires qu'on allait avoir à consulter.

Tel était cet ingénieux appareil qui, sauf la nuit et pendant le brouillard, transmettait, en moyenne, 2 signaux par minute, avec des postes espacés, l'un de l'autre, d'environ 12 kilomètres; une dépêche ainsi envoyée mettait six minutes et demie à parvenir de Strasbourg, par l'intermédiaire de 44 télégraphes, et vingt-cinq minutes à venir de Toulon, avec 100 postes intermédiaires.

Quand Chappe présenta à la Convention ce remarquable projet, il eut à lutter contre le misonéisme qui caractérise les corps élus, composés presque toujours d'une majorité de médiocres. Heureusement se trouvait là un homme d'une intelligence et d'un patriotisme supérieurs: c'était Lakanal. Il comprit quel profit la France pourrait retirer d'une pareille invention; il fit tant et si bien que, le 12 juillet 1793, une ligne d'essai était installée entre le parc Saint-Fargeau et Saint-Martin-du-Tertre, à 25 kilomètres de distance, avec un seul poste intermédiaire: l'expérience réussit à merveille, et Lakanal présenta à la Convention un rapport admirable sur le mérite de l'invention nouvelle, rapport où le célèbre organisateur fit preuve d'une prescience vraiment admirable de l'avenir, en écrivant: « Deux découvertes paraissent surtout marquer dans le XVIII^e siècle; toutes deux appartiennent à la nation française: l'aérostat et le télégraphe....»

Le 25 juillet 1793, la Convention décidait la création de lignes télégraphiques et, le 4 août de la même année, on spécifia que les deux premières seraient celles de Paris à Lille et de Paris à Landau. La ligne de Paris-Lille était

TÉLÉGRAPHES D'AUTREFOIS

en état de fonctionner à la fin d'août 1794. Elle débuta en transmettant à Paris l'annonce d'une victoire que nos armées venaient de remporter, celle de la reprise de la ville de Condé, le 25 fructidor an II (1^{er} septembre 1794).

Ce système, dont les lignes se multiplièrent, fonctionna en France jusqu'en 1855 ; nos armées en avaient en service au siège de Sébastopol, et il y eut des « télégraphes aériens » en Algérie jusqu'en 1859.

LE TÉLÉGRAPHE ÉLECTRIQUE. ☙ ☙ Il fallait un fier conquérant pour détrôner le télégraphe de Chappe : ce conquérant fut le télégraphe électrique. Nous avons vu que Chappe lui-même, dans une prévision de génie, avait eu l'idée d'employer l'électricité à transmettre rapidement des signaux, mais que la difficulté de l'isolement des fils, dans le cas de l'électricité statique, l'avait obligé à renoncer à ce projet ; d'autres tentatives de télégraphie « électrostatique » avaient d'ailleurs été faites par Lesage, à Genève, en 1774, mais il fallait, pour arriver à réaliser le premier *télégraphe électrique*, que deux inventions capitales eussent vu le jour auparavant : celle de la *pile*, due à Volta, et celle de l'*electro-magnétisme*, dérivant de l'expérience célèbre par laquelle le physicien suédois Ørsted montrait qu'une aiguille aimantée est déviée de sa position d'équilibre par l'action d'un courant voisin. En utilisant ces propriétés, en 1837, Steinheil réalisa, à Munich, le premier télégraphe fonctionnant à l'aide des signaux conventionnels sur une bande de papier ; il découvrit en outre que la terre pouvait jouer le rôle de conducteur et permettre de « fermer le circuit », sans qu'il fût pour cela besoin d'un second fil : à partir de ce moment, la télégraphie électrique était découverte. Elle allait bientôt se perfectionner grâce à la découverte fondamentale, faite dès 1820 par Arago et Ampère, de l'*electro-aimant*, dont nous allons rappeler, en deux mots, le principe et le fonctionnement, à cause du rôle capital qu'il joue dans toutes les applications de l'électricité.

(7)

LA TÉLÉGRAPHIE SANS FIL

LA PILE. LE COURANT. L'ÉLECTRO-AIMANT.

Volta avait découvert la *pile* : si, dans un vase de verre contenant de l'eau additionnée d'acide sulfurique, on plonge une lame de zinc et une lame de cuivre (fig. 2),

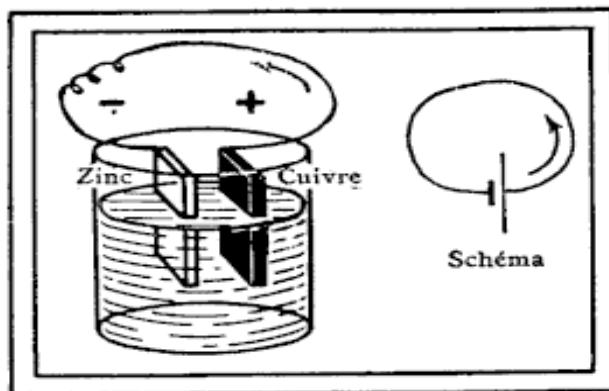


Fig. 2.— *Pile électrique et son schéma.*

lame de zinc à la lame de cuivre : ce mouvement d'électricité constitue le *courant*; la lame de cuivre est le *pôle positif*, la lame de zinc le *pôle négatif*. Depuis Volta, on a varié à l'infini la construction et le dispositif des piles ; mais, quel qu'en soit le modèle, que ce soient des piles ou des « accumulateurs », il y a dans chaque élément deux lames, dont l'une est un pôle positif et l'autre un pôle négatif. En les réunissant par un conducteur continu, on fait parcourir celui-ci par le *courant électrique*.

Ce courant manifeste un mouvement d'électricité, une transformation de l'énergie chimique développée dans la pile en énergie électrique. Il se produit entre les deux plaques de zinc et de cuivre, entre les deux électrodes comme l'on dit, une différence d'état analogue à celle qui existe entre deux réservoirs d'eau situés à deux niveaux différents. Vient-on à réunir ces deux réservoirs par un tuyau : un « courant » d'eau se forme, entre le plus élevé et le plus bas, courant dont le débit, c'est-à-dire l'intensité, augmente avec la différence de niveau, avec le diamètre du tuyau, et diminue avec la longueur de celui-ci.

(8)

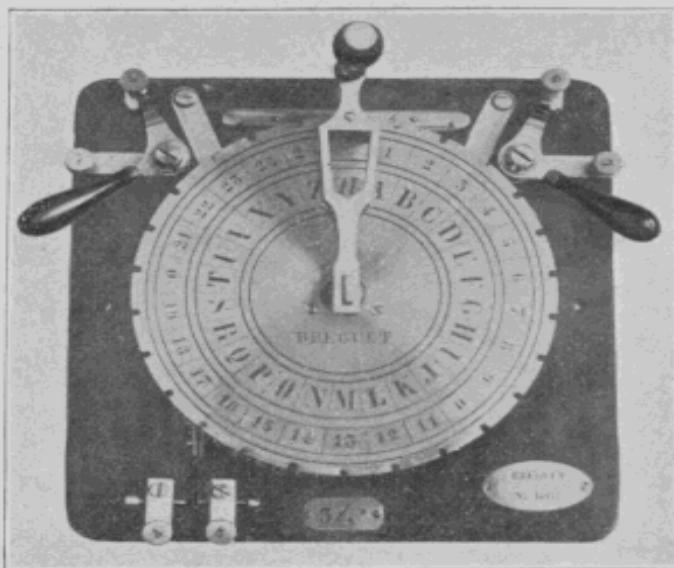


UN TÉLÉGRAPHE CHAPPE
*Télégraphe aérien établi au sommet des tours de Saint-Sulpice
(d'après une gravure de 1828).*

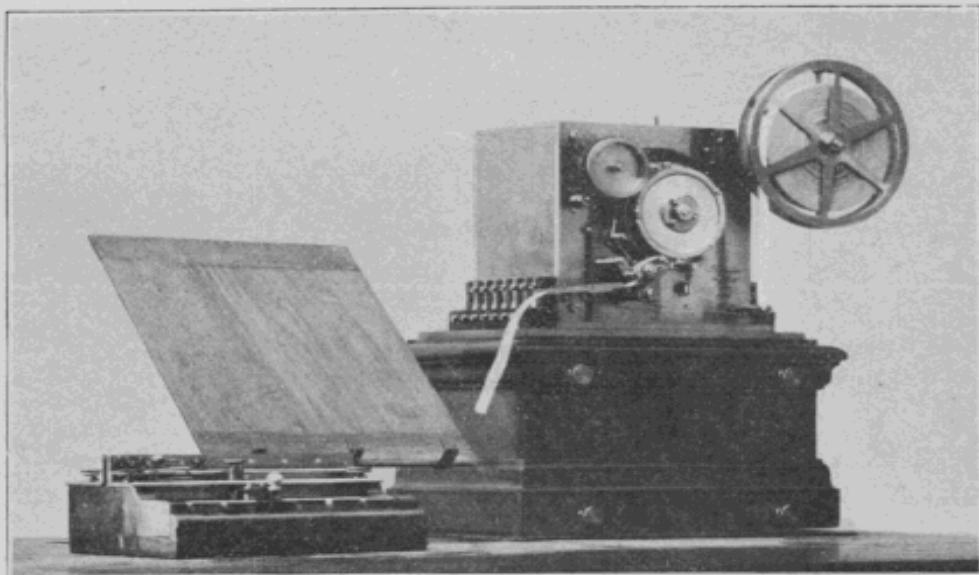
(Bibliothèque Nationale.)

La Télégraphie sans fil.

Pl. 2. Page 8.



LA TÉLÉGRAPHIE ÉLECTRIQUE
Le manipulateur d'un appareil alphabétique non-imprimant (Bréguet).



LA TÉLÉGRAPHIE ÉLECTRIQUE
*Le manipulateur et le récepteur d'un appareil Baudot
(appareil imprimant).*

La Télégraphie sans fil.

Pl. 3. Page 9.

TÉLÉGRAPHES D'AUTREFOIS

Tout à fait analogue est ce qui se passe dans la pile : il s'établit entre les deux pôles une différence d'état électrique appelée *différence de potentiel*, très semblable à la différence de niveau. Cette différence de potentiel détermine une *force électro-motrice*, une «tension» analogue à la «pression» qui provient du réservoir d'eau le plus élevé, et, si l'on réunit les deux pôles par un fil métallique, celui-ci est parcouru par un courant d'électricité, comme notre tuyau était parcouru par un courant d'eau ; le débit de ce courant électrique s'appelle son *intensité* et se mesure en *ampères*, comme les longueurs se mesurent en mètres ; la force électromotrice de la pile se mesure en *volts*.

Quand ce courant passe à côté d'une boussole, il en dévie l'aiguille, ce qui permet de déceler sa présence : les instruments construits à cet effet s'appellent des *galvanomètres*.

Mais sa propriété la plus féconde au point de vue des applications est, sans contredit, la propriété qu'il a d'aimanter instantanément une masse de fer pur, de «fer doux» comme on dit, autour de laquelle il circule sur un fil en spirale. Si l'on enroule autour des deux branches d'un morceau de fer doux recourbé en fer à cheval (fig. 3) un fil de cuivre recouvert de soie ou de caoutchouc, c'est-à-dire d'une substance *isolante* au point de vue de l'électricité, et si l'on fait passer le courant d'une pile dans le fil ainsi enroulé, instantanément le fer doux devient un aimant et attire un autre morceau de fer qu'on approche de lui. Cette attraction cesse dès qu'on interrompt le passage du courant dans le fil qui forme les *bobines* enroulées autour des deux bran-

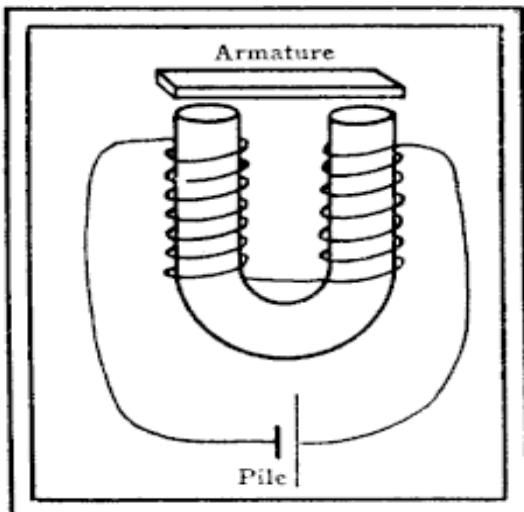


Fig. 3. — *Électro-aimant.*

LA TÉLÉGRAPHIE SANS FIL

ches. Le morceau de fer attiré par l'électro-aimant s'appelle l'*armature* de celui-ci.

LE TÉLÉGRAPHE MORSE. C'est à l'Américain *Samuel Morse*, artiste peintre de grand talent et qui s'occupait de physique à ses heures, qu'est due l'invention du télégraphe électro-magnétique inscripteur de dépêches : il conçut cette découverte à bord du paquebot *le Sully*, qui le ramenait du Havre à New-York, le 13 octobre 1832. Son admirable simplicité en a fait le succès qui n'est pas près d'être épuisé après bientôt un siècle de fonctionnement continu : en voici le principe.

Considérons un électro-aimant (fig. 4) dont « l'armature » soit maintenue à une petite distance par un ressort à boudin appelé ressort antagoniste. Si à un instant donné on lance dans les bobines de cet électro-aimant le courant d'une pile, les branches s'aimantent et l'armature est attirée. Si l'on arrête le courant, l'aimantation cesse et l'armature est « rappelée » par le ressort, dont l'action n'est plus contre-balancée par l'attraction magnétique.

Si, maintenant, l'armature porte un style inscripteur, plume ou crayon, et si, de plus, devant le crayon se déroule, à une toute petite distance, une bande de papier dont un mouvement d'horlogerie commande le déroulement, chaque fois que le courant passera et que, par suite, l'armature de l'électro-aimant sera attirée, le style viendra toucher la bande de papier ; comme celle-ci se déroule, il y tracera un *trait* d'autant plus long que le courant aura passé plus longtemps. Si l'on ne fait passer celui-ci que pendant un instant très court, le trait tracé sera infiniment court, c'est-à-dire se réduira à un *point*. En lançant le courant de la pile par émissions, tantôt brèves, tantôt longues, on imprime ainsi sur le papier qui se déroule des traits ou des points à volonté.

Cet appareil se nomme le *récepteur*.

Pour faire un envoi de signaux longs ou brefs, on emploie un appareil *transmetteur* aussi simple que possible,

TÉLÉGRAPHES D'AUTREFOIS

qu'on appelle *clef de Morse* : c'est un ressort en cuivre, terminé par une poignée de caoutchouc *isolante*, c'est-à-dire qu'on peut tenir à la main sans altérer ou ressentir l'effet du courant. L'un des pôles de la pile communique avec le ressort, l'autre avec une petite enclume, un « contact » placé sous lui. Appuie-t-on sur le ressort d'un coup sec ? le courant ne passe que pendant un temps très court, et, là-bas, au bout de la ligne, le récepteur trace un point.

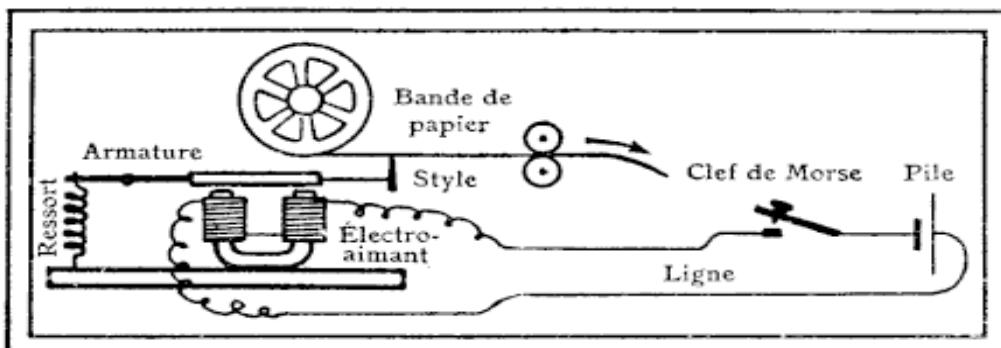


Fig. 4. — Principe du télégraphe Morse.

Appuie-t-on pendant un temps un peu plus long ? le récepteur trace un trait.

La combinaison de ces traits et de ces points constitue l'*alphabet Morse* ; nous en donnons le détail à propos de la télégraphie sans fil dont il est devenu l'alphabet international.

TÉLÉGRAPHES A CADRAN. ☠ ☠ Le service des chemins de fer exige l'emploi constant du télégraphe : d'autre part, le télégraphe Morse suppose des employés habitués à se servir couramment de l'alphabet conventionnel de traits et de points, alphabet dont les chefs de gare ne connaissent pas toujours la pratique. Aussi Wheatstone, en Angleterre, imagina-t-il le *télégraphe à cadran*, dans lequel une aiguille transmet sur un cadran les vingt-quatre lettres de l'alphabet ; le transmetteur est un cadran semblable, et une roue dentée à contact latéral produit des alternatives

LA TÉLÉGRAPHIE SANS FIL

d'émission et de rupture du courant au départ. Ces émissions et ces ruptures donnent, sur l'appareil récepteur, à l'autre extrémité de la ligne, un nombre égal d'attractions et de relâchements de l'armature d'un électro-aimant, et cet électro, au lieu de porter un style, porte une « ancre d'échappement », comme celle du balancier du pendule, qui, à chaque oscillation, laisse avancer d'une dent une roue à vingt-cinq dents dont l'axe porte l'aiguille mobile sur le cadran : celle-ci reproduit donc toutes les positions de l'appareil transmetteur.

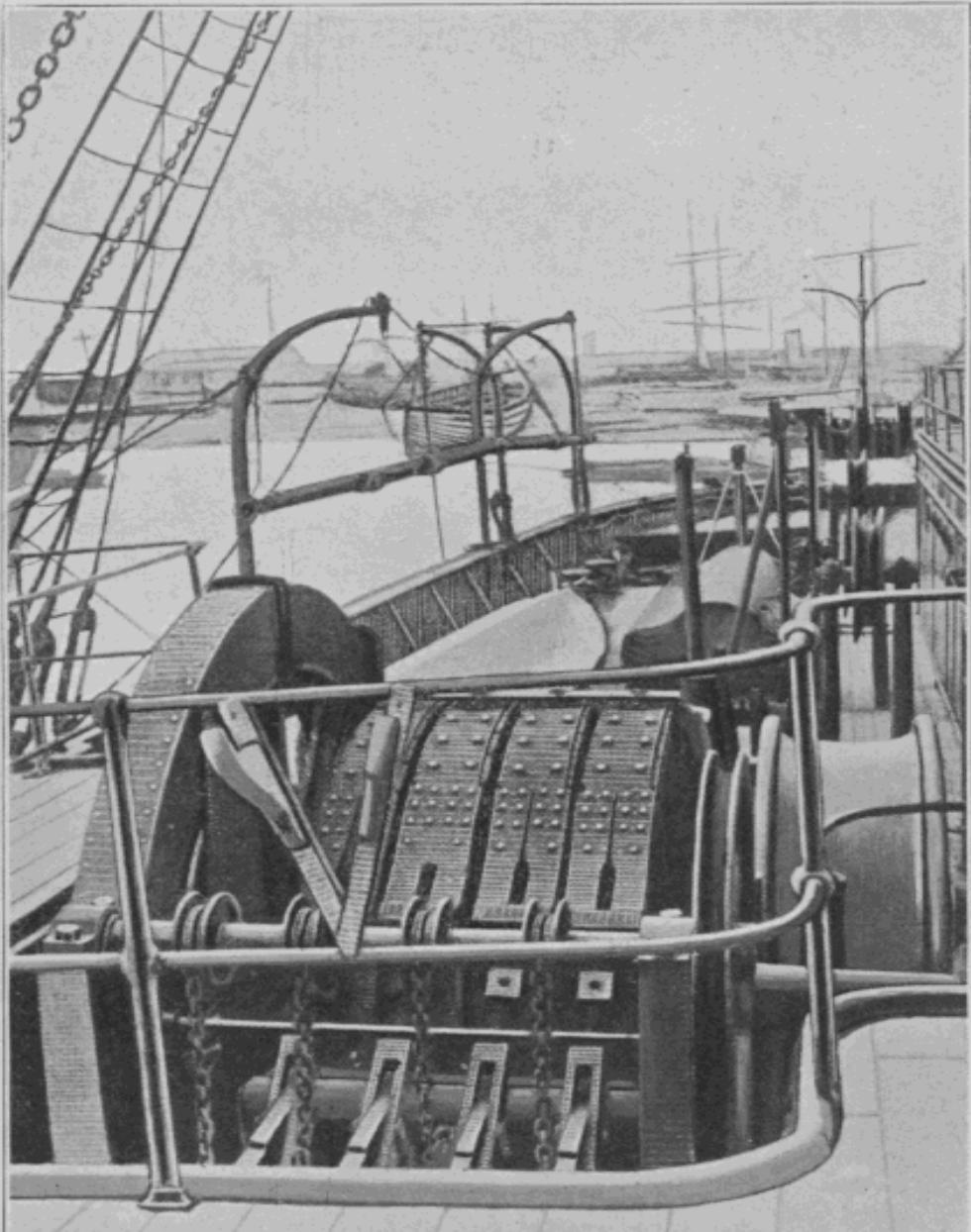
L'avantage de cet appareil « alphabétique » est que tout le monde peut s'en servir ; l'inconvénient est qu'il ne reste aucune trace écrite de la dépêche.

TÉLÉGRAPHES IMPRIMEURS. ↗ Il était évidemment désirable de réaliser un système télégraphique réunissant les avantages de l'appareil alphabétique et de l'appareil à enregistrement graphique, en un mot un télégraphe qui imprimerait lui-même les dépêches, en caractères d'imprimerie, sur sa bande de papier, c'est-à-dire un télégraphe *typographique*.

Cet appareil fut réalisé par le physicien américain Hughes, qui n'utilisait le courant de la ligne que pour déclencher à point nommé les rouages d'un mouvement d'horlogerie commandé, au poste même de réception, par un poids moteur auquel était empruntée toute l'énergie nécessaire du mouvement de l'appareil et à l'impression des caractères.

Le télégraphe Baudot, actuellement en service sur les lignes françaises, utilisant deux mouvements synchronisés qui distribuent le courant, permet de quadrupler le rendement des fils télégraphiques établis à si grands frais en donnant la possibilité d'envoyer simultanément plusieurs dépêches sur le même fil.

Enfin on est allé encore plus loin : on a cherché à réaliser des appareils *autographiques* reproduisant l'écriture même, la signature de celui qui envoie la dépêche : c'est l'abbé Caselli (de Florence), qui, dès 1856, donna la première



LA TÉLÉGRAPHIE SOUS-MARINE
Le treuil servant à dérouler le câble à bord du navire « poseur ».

La Télégraphie sans fil.

Pl. 4. Page 12.



RÉPARATION D'UN CABLE TÉLÉGRAPHIQUE SOUS-MARIN
Le câble est saisi par un grappin et ramené à bord.

La Télégraphie sans fil.

Pl. 5. Page 13.

TÉLÉGRAPHES D'AUTREFOIS

solution complète de ce problème difficile, solution qui reste une des plus élégantes. Depuis on a imité ce télégraphe. Aujourd'hui on peut transmettre télégraphiquement à distance, pour les journaux illustrés, les clichés en « simili-gravure » destinés à fournir l'illustration des actualités « sensationnelles ». Bientôt on pourra peut-être « voir par le télégraphe » comme on « entend par le téléphone ». C'est en mettant en œuvre ces découvertes que l'on est arrivé aujourd'hui à réaliser ces « réseaux télégraphiques » qui recouvrent la terre entière.

Dans les grands centres, où viennent converger de nombreuses lignes, comme Londres, Paris, New-York, l'installation indispensable au fonctionnement net de toutes les lignes multiples a nécessité une organisation aussi importante que complexe, pour la réalisation de laquelle il a fallu dépenser des trésors d'ingéniosité.

Le cadre de ce livre ne nous permet pas d'en donner une description technique et complète : nous nous bornons à reproduire par la photographie l'aspect d'une des salles du bureau « central télégraphique » de Paris, rue de Grenelle : cette photographie, mieux que toute description, donnera une idée de l'importance et de la complexité de l'installation.

LA TÉLÉGRAPHIE SOUS-MARINE. ☠ ☠ Lorsque le télégraphe électrique eut pris possession des continents qu'il enserre aujourd'hui du réseau serré de ses innombrables fils, une ambition bien naturelle vint à l'homme : celle de faire franchir les mers par le courant électrique, à l'aide d'un fil soigneusement protégé par une épaisse enveloppe isolante, qui l'empêcherait de communiquer électriquement avec les eaux de l'océan, et qui serait déposé au fond de la mer. Le premier « câble sous-marin » fut posé le 20 août 1850 entre Douvres et Calais ; la première dépêche envoyée d'Angleterre à travers la Manche fut reçue par le prince Louis-Napoléon, qui était président de la République avant de devenir l'empereur Napoléon III. Un second câble fut

LA TÉLÉGRAPHIE SANS FIL

posé le 24 décembre de la même année ; depuis lors, un grand nombre de câbles relient les Iles Britanniques à l'ancien continent.

D'autres les relient à l'Amérique, car on a réalisé ce qui semblait impossible : immerger un câble sous l'Atlantique entre l'ancien et le nouveau continent : ce véritable triomphe de la science servie par la volonté énergique de Cyrus Field fut accompli le 5 août 1858, et les premières dépêches transatlantiques furent échangées entre la reine Victoria et le président des États-Unis, James Buchanan. Mille questions surgirent au sujet du fonctionnement régulier du câble, qui ne fonctionna définitivement que quand l'illustre William Thomson (devenu plus tard Lord Kelvin), l'un des plus grands physiciens du XIX^e siècle, eut analysé toutes les conditions de la propagation du courant dans ce câble séparé d'une eau conductrice par une enveloppe isolante.

Aujourd'hui, toutes les difficultés sont vaincues par la science et la précision : le nombre des câbles sous-marins est considérable, et ils tapissent, nombreux, le fond des océans, réunissant, à travers l'Atlantique, le Pacifique et l'océan Indien, l'Amérique à l'Asie et à l'Europe et l'Australie à l'ancien continent.

LE TÉLÉGRAPHE OPTIQUE. ☠ ☠ Les exigences de l'art de la guerre ont amené l'apparition de postes télégraphiques de campagne, portatifs et faciles à installer ; des « sapeurs télégraphistes » existent dans nos régiments du génie. Mais il faut, pour faire fonctionner ces télégraphes, poser des fils, soit sur de légers poteaux, soit sous terre, soit sur le sol même. Or un fil est accessible à l'ennemi qui peut le détruire, intercepter ainsi les communications indispensables et surprendre des ordres envoyés. Il était donc urgent de chercher le moyen de télégraphier *sans fil*.

Quand le problème se posa pour la première fois, les ondes électriques étaient inconnues : on ne connaissait que les ondes lumineuses, qui se propagent, comme on le sait,

TÉLÉGRAPHES D'AUTREFOIS

à la vitesse de 300 000 kilomètres à la seconde. On essaya donc d'envoyer à aussi longue distance que possible des faisceaux de lumière que l'on pourrait lancer ou interrompre à volonté suivant un rythme convenu d'avance ; on aurait ainsi un code de signaux permettant l'échange de dépêches.

Le problème fut résolu en 1856 par un employé des télégraphes, Leseurre, qui réalisa le premier l'envoi de signaux longs et brefs, correspondant aux traits et aux points de l'alphabet Morse, en envoyant dans la direction voulue un faisceau de rayons solaires réfléchis sur un petit miroir. Tout l'appareil, très portatif, s'installait sur un pied et pesait 8 kilogrammes. Les armées anglaises ont fait, dans leurs colonies, de nombreuses applications de ce remarquable appareil.

En 1870, lorsque Paris fut investi par les armées allemandes, on chercha à communiquer optiquement, par-dessus les lignes assiégeantes : de savants officiers du génie, Laussédat, Mangin et le physicien Maurat réussirent d'heureuses tentatives, mais ce qui manquait, c'était l'*« organisation »*. Celle-ci ne fut réalisée qu'après la guerre grâce aux efforts du colonel Mangin, qui réalisa des projecteurs tellement parfaits qu'ils permettaient d'envoyer à plus de 100 kilomètres un faisceau de lumière électrique composé de rayons sensiblement parallèles. L'éminent officier, naturellement, mit sa découverte dans le domaine public sans en tirer aucun profit, et, aujourd'hui, les *miroirs « Mangin »* sont les éléments essentiels des phares et des projecteurs d'automobiles. Comme *« record »* de télégraphie optique, on a pu, par temps clair, communiquer de l'île Bourbon à l'île Maurice, soit à 200 kilomètres de distance.

La télégraphie optique est la véritable mère de la T. S. F



CHAPITRE II

TÉLÉPHONES ET MICROPHONES

Le téléphone. || Induction électrique. || Principe du téléphone magnétique. || Le microphone. || Les applications du télégraphe et du téléphone.

LE TÉLÉPHONE. Jusque vers l'année 1876, on se contentait des communications télégraphiques ordinaires ; on se trouvait suffisamment heureux de pouvoir transmettre les ordres, les messages, les nouvelles par le télégraphe qui s'était perfectionné de plus en plus.

Mais, en matière de progrès, on peut, plus qu'en toute autre, répéter le proverbe populaire : « L'appétit vient en mangeant ». Une découverte en appelle une autre, et chaque conquête de la science rend plus exigeante la société qui en bénéficie. Transmettre des dépêches, c'était beau, certes ; mais pour déchiffrer un télégramme Morse, pour l'expédier, pour le recevoir, il fallait être « télégraphiste », il fallait être « du métier » et, par conséquent, faire un apprentissage spécial, que la plupart n'avaient ni le loisir, ni le désir de faire. Tandis que, si le fil du télégraphe transmettait la « voix humaine » et les paroles qu'elle prononce, le problème se trouvait tout résolu : plus d'apprentissage à faire, puisqu'il n'y aurait plus qu'à parler et à écouter.

Cette merveille entre toutes les merveilles fut réalisée pour la première fois en 1876 par le physicien américain Graham Bell l'inventeur du premier *téléphone magnétique* qui devait révolutionner l'art des communications électriques. Mais, pour comprendre le principe et le fonctionnement de cet appareil aussi simple qu'admirable, il faut nous arrêter un instant sur une autre classe de phénomènes, fondamen-

TÉLÉPHONES ET MICROPHONES

tale en électricité, je veux parler de l'*induction* et des *courants induits*.

INDUCTION ÉLECTRIQUE. ☠ ☠ C'est au physicien anglais Faraday que l'on doit la découverte, faite au commencement du XIX^e siècle, du phénomène et des lois de l'induction.

Prenons un fil métallique, bien recouvert d'une enveloppe isolante, et enroulé autour d'un tube (fig. 5) : cela constitue une « bobine creuse ». Relions les deux extrémités de ce fil à ce petit instrument dont nous avons parlé, le galvanomètre, et qui accuse, par la déviation d'une aiguille aimantée, le passage du moindre courant. Comme nous n'avons dans notre « circuit » aucune pile, aucune source d'électricité, notre fil ne sera parcouru par aucun courant, et l'aiguille du galvanomètre demeurera immobile sur son cadran.

Mais introduisons maintenant dans la partie centrale de cette bobine creuse un barreau aimanté que nous manierons avec soin, de façon qu'il ne touche même pas les parois du tube : aussitôt nous voyons le galvanomètre subir une déviation rapide qui accuse le passage d'un courant, courant qui cesse aussitôt que produit. L'existence même des électro-aimants montre qu'un courant, assujetti à se mouvoir en spirale, aimante un morceau de fer comme le ferait un autre aimant : courant en spirale et aimant sont donc équivalents, et l'introduction de l'aimant dans le tube central équivaut à y introduire une bobine parcourue par un courant. L'expérience réussit, d'ailleurs, aussi bien si

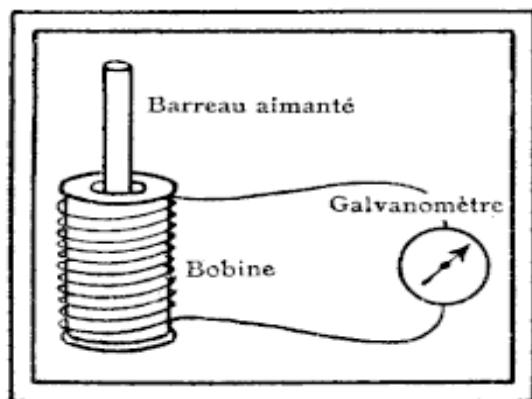


Fig. 5. — *Induction par un aimant.*

LA TELEGRAPHIE SANS FIL

I'on remplace l'aimant par une bobine plus mince, parcourue, elle, par le courant d'une pile (fig. 6) : dès qu'on l'introduit au centre de la première, le galvanomètre dévie et accuse le passage d'un courant instantané.

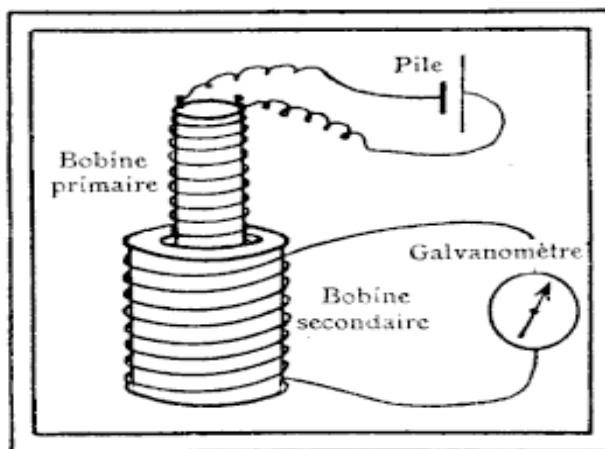


Fig. 6. — *Induction par un courant.*

rant *secondaire* ou *courant induit*.

Les courants induits sont instantanés ; ils ne durent qu'un très court moment ; mais, pour les faire réapparaître, il suffit de donner à l'inducteur, bobine ou aimant, un déplacement quelconque : à chaque mouvement de l'inducteur, à chaque changement de sa position par rapport à l'induit, un nouveau courant secondaire se manifeste, courant dont la force électro-motrice dépend de la vitesse du déplacement.

Il en est de même si l'on fait varier l'intensité du courant qui parcourt la bobine inductrice, ou dans le cas où l'on produit l'induction par un aimant, comme nous l'avons vu à la figure 5, si l'on modifie l'aimantation du barreau aimanté inducteur. L'ensemble des deux bobines, primaire et secondaire, constitue dans sa forme la plus simple une « bobine d'induction » ou « transformateur ».

On comprend dès lors qu'un courant parcourant, dans une bobine, une série de spires voisines les unes des autres, puisse s'induire lui-même : quand il circule dans la spire

C'est ce courant qui s'appelle le *courant d'induction*. Le courant qui parcourt la bobine qu'on manœuvre à la main s'appelle le *courant inducteur* ou *primaire* ; le courant d'induction qui prend naissance dans la bobine creuse, en communication avec le *galvanomètre*, s'appelle le *courant secondaire* ou *courant induit*.

TÉLÉPHONES ET MICROPHONES

n° 1 de la bobine, alors qu'il n'a pas encore circulé dans la spire n° 2, il développe dans celle-ci un courant induit, et réciproquement. Ce sont ces courants que l'on appelle du nom anglo-latin de *self-induction*.

La découverte de l'induction et celle de l'électro-aimant constituent à elles deux l'œuf d'où est sortie cette prodigieuse industrie électrique qui, depuis bientôt un demi-siècle, a bouleversé le monde. Et pourtant, c'était bien peu de chose que ce courant induit découvert pour la première fois par Faraday dans son laboratoire de la *Royal*

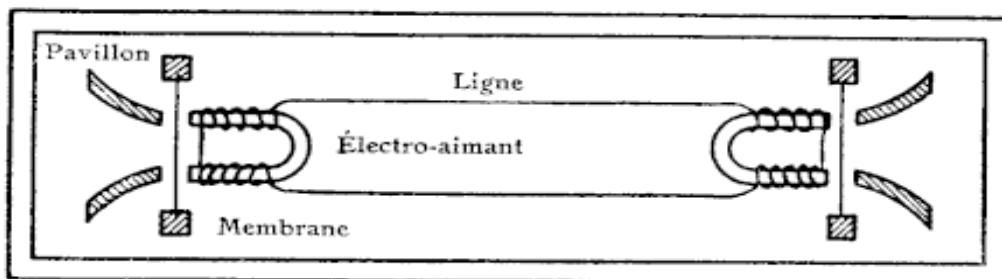


Fig. 7. — Principe du téléphone.

Institution de Londres; un autre observateur eût peut-être négligé cette déviation de l'aiguille du galvanomètre : Faraday s'en étonna, et, comme l'a dit Pasteur : « Savoir s'étonner à propos, c'est le premier pas sur le chemin de la découverte. » Le courant induit de Faraday était à peine mesurable : aujourd'hui ce sont les courants d'induction produits par les dynamos, qui propulsent nos tramways et nos trains électriques, qui font naviguer sous les eaux nos bateaux sous-marins, qui fondent, dans les fours électriques, les substances les plus réfractaires et qui éclairent d'une éblouissante lueur nos rues, nos places, nos phares et nos maisons !

PRINCIPE DU TÉLÉPHONE MAGNÉTIQUE. ☠ ☠
Nous sommes maintenant en possession des notions nécessaires pour comprendre le principe de l'admirable inven-

LA TÉLÉGRAPHIE SANS FIL

tion de Graham Bell et pour saisir le fonctionnement du téléphone.

Celui-ci se compose essentiellement d'un aimant (fig. 7) devant les pôles duquel est installée une très mince membrane de fer, disposée de façon à former le fond d'une sorte de cornet acoustique, de « pavillon », en caoutchouc durci. Autour des pôles de l'aimant sont enroulées deux bobines de fil isolé, dont les extrémités sont reliées au double fil conducteur, allant de la station expéditrice à la station réceptrice et qui constitue la *ligne téléphonique*.

Les deux fils de cette ligne sont reliés aux deux bobines d'un appareil identique placé à la station réceptrice.

Les choses étant ainsi disposées, approchons les lèvres du cornet acoustique en parlant devant son entonnoir : les vibrations de la voix font vibrer comme elles la petite plaque de fer placée devant les pôles de l'aimant. A chaque vibration, cette plaque s'approche ou s'éloigne dudit aimant et modifie ainsi, très peu, il est vrai, mais d'une façon certaine, l'aimantation de celui-ci. Donc, dans les bobines qui en entourent les pôles, des courants induits vont prendre naissance à chaque modification de l'aimantation, et, comme celle-ci est régie par les vibrations de la membrane, régie elle-même par celles de la voix qui parle, chacune des inflexions de cette voix donnera naissance à un courant induit spécial, qui se propagera par les fils de ligne et arrivera aux bobines du téléphone récepteur.

Là, ces courants induits circulant dans les bobines qui entourent les branches de l'électro-aimant du téléphone récepteur modifieront l'aimantation de celui-ci, qui attirera ainsi plus ou moins la membrane de fer mince placée devant ses pôles : cette membrane va, dès lors, exécuter des vibrations qui seront régies par la même loi que les courants induits provenant des vibrations mêmes de la membrane expéditrice, c'est-à-dire de la voix qui parlait au départ. Ces vibrations identiques reproduiront donc cette voix à l'arrivée.

(20)

TÉLÉPHONES ET MICROPHONES

Tel est, dans sa géniale simplicité, cet appareil admirable.

Toutefois, si l'on se borne à utiliser simplement les courants induits produits par les vibrations dans l'appareil lui-même, l'expérience montre que la transmission de la parole se trouve limitée à quelques kilomètres. Il fallait donc trouver mieux encore, et ce « mieux » a été fourni par l'invention du microphone faite en 1878 par Hughes, l'inventeur du télégraphe imprimant.

LE MICROPHONE. ☙ ☙ Prenons une membrane très légère, susceptible de vibrer sous l'action des inflexions de la voix d'une personne parlant devant elle et, sur cette

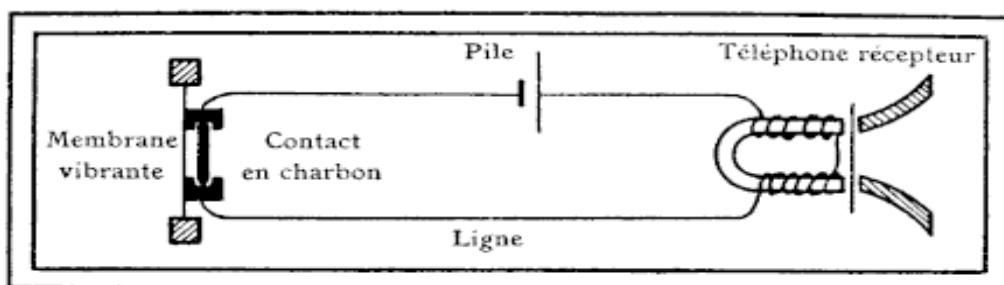


Fig. 8. — *Principe du microphone.*

membrane, fixons un système formant un « contact électrique imparfait », par exemple une petite baguette de charbon simplement appuyée sur deux petits morceaux de charbon, fixés à la membrane et communiquant avec les deux pôles d'une pile dans le circuit de laquelle est intercalé un téléphone (fig. 8).

Dès que nous parlerons devant la membrane, celle-ci va se mettre à vibrer, et chacune de ces vibrations, transmise mécaniquement à la baguette de charbon, va modifier l'équilibre de celle-ci sur ses supports et, par suite, changer la qualité du « contact électrique » qu'elle a avec eux. Le courant de la pile aura donc à vaincre une « résistance » incessamment variable, mais dont les variations sont sous la dépendance des vibrations de la membrane qui les fait

LA TÉLÉGRAPHIE SANS FIL

naître. Le téléphone les accusera donc, mais d'une façon beaucoup plus accentuée, car, au lieu d'un simple courant induit dont il recevait les variations, ce sont les variations du courant d'une pile électrique qui provoqueront les ondulations de la membrane.

C'est le microphone qui a permis la téléphonie à longue distance ; dans toutes les installations, soit privées, soit publiques, c'est devant un microphone que l'on parle, c'est dans un téléphone qu'on écoute. Ai-je besoin de dire que l'ingéniosité des constructeurs s'est donné libre cours pour varier la forme de l'instrument, on le croira sans peine. Les modèles de microphones sont très nombreux, tout comme ceux des récepteurs téléphoniques, mais leur principe est toujours le même.

Le plus souvent on n'envoie dans la ligne qu'un « courant induit » produit comme il suit : on fait passer le courant de la pile, courant qui traverse le microphone, non pas directement dans la ligne, mais dans une bobine inductrice ou « primaire » (fig. 9). Chaque variation de ce courant produit un courant dans la bobine « secondaire », et c'est ce courant, ainsi induit, qui va exciter le téléphone récepteur.

En somme, dans la téléphonie pratique, le « transmetteur » est un microphone souvent accompagné d'une petite « bobine d'induction », et le récepteur est un téléphone.

C'est grâce à cette combinaison de ces deux merveilleux appareils que non seulement les plus grandes villes ont des réseaux de nombreux « abonnés au téléphone », mais encore que l'on peut téléphoner de ville à ville et transmettre la parole humaine à des distances considérables, par exemple de Paris à Rome.

Ajoutons que c'est Paris qui a possédé le premier réseau de téléphonie « urbaine », et que Paris et Bruxelles ont été les deux premières capitales entre lesquelles la parole a pu être directement transmise. Toutefois ce n'est qu'au prix d'une complication extrême que le fonctionnement d'un réseau téléphonique peut être assuré dans une ville comme Londres ou Paris. Il suffit de réfléchir au nombre des

TÉLÉPHONES ET MICROPHONES

abonnés qui est, à Paris, de plusieurs centaines de mille, pour comprendre combien il faut de fils et de réseaux de fils.

On aura à satisfaire aux besoins et aux exigences et souvent aux caprices de ces nombreux interlocuteurs. Ce n'est que grâce à la création d'un certain nombre de *bureaux centraux* que le service peut être assuré de façon normale. Ces bureaux desservent chacun un certain nombre d'abonnés, et des fils spéciaux les mettent en communication les

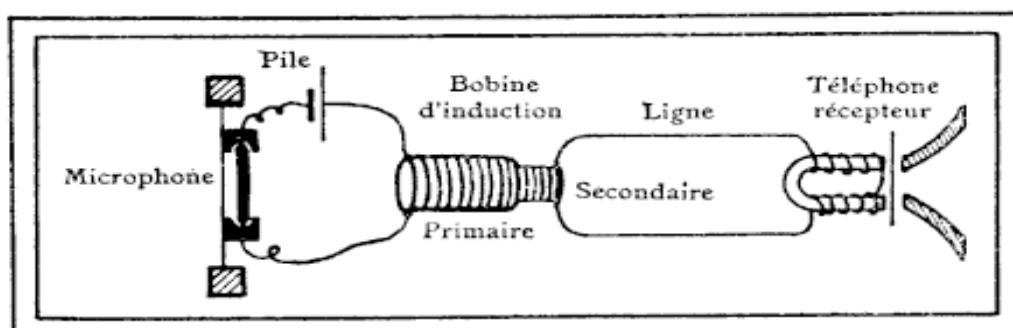


Fig. 9. — Principe du microphone monté avec bobine d'induction.

uns avec les autres pour assurer les conversations entre abonnés de bureaux différents. Cela exige un nombreux personnel, composé principalement de jeunes filles, et un réseau inextricable de fils qui, à Paris, sont souterrains et placés dans les égouts. Nous reproduisons ici quelques photographies qui donneront une idée des tours de force réalisés pour l'installation et le fonctionnement du réseau de Paris.

LES APPLICATIONS DU TÉLÉGRAPHE ET DU TÉLÉPHONE. ☠ ☠ Indépendamment de l'échange des communications, le télégraphe et le téléphone ont eu des applications d'une importance considérable.

L'art militaire en fait un usage constant. Dans les ballons captifs de nos « parcs aéronautiques », l'observateur est relié aux officiers qui sont à terre par un téléphone dont le fil suit le câble de retenue : il peut ainsi communiquer

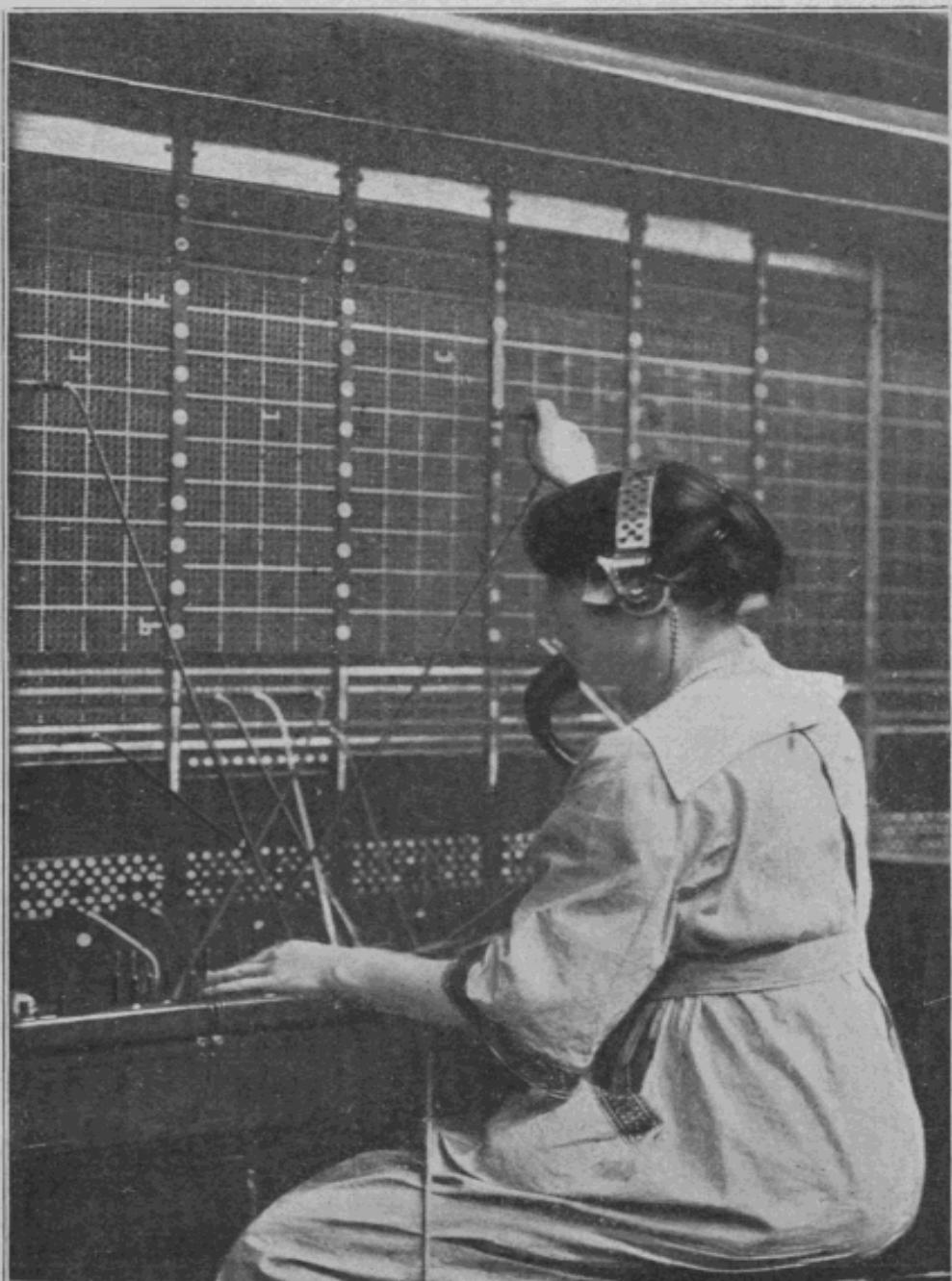
LA TÉLÉGRAPHIE SANS FIL

directement à l'état-major le résultat de ses observations, sans avoir à faire des signaux dont l'ennemi aurait pu surprendre la clef et qu'il verrait aussi bien que ceux à qui ils sont destinés.

L'astronomie a trouvé dans le télégraphe électrique le premier moyen d'obtenir avec précision la différence de longitude entre deux points de la terre. La terre fait un tour sur elle-même en vingt-quatre heures. Si nous la supposons, comme un énorme melon, partagée en vingt-quatre tranches, chacune de ces tranches mettra une heure à défiler devant le soleil. Ce sont ces tranches qu'on appelle les *fuseaux horaires*, et l'on prend, dans l'étendue de chacun d'eux, une heure uniforme. Les montres sont donc décalées d'une heure exactement quand on passe d'un fuseau dans l'autre. Il n'y a, dès lors, qu'à avancer la petite aiguille d'une heure : la grande aiguille conserve toujours la même indication.

Mais ces vingt-quatre heures que dure la rotation de la terre correspondent aux 360 degrés de *longitude*, dont chacun définit un méridien. On sait l'intervalle de temps qui s'écoule entre le moment où deux méridiens passent devant le soleil, en multipliant ce temps par 15, le nombre de degrés de longitude qui les séparent, car 15×24 font 360. Si donc un observateur situé sur le méridien de Paris peut signaler instantanément à celui de Greenwich l'instant précis du passage du soleil devant le fil de son cercle, Greenwich consultera l'heure marquée par sa pendule, préalablement réglée sur les astres, et l'on connaîtra la différence des longitudes. Auparavant, on ne pouvait y arriver qu'en transportant d'un lieu à un autre un nombre suffisant de chronomètres aussi précis que possible, ce qui laissait subsister une inexactitude assez grande. Avec le télégraphe électrique, on a la différence de longitude à une fraction de seconde près. Nous verrons que la T. S. F. nous donne encore mieux.

La météorologie n'a commencé à pouvoir exister, tout au moins en espérance, que le jour où le télégraphe a pu trans-



LES "COMMUNICATIONS" AU CENTRAL TÉLÉPHONIQUE GUTENBERG.
Chaque ligne d'abonné aboutit au tableau placé devant la téléphoniste.
Une petite lampe spéciale à chaque ligne avertit, lorsqu'elle s'allume,
qu'un abonné demande une communication.

La Télégraphie sans fil.

Pl. 6. Page 24.



LES RÉPARTITEURS DU CENTRAL TÉLÉPHONIQUE GUTENBERG.

Nous voyons ici l'arrivée des lignes téléphoniques souterraines et leur répartition en séries avant d'être dirigées sur les tableaux d'échange de communication.

(Cl. Hachette.)

La Télégraphie sans fil.

Pl. 7. Page 25.

TÉLÉPHONES ET MICROPHONES

mettre à un même moment, dans un observatoire unique, les observations de points très éloignés. On a ainsi un « état de l'atmosphère » au-dessus d'une vaste région, et l'on peut, en dressant des cartes synoptiques de cet état pour chaque jour, voir comment il varie d'un jour à l'autre et prévoir, dans une certaine mesure, l'état de l'atmosphère pour le lendemain. Aux États-Unis, dont le territoire s'étend largement de l'Est à l'Ouest, bien des désastres agricoles ont pu être évités par l'annonce télégraphique des tempêtes, la dépêche allant infiniment plus vite que l'ouragan. Mais il serait intéressant que les navires qui croisent dans l'Atlantique, et qui reçoivent bien avant l'Europe les tempêtes qui se propagent toujours de l'Ouest à l'Est, pussent en avertir les ports et les observatoires du continent. Seulement, là, le télégraphe « avec fils » est impuissant, car le fil fait défaut. Là aussi, nous savons quels bienfaits peut rendre la T. S. F.

Les arts n'ont pas été sans profiter du téléphone : grâce à ce merveilleux outil, on peut entendre chez soi une représentation de l'Opéra ou un concert du Conservatoire ; les divers instruments sont rendus avec une surprenante fidélité. Mais il faut toujours un fil, et c'est un véritable « fil à la patte » que cette nécessité d'un conducteur ininterrompu entre les deux stations qui veulent soit se télégraphier, soit se téléphoner.

Ces fils, d'ailleurs, dont on a acclamé la venue, sont des causes de dépenses énormes et de perturbations constantes. Ils sont sujets à se rompre ; ils sont incessamment exposés à la malveillance et au « sabotage » ; leur situation apparente, en cas de guerre, les signale à l'ennemi et les expose à la destruction ; de plus, si l'ennemi s'en empare, il les utilise, et le travail dépensé pour leur pose lui profite. Enfin, quand il s'agit de très longs parcours, soit au travers de contrées dites désertes, soit au travers des océans, le prix d'établissement et d'entretien d'une ligne télégraphique « transcontinentale » ou « transocéanique » devient considérable. Pour les câbles sous-marins, en particulier,

LA TÉLÉGRAPHIE SANS FIL

il ne faut pas moins des capitaux de puissantes compagnies pour les construire, les immerger, les surveiller et les entretenir.

Ainsi ce « fil », accueilli à son début comme un sauveur, commençait-il à être un peu moins admiré ; certes on appréciait ses services, mais on constatait ses défauts, et l'on se demandait comment on pourrait arriver à se passer de son concours.

Tel était l'état de la télégraphie et de la téléphonie vers la fin du XIX^e siècle, quand deux découvertes capitales vinrent permettre, par leur association, de résoudre complètement le problème dont on avait à peine osé imaginer la solution : celui de la *télégraphie sans fil*.

Mais, pour les mieux comprendre, il faut examiner d'abord un des plus grandioses phénomènes de la nature : je veux parler des *ondes*, dont la T. S. F. n'est qu'une merveilleuse utilisation. Que le lecteur se rassure : nous ne ferons pas de mathématiques ; et s'il lui faut donner, dans le chapitre qui vient, une attention un peu plus soutenue, c'est pour qu'il puisse mieux saisir, ensuite, tous les détails de la radio-télégraphie. Hésite-t-on à s'imposer la fatigue de l'ascension d'une tour ? Non, car on veut jouir du beau panorama que l'on découvre de son sommet. Montons donc l'escalier : nous ferons en sorte que les marches n'en soient pas trop pénibles à gravir, et nous serons, il faut l'espérer, récompensés de notre effort.



CHAPITRE III

LES ONDES

Ondulations et vibrations. || Les ondes liquides. || Les ondes sonores. || Les ondes lumineuses. || Les ondes électriques. || Les détecteurs d'ondes.

ONDULATIONS ET VIBRATIONS. Nous voici amenés à rechercher le moyen de transmettre notre pensée à grande distance sans être enchaînés à un fil, qui est une sorte d'emblème de captivité : la nature, heureusement, nous a donné elle-même des exemples de transmission lointaine de l'énergie.

Voici un homme qui, dans la rue, agite une cloche : aucun lien solide, fil ou planche, ne nous rattache matériellement à lui. Et cependant nous entendons le son de sa cloche qui nous arrive nettement, qui diminue d'intensité avec la distance, c'est vrai, mais qui vient pourtant impressionner notre oreille.

Voici un coup de canon tiré au mont Valérien : nous l'entendons distinctement place de l'Opéra, affaibli par l'éloignement, mais cependant assez fortement pour qu'il soit sensible à nos organes auditifs.

Voici enfin, au sommet d'une haute tour édifiée sur une falaise, un puissant foyer de lumière électrique concentré par des lentilles : au loin, à 100 kilomètres de la côte, le navire qui s'approche de la tour aperçoit dans la nuit le point lumineux qui est, à cette distance, l'apparence de la lumière du phare. Malgré la distance, l'énergie, transformée en lumière dans le phare, nous arrive et, également sous forme de lumière, vient impressionner notre œil.

Que s'est-il donc passé dans ces divers cas ? Chaque fois une énergie est mise en jeu, soit pour produire le son, soit

LA TÉLÉGRAPHIE SANS FIL

pour engendrer la lumière, et cette énergie, sans liaison matérielle apparente, est venue, sous la même forme, franchir la distance et se transmettre au loin! Pourquoi?

La physique peut aujourd'hui répondre à la question : c'est que, dans le cas du son comme dans celui de la lumière, un phénomène *vibratoire* se trouvait au départ, phénomène produisant des *ondulations* qui se propagent par l'intermédiaire du *milieu élastique*, dans lequel frémît le corps vibrant. L'énergie se transmet au loin sous forme « *ondulatoire* »; ainsi nous arrivent du soleil la lumière, la chaleur, l'électricité; ainsi peut-être se propage cette force qui fait graviter, dans l'infini du ciel, les sphères les unes autour des autres, l'attraction universelle.

Que sont donc ces « *ondes* », et quel est le « *milieu* » nécessaire pour les partager? Une comparaison familière va nous en faire comprendre le mécanisme.

LES ONDES LIQUIDES. ☠ ☠ Regardons un bassin d'eau tranquille au centre duquel on jette un caillou : qu'y voyons-nous? Des rides circulaires, des « ronds », se dessiner sur l'eau, tout autour du point où la pierre jetée en a trouvé la surface; mais ces « ronds » ne sont pas immobiles. Ce sont des cercles dont le rayon va en s'agrandissant; ils paraissent cheminer du centre sur les bords du bassin, et l'apparence qu'ils nous montrent est telle que, par leur mouvement, il semble que l'eau soit transportée par eux du milieu avec la circonférence du réservoir.

«Apparence», avons-nous dit! oui, apparence seulement. Ces petites vagues qui cheminent ainsi, ces « *ondes* » (car c'est de là que vient le mot) ne transportent pas d'eau : elles ne transportent que « *du mouvement* » et non « *de la matière* ». Si, en effet, nous projetons sur l'eau un de ces petits morceaux de bois incombustibles qu'on appelle « *allumettes* », nous voyons ce petit flotteur s'élever chaque fois qu'une ride, qu'une « *onde* » passe sous lui et le soulève, pour retomber ensuite, mais à *la même place*, quand l'onde l'a dépassé et continue sa route; il recommence ce petit

LES ONDES

exercice d'élévation et de descente au passage de chacune des ondes qui défilent successivement à la surface du bassin, mais il n'est nullement transporté sur les bords de celui-ci. La propagation des ondes se fait donc de proche en proche. Chaque surélévation d'eau reçoit l'impulsion de la précédente et la transmet à la suivante, comme font les collégiens qui se transmettent d'un bout du rang à l'autre un sournois coup de poing en se répétant le mot d'ordre : « Passe cela à ton voisin. »

Ainsi font les molécules liquides ; et dans leur langage, à la fois imprécis et rigoureux, les philosophes du moyen âge avaient bien pressenti cette loi fondamentale du mouvement des ondes, quand ils disaient : *non materia ipsa, sed forma materia progrereditur* (ce n'est pas la matière elle-même qui se déplace, mais simplement sa « forme »).

Ce que nous voyons, en petit, à la surface d'un bassin, nous le voyons d'une manière bien plus grandiose à la surface de l'océan. Là, dans la zone tranquille qui s'étend entre les tropiques et où, comme une perpétuelle caresse de l'air sur le bleu tapis des eaux, soufflent sans cesse les vents alizés, de grands sillons liquides strient, jusqu'aux limites de l'horizon, la surface infinie de la mer ; ces sillons semblent se poursuivre sans jamais se rejoindre, séparés toujours l'un de l'autre par une distance toujours égale, cheminant à la même vitesse, gonflant la surface liquide d'extumescences toujours de même hauteur. C'est le majestueux phénomène de la *houle*, image du rythme éternel qui régit l'univers.

Ces vagues de « houle », ce sont nos rides de tout à l'heure, mais sur un bassin de dimensions colossales ; ce sont les « ondes » qui transmettent le mouvement à la surface des mers ; mais elles ne transportent nullement la masse liquide, car, dans les calmes de l'équateur, sous les rayons ardents du soleil, lorsque le vent vient à faire défaut, un navire à voiles reste soumis à la houle dont les ondes défilent, ironiques, devant lui, sans cependant avancer d'un mètre dans le sens de leur propagation. Et

(29)

LA TÉLÉGRAPHIE SANS FIL

quand le capitaine, en observant les astres, fait « le point » pour fixer la position du bâtiment, il constate le lendemain qu'il est rigoureusement à la même place que la veille.

Telle est la propagation des « ondes liquides » : la distance constante qui sépare les sommets de deux vagues consécutives s'appelle la *longueur d'onde* ; la hauteur de la crête de la vague au-dessus du creux suivant s'appelle l'*amplitude* du mouvement ondulatoire ; l'espace que la vague parcourt à la surface de l'eau, en une seconde, s'appelle la *vitesse de propagation*, et enfin le temps que met une vague à succéder à la précédente en défilant devant un même point fixe s'appelle la *période*.

LES ONDES SONORES. ☙ ☙ Quand des ondes se propagent sur l'eau, elles se propagent de proche en proche, et nous « voyons » le milieu dont les molécules, successivement ébranlées, effectuent cette propagation ; ce milieu, c'est l'eau elle-même.

Les choses se passent de même dans l'air au point de vue de la propagation du son. Pour produire un son, il faut faire *vibrer* matériellement un corps, soit une corde tendue sur un violon, soit le bronze élastique d'une cloche frappée par son battant, soit enfin l'air lui-même excité par le souffle d'un exécutant, comme dans une flûte ou par une compression mécanique faisant vibrer une languette élastique, comme dans les trompes de nos automobiles.

Autour du corps qui « vibre » ainsi prennent naissance des « ondes sonores » analogues à nos « ondes liquides » de tout à l'heure. Mais, tandis que celles-ci voyaient leur propagation limitée à la surface du bassin, les ondes sonores se propagent dans toutes les directions autour du corps vibrant ; autrement dit, elles ne sont pas seulement « circulaires », elles sont « sphériques ».

La vitesse avec laquelle elles se propagent dans l'air est la *vitesse du son* : 330 mètres par seconde ; elles exigent pour cheminer la présence d'un milieu matériel dont les molécules peuvent se les transmettre de l'une à l'autre.

LES ONDES

Dans les applications courantes de la vie, le milieu qui nous transmet les ondes est *l'air*, et une expérience très simple permet de s'en assurer. Mettons sous une cloche une sonnette électrique : nous entendons son tintement malgré le verre qui la recouvre. Mais faisons-la vibrer après avoir fait le vide dans la cloche : aussitôt nous cessons de percevoir le tintement du timbre, et cependant nous voyons toujours celui-ci frappé par le marteau qu'actionne la pile.

LES ONDES LUMINEUSES. ☠ ☠ Ce qui se passe pour la propagation du son se passe, de la même manière, pour la propagation de la lumière ; seulement le « milieu » dans lequel se propage la lumière n'est plus le même, car les rayons lumineux, on le sait, se propagent à travers un vase de verre vide d'air avec autant de facilité que si l'air le remplissait.

Il faut donc qu'il y ait un milieu, plus subtil encore que l'air qui transmet les sons : ce milieu, que l'on considère comme impondérable, faute d'avoir eu, jusqu'à présent, des méthodes ou des instruments d'une délicatesse suffisante pour en déterminer la masse hypothétique, s'appelle l'*éther*. Ce sera la gloire éternelle de la science française d'avoir, la première, démontré, par d'admirables expériences, l'existence et le fonctionnement de ce milieu élastique, et le nom qui est attaché à cette découverte est le nom, désormais immortel, d'*Augustin Fresnel*.

Aujourd'hui (et l'hypothèse a été confirmée par des expériences aussi nombreuses et variées que décisives), pour tous les savants, la lumière est produite par la vibration de l'*éther*, comme le son est produit par la vibration d'une tranche d'air. Pour exciter l'onde sonore, il faut un *corps sonore*, dont les oscillations rythmées provoquent celles des couches d'air ; pour exciter la vibration lumineuse qui se propagera par l'intermédiaire des molécules d'*éther*, molécules qui rempliront même les espaces interplanétaires et les pores des corps transparents, il faut qu'un corps lumineux,

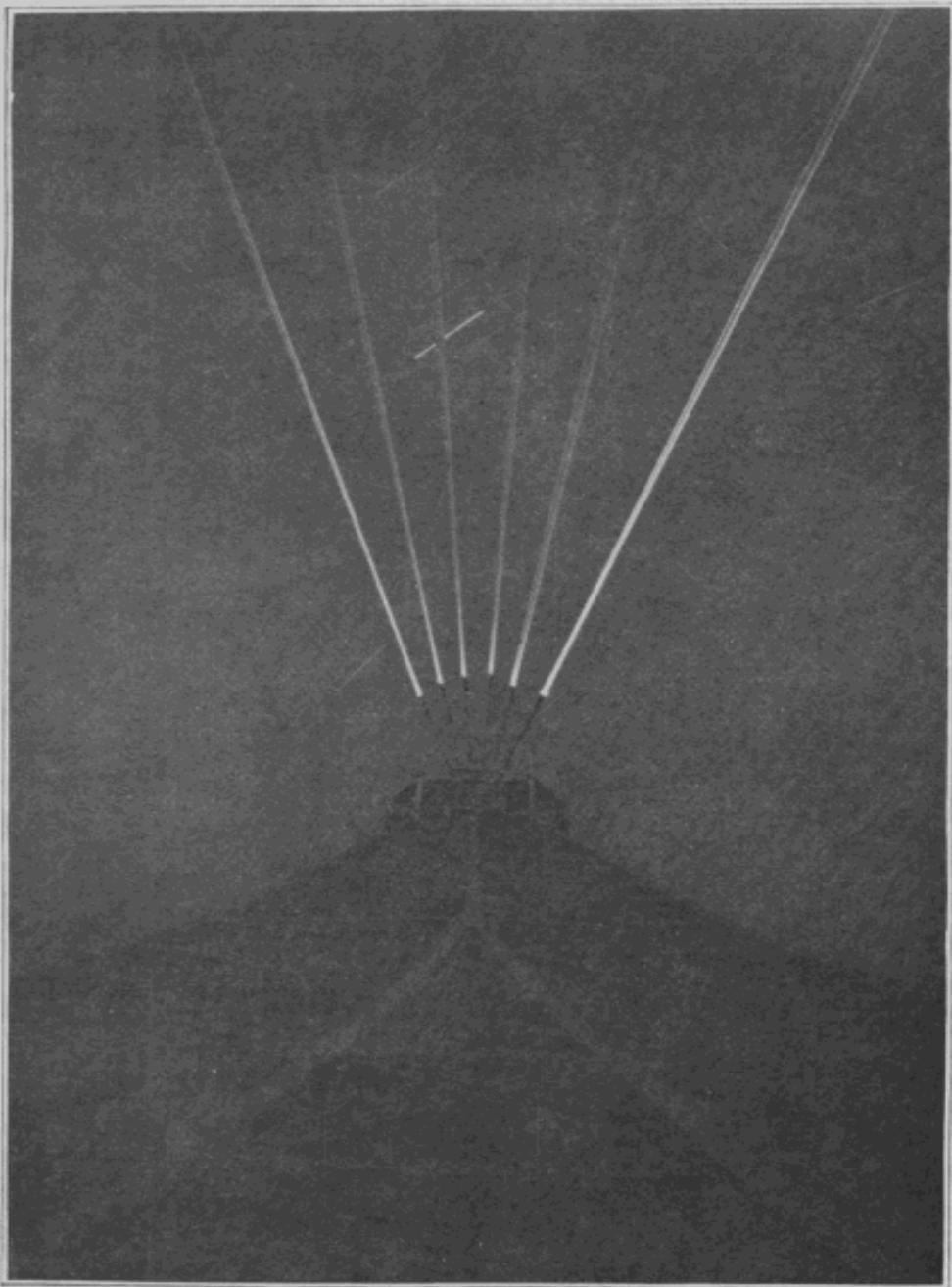
LA TÉLÉGRAPHIE SANS FIL

incandescent, fasse vibrer en un point quelques molécules d'éther, y créant ainsi un centre de vibrations lumineuses. L'éther, ainsi indispensable à la propagation de la lumière, est répandu dans l'univers entier ; il pénètre les corps solides eux-mêmes. Cela ne doit pas nous surprendre, car les corps solides sont formés d'*atomes* que des distances assez grandes séparent les uns des autres. Les atomes eux-mêmes sont formés d'assemblages de particules encore plus petites, les *électrons*, dont chacun porte une charge électrique ; si les interstices qui séparent ces particules et ces groupements sont trop faibles pour que notre œil, même aidé du microscope, puisse les percevoir, nous savons qu'ils existent, et l'éther les remplit à son tour de ses particules impondérables.

Les vibrations de l'éther se propageront par des « ondes lumineuses », qui, comme les ondes liquides et les ondes sonores, ont une *vitesse de propagation*, une *amplitude*, une *période* et une *longueur d'onde*. Seulement, dans le cas de la lumière, la vitesse de propagation est colossale : elle est de *300 000 kilomètres à la seconde* ; la lumière ne met donc que huit minutes à nous parvenir du soleil. En revanche, la *longueur d'onde* est très petite : la « longueur d'onde » de la lumière jaune, c'est-à-dire la distance entre la crête de deux petites vagues d'éther consécutivement qui propagent le mouvement ondulatoire correspondant à cette lumière n'est que d'un *deux-millième de millimètre* ; quant à la « fréquence », c'est-à-dire au nombre de vibrations que doit exécuter une molécule d'éther pour donner de la lumière jaune, elle est de *550 trillions par seconde* !

De même que chaque note de la gamme musicale est caractérisée par un nombre de vibrations différent du corps sonore qui la produit, de même chaque couleur, véritable « note » de la gamme lumineuse, correspond à un nombre différent de vibrations de l'éther : 450 trillions par seconde pour le rouge, 750 trillions pour le violet.

Toutes ces ondes se réfléchissent sur des miroirs, comme la bille d'un billard se réfléchit sur la bande qu'elle vient



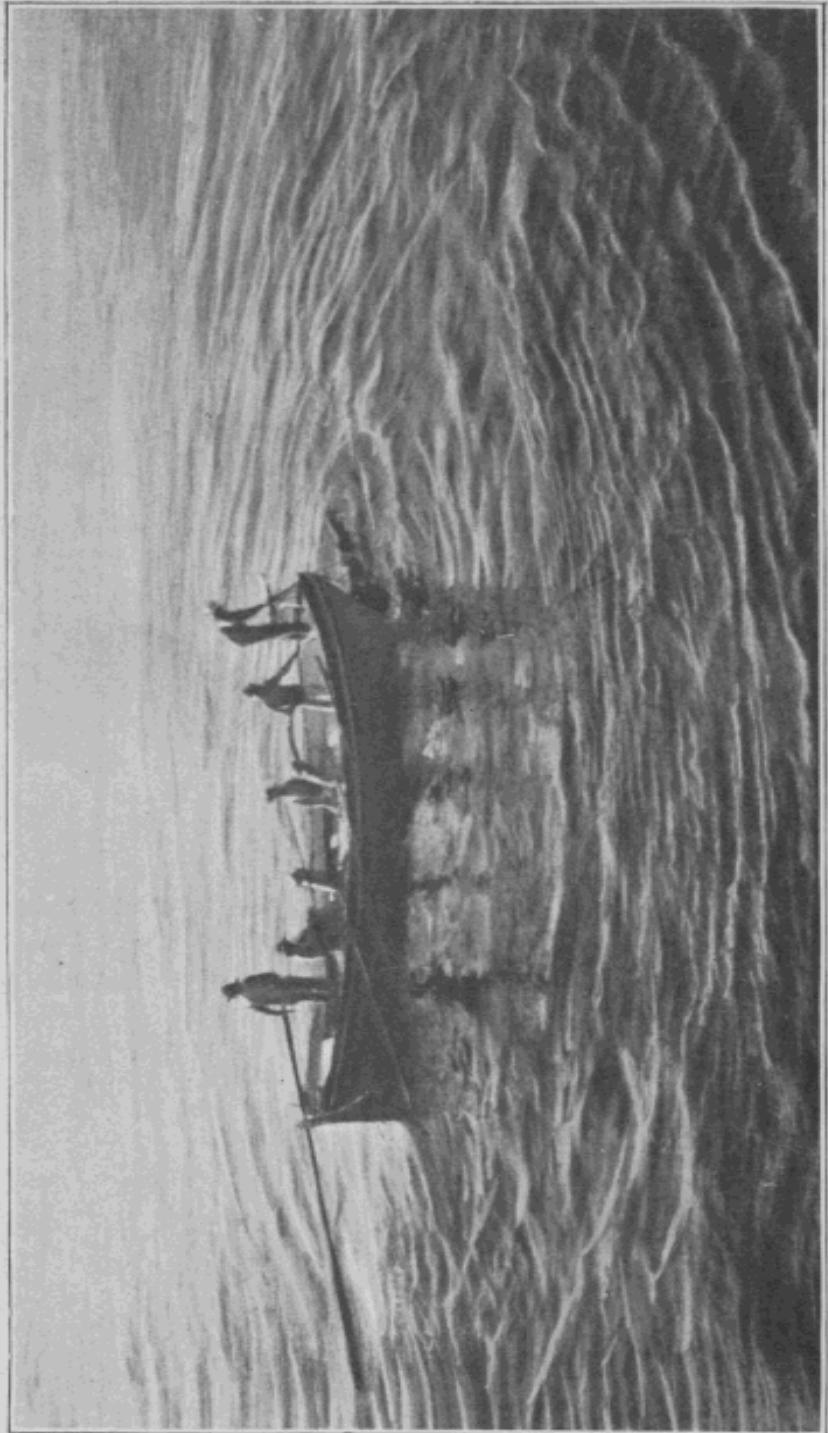
L'ANTENNE DE LA TOUR EIFFEL

Pendant la nuit, les hautes tensions qui parcourent l'antenne rendent celle-ci lumineuse.

(Cl. Gimpel, communiqué par l'Illustration.)

La Télégraphie sans fil.

Pl. 8. Page 32.



La Télégraphie sans fil.

Pl. 9. Page 33.

LES ONDES LIQUIDES

On voit tout autour du point de la surface de la mer, troublé par la présence du bateau, de vastes ridges circulaires : ce sont les « ondes. »
(Cl. L. Tinayre.)

LES ONDES

toucher, et ses deux directions de propagation, avant et après le choc, font avec la bande des angles égaux. La direction suivant laquelle une onde lumineuse se propage s'appelle un *rayon* lumineux.

LES ONDES ÉLECTRIQUES. Ainsi les mouvements des liquides, le son, la lumière se transmettent par des ondes : va-t-il en être de même pour l'électricité ?

Déjà, il y a bientôt un demi-siècle, l'un des plus illustres physiciens de l'Angleterre, Clerk-Maxwell avait, dans sa théorie électro-magnétique de la lumière, montré que le même éther devait servir de véhicule aux phénomènes lumineux et aux phénomènes électriques. Mais c'est en 1890 que le physicien allemand *Hertz* découvrit l'existence des ondes électriques, absolument analogues aux ondes lumineuses.

Lorsqu'on approche l'un de l'autre deux corps conducteurs de l'électricité, isolés l'un de l'autre et chargés d'électricités de signes contraires, une étincelle éclate entre ces deux corps et les « décharge » l'un sur l'autre. Quand les deux conducteurs sont reliés aux deux pôles d'un appareil où l'électricité s'accumule en quantité suffisante et assez vite pour compenser aussitôt la perte produite par l'étincelle et pour « recharger » les deux conducteurs, l'étincelle se reproduit aussitôt. Si les deux conducteurs A, A, (fig. 10) sont reliés aux deux pôles d'un « transformateur », l'étincelle est le siège d'un mouvement d'électricité qui va

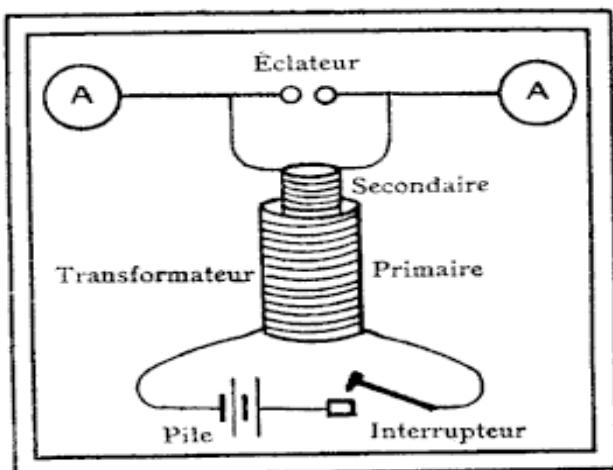


Fig. 10. — Principe de l'oscillateur de *Hertz*.

LA TÉLÉGRAPHIE SANS FIL

tantôt dans un sens et tantôt dans l'autre : en un mot, l'étincelle est *oscillante* ; ces oscillations seront infiniment trop rapides pour pouvoir être perçues isolément par notre œil ; l'étincelle nous « apparaîtra » donc comme un trait lumineux continu ; mais, en réalité, elle est le siège d'oscillations, de *vibrations* électriques. Ces vibrations se communiquent à l'éther qui les environne et s'y propagent sous la forme d'*ondes électriques*.

Ces ondes électriques ont toutes les propriétés des ondes lumineuses, comme l'ont démontré Hertz lui-même et le physicien italien Righi ensuite : elles peuvent se combiner comme les ondes lumineuses pour produire les phénomènes étudiés en optique sous le nom d'« interférences » ; elles se refractent ; en un mot, elles se comportent comme les ondes qui parcourent l'éther pour transmettre la lumière.

Il y a, toutefois, une différence : Dès le début des travaux de Hertz, cet illustre savant a mesuré la *longueur d'onde* de ses ondulations électriques : cette « longueur d'onde » était considérable, beaucoup plus grande que celle des ondes lumineuses. Ainsi, comme nous l'avons dit, la longueur d'onde de la lumière jaune est un deux-millième de millimètre ; celle de la lumière rouge, la plus grande qui correspond à des rayons perceptibles par l'œil, est de six dix-millièmes de millimètre ; tandis que la plus petite des ondes électriques produites par Hertz avait comme longueur d'onde 60 centimètres, soit comme valeur un million de fois plus forte que la plus longue des ondes de la lumière. Les physiciens se sont épuisés en efforts incessants pour diminuer l'intervalle qui sépare les ondes électriques de leurs sœurs les ondes lumineuses ; le professeur Righi a réussi à produire des ondes électriques n'ayant que 6 millimètres de longueur, avec lesquelles il a étudié, pourrait-on dire, « l'optique des ondes hertziennes ». Mais, entre les ondes de Righi et les ondes de la lumière rouge, il y a encore un abîme, puisque les premières demeurent dix mille fois plus longues que les secondes.

Cet abîme sera-t-il comblé quelque jour ? Il faut le croire,

LES ONDES

car tout est continu dans la nature ; celle-ci ignore les lacunes et les sauts brusques : *Natura non facit saltus*, disaient les philosophes de l'antiquité ! Si, comme le présentait Maxwell en 1866 dans sa géniale *Théorie électromagnétique de la lumière*, les ondes lumineuses, comme les ondes électriques, sont des courants alternatifs de très haute fréquence et n'en diffèrent que par la valeur même de cette fréquence, on peut espérer, au moins théoriquement, réaliser l'enchaînement des phénomènes électriques et lumineux. Toutefois, nous n'y sommes point encore arrivés : les ondes de Righi, de 6 millimètres de longueur, correspondent à une *fréquence* de vibrations de 50 milliards par seconde, et pour arriver à produire par des oscillations électriques des ondulations ayant la longueur d'onde de la lumière rouge, c'est-à-dire perceptibles par l'œil, il faudrait réaliser la fréquence de 500 trillions par seconde, soit un chiffre dix mille fois plus grand. La transition « continue » des ondes électriques aux ondes lumineuses est donc théoriquement possible : pratiquement, elle n'est pas encore réalisée, car les ondes employées en T. S. F. ont une fréquence comprise à peu près entre 100 000 et 300 000 par seconde.

Nous donnerons à la fin de ce chapitre un tableau des différentes ondes qui se transmettent à travers l'éther et dont les physiciens sont arrivés à mesurer la longueur. Elles se transmettent avec la même vitesse : 300 millions de kilomètres par seconde, et il n'est pas inutile de faire remarquer dès maintenant que, pour toutes ces ondes, *le produit de la fréquence de vibrations par la longueur d'onde est égal à la vitesse de propagation* ; ainsi, une onde électrique engendrée par une fréquence de 100 000 par seconde aurait 3 kilomètres de longueur.

Nous sommes donc entourés d'ondes électriques qui circulent dans l'espace. Chaque étincelle en produit, que ce soit un éclair du plus terrible des orages tropicaux ou l'étincelle de décharge du petit appareil électrique qu'un individu transporte dans la poche de son pardessus, et

LA TÉLÉGRAPHIE SANS FIL

ces ondes s'élancent dans l'espace avec la vitesse de la lumière. Le soleil nous en envoie : en un mot, l'univers en est rempli ; elles se croisent en tous sens comme se croisent, sans se gêner, les rayons lumineux. Elles existent, cheminent depuis le commencement du monde, et nous ne les connaissons que depuis vingt-cinq ans.

Et cependant, malgré leur existence, nous ne les avions jamais pressenties, ou même soupçonnées ! C'est que nous manquions de l'*organe* indispensable pour les percevoir. Supposons l'humanité tout entière composée d'individus sourds, sourds depuis le début de la création. Certes, la vie se serait organisée, les hommes auraient vécu en société comme ils l'ont fait, la civilisation aurait peu à peu fait son apparition et affirmé ses conquêtes. Ignorant le son et les phénomènes sonores, les hommes se seraient arrangés pour vivre sans parler, et c'est par des signes, comme le font aujourd'hui les sourds-muets, qu'ils auraient échangé leurs pensées. Cependant les ondes sonores les baignaient, les enveloppaient ; mais, privés du sens de l'ouïe, ils ne pouvaient en soupçonner l'existence et ne souffraient point d'en être privés.

Mais voici que, tout à coup, un homme de génie découvre le moyen de donner à l'humanité l'oreille qu'elle n'avait pas : tout change aussitôt, avec ce sens nouveau. Un monde nouveau se révèle aux hommes qui éprouvent des sensations inconnues, la nature leur dévoile des secrets insoupçonnés ; la parole est inventée aussitôt, la musique va naître à son tour, et la voix ainsi révélée va fournir aux humains un moyen nouveau d'exprimer l'admiration ou le désir, l'amour ou la haine. La vie est transformée, la société s'oriente dans une direction nouvelle, et les progrès que la civilisation va faire en un siècle seront plus rapides que ceux qu'elle aurait accomplis depuis l'origine des temps.

Telle est, à peu près, la situation dans laquelle se trouvait l'humanité en 1890, au point de vue des ondes électriques. Celles-ci existaient, susceptibles de révéler des choses inconnues, de franchir des monts, de traverser les

LES ONDES

mers; mais nous les ignorions, faute de posséder l'organe nécessaire qui nous les eût révélées; et ainsi nous ne pouvions bénéficier de leurs propriétés merveilleuses, nous perdions un temps précieux dans l'histoire de la terre.

Mais le savant est venu, qui nous a donné cet organe qui nous manquait, cette « oreille électrique » qui nous permet de percevoir les ondes électriques comme notre œil perçoit la lumière, ce « détecteur d'ondes », en un mot, qui est impressionné par la vibration électrique comme notre rétine est impressionnée par la vibration lumineuse, comme notre tympan l'est par une vibration sonore.

Ce savant, dont la découverte nous a révélé des forces nouvelles en nous permettant de les utiliser à des progrès presque incroyables, ce savant, modeste autant qu'éminent, est un Français, dont le nom brille justement d'une gloire mondiale : c'est le docteur Édouard Branly.

Nous allons dire, maintenant, en quoi consiste sa découverte, qui a rendu possible la *télégraphie sans fil*.

LE DÉTECTEUR D'ONDES. Quel est donc cet « organe » que le professeur Branly nous a donné pour percevoir les ondes électriques?

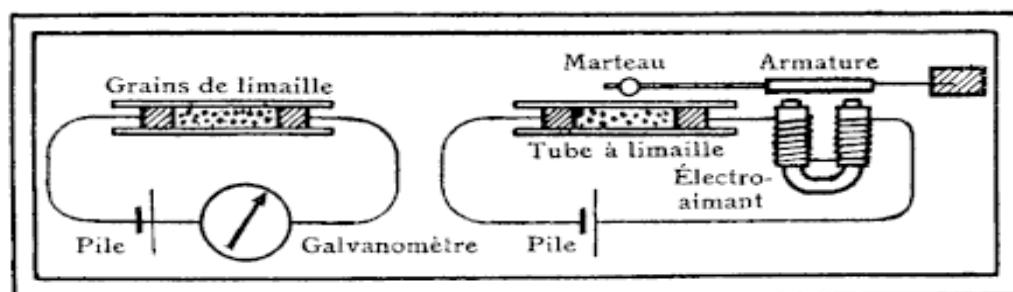


Fig. 11. — *Principe du cohéreur.*

Fig. 12. — *Principe du décohéreur.*

C'est simplement un petit tube de verre, grand comme un cure-dent, et contenant de la limaille métallique serrée entre deux disques de métal (fig. 11). Un métal, réduit en

LA TÉLÉGRAPHIE SANS FIL

limaille, constitue une « poussière métallique » très mauvaise conductrice de l'électricité. Si donc nous rattachons les deux bouts de ce tube aux deux pôles d'une pile, formant ainsi un circuit contenant un galvanomètre, nous constaterons que le courant ne passe pas. Mais, si le tube à limaille vient à être rencontré par une onde électrique cheminant dans l'espace, aussitôt il devient conducteur : il semble que ces grains de limaille se « cohèrent » instantanément, et, grâce à cette cohésion, livrent passage au courant. On constate, en effet, que, à chaque arrivée d'une onde électrique, le tube à limaille devient conducteur ; le courant électrique qu'il arrêtait auparavant le traverse sans peine, et le galvanomètre dévie.

Nous voici donc en possession d'un moyen simple et sûr de déceler l'arrivée d'une onde électrique : le cohéreur qui arrête un courant en temps ordinaire le laisse passer quand il est sous l'influence de l'onde.

Ce qu'il y a de remarquable dans la découverte de Branly, c'est qu'elle n'a pas seulement été « trouvée », mais qu'elle a été « cherchée » par l'illustre physicien, qui travaillait depuis longtemps à débrouiller les causes qui peuvent faire varier la résistance d'un conducteur, et en particulier celle des « conducteurs imparfaits », comme les substances à structure grenue ou lamellaire. Il constata la cohésion qu'elles prennent sous l'action d'une onde électrique : c'était la découverte.

Ce que le professeur Branly découvrit aussi, c'est qu'il suffisait d'un léger choc sur le tube pour le « décoherer » et lui rendre sa propriété primitive d'arrêter le courant. Or, ce choc, il eut l'idée de demander au courant lui-même de le donner, en employant un petit électro-aimant. Voici de quelle manière (fig. 12).

Le tube à limaille est placé sur ses supports, et au-dessous de lui est un petit électro-aimant dont l'armature, maintenue un peu écartée des pôles par un ressort, porte un petit marteau. Les deux fils qui aboutissent aux extrémités du tube à limaille sont réunis à la pile, et le circuit ainsi

LES ONDES

formé traversera les bobines de l'électro-aimant lui-même.

Dans ces conditions, la limaille, mauvaise conductrice, arrête la circulation de l'électricité de la pile, et le courant ne passe pas. Mais une onde vient-elle à rencontrer le

LES ONDES, LEUR LONGUEUR ET LEUR FRÉQUENCE.		
NATURE DES ONDES.	LONGUEUR des ondes.	FRÉQUENCE par seconde.
Ondes les plus longues employées en T. S. F.	30 000 mètres.	10 000
Ondes réglementaires employées en T. S. F.	600 —	500 000
Ondes employées par Hertz.....	1 mètre	300 millions.
Ondes du professeur Righi.....	6 millimètres. 0 ^{mm} ,15	50 milliards. 3 trillions.
Ondes calorifiques.....	{ rouges..... orangés..... jaunes..... verts..... bleus..... indigos..... violets.....	450 — 500 — 550 — 600 — 650 — 700 — 750 —
Rayons lumineux :	—	—
Rayons chimiques de... — à...	0 ^{mm} ,0004 0 ^{mm} ,0001	750 — 3 quatrillions.
Rayons X	0 ^{mm} ,0000001	2 quintillions.

N. B. — On voit qu'il existe une lacune entre les rayons chimiques et les rayons X.

tube? Aussitôt la limaille se « cohère », devient momentanément conductrice, et le courant passe. Mais alors il aimante l'électro-aimant; l'armature de celui-ci est attirée et, en allant s'appliquer sur les pôles, elle donne un petit coup de son marteau sur le tube à limaille, lequel se trouve « décohéré » tout naturellement et prêt à accuser l'arrivée d'une nouvelle onde. Rien, on le voit, n'est plus simple.

(39)

LA TÉLÉGRAPHIE SANS FIL

Ces mots « cohérer » et « décohérer » traduisent une explication un peu hypothétique du phénomène, explication que des savants anglais avaient proposée au début pour expliquer le fonctionnement du tube à limaille. Le professeur Branly a donné à son merveilleux outil un nom qui ne préjuge en rien de la nature de son fonctionnement, et qui traduit simplement ce fait que la limaille est, momentanément, rendue conductrice : il l'a appelé un *radio-conducteur*, et il a, dès le début, fait remarquer l'analogie du phénomène avec d'autres phénomènes physiques, l'électrolyse, par exemple, et, d'une façon générale, tous les « contacts imparfaits ».

L'ingéniosité des physiciens et des constructeurs s'est efforcée de varier la forme et la nature des appareils destinés à recevoir les ondes : nous en verrons divers modèles au cours de ces pages. On les désigne sous le nom générique de *détecteurs d'ondes*, qui indique bien la fonction qu'ils ont à remplir.



CHAPITRE IV

LES PRINCIPES DE LA T. S. F.

Les organes nécessaires de la T. S. F. || La propagation des ondes. La diffraction. || Les ondes amorties. || Les « trains d'ondes ». || La transmission indirecte des ondes. || Rôle de l'antenne : ses vibrations. || Peut-on « diriger » les ondes électriques ?

LES ORGANES NÉCESSAIRES DE LA T. S. F. Nous avons avec le détecteur le moyen de déceler l'arrivée d'une onde électrique, comme nous avons, avec nos yeux, le moyen de percevoir la venue d'une onde lumineuse. Or, l'homme a utilisé les ondes lumineuses pour échanger, même à de grandes distances, des signaux qui lui permettent de transmettre au loin l'expression de sa pensée : il était donc naturel que, dès que furent découverts les moyens de percevoir les ondes électriques, on pensât à les utiliser pour la télégraphie. Ce système de communication, qui a tout de suite séduit par le fait que les fils conducteurs n'étaient pas nécessaires, a trouvé le nom, tout indiqué, de *télégraphie sans fil*; les Anglais l'appellent également *wireless*; les Allemands *Drahtlose Telegraphie*. Souvent on le désigne sous le nom, plus scientifique, mais pas meilleur, de *radiotélégraphie*, et on le désigne en France par les initiales de son nom le plus usuel : T. S. F.

Que faut-il donc pour faire de la T. S. F.?

Il faut d'abord produire des ondes, et, pour cela, il faut une source produisant de l'électricité, pile ou machine : c'est le *générateur*. Il faut ensuite transformer cette électricité en lui donnant la haute tension nécessaire au jaillissement de l'étincelle : c'est le *transformateur*. Puis il faut faire éclater l'étincelle à l'aide d'un dispositif présentant

(41)

LA TÉLÉGRAPHIE SANS FIL

toute sécurité : c'est l'*éclateur*, relié aux pôles d'un « condensateur » qui emmagasine les charges électriques dans sa grande « capacité » pour permettre à la décharge d'être plus énergique. Tels sont les organes producteurs des ondes électriques.

Mais ces ondes, il faut les lancer dans l'espace et les lancer suivant un rythme déterminé, pour que, reçues au poste d'arrivée, elles reproduisent des signaux faciles à déchiffrer : il y a donc un *manipulateur* qui permet d'émettre des ondes longues ou brèves analogues aux traits et aux points de l'alphabet Morse, et enfin il faut l'organe essentiel de la transmission, celui qui lance, qui « rayonne » les ondes dans l'espace pour leur permettre d'atteindre une distance aussi grande que possible : c'est un long fil ou plusieurs longs fils de cuivre dressés dans l'atmosphère et qui sont, et le point de départ des ondes émises, et l'instrument collecteur qui « capte » au passage les ondes qui voyagent : cet ensemble de fils constitue l'*antenne*.

Voilà pour le poste « émetteur » ou « transmetteur ».

Mais il ne suffit pas d'envoyer des messages par ondes électriques, il faut aussi que l'on puisse en recevoir. Il faut donc un dispositif de *réception*.

Le premier organe, indispensable entre tous, est un « collecteur d'ondes », destiné, si l'on peut ainsi dire, à les « attraper au passage » : ce collecteur, c'est l'*antenne*, qui joue ainsi le double rôle de rayonner dans l'espace les ondes émises et de capter celles qui la rencontrent. L'antenne doit communiquer avec un *détecteur*, qui accuse, par le phénomène de la radio-conduction, la présence des ondes, et ce détecteur doit être en communication avec un *récepteur*, qui, suivant le cas, est un récepteur télégraphique Morse ordinaire ou un *téléphone*. Dans ce cas, on « entend » des bruits longs ou brefs qui figurent les traits et les points de l'alphabet télégraphique.

Telle est la composition d'un poste complet de télégraphie sans fil. Nous verrons, dans un chapitre ultérieur, la description de chacun des organes qui le constituent, mais

PRINCIPES DE LA T. S. F.

auparavant il faut savoir comment se comportent les ondes électriques dans leur voyage à travers l'air, et de quelle façon elles y cheminent avec la fantastique vitesse que l'on sait.

LA PROPAGATION DES ONDES. LA DIFFRACTION. Les ondes électriques, sauf que leur vitesse de propagation est infiniment plus grande, se propagent absolu-

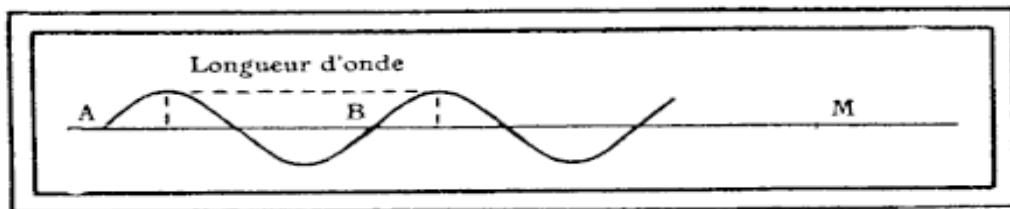


Fig. 13. — Propagation d'une onde.

ment comme les ondes liquides à la surface de l'eau : elles se déplacent le long de leur « direction de propagation » en passant tout autour, au-dessus et au-dessous de cette ligne. On voit sur la figure 13 la « longueur d'onde », c'est-à-dire la distance qui sépare deux points de deux ondes successives qui sont à la même « phase » de leur mouvement oscillatoire : soit deux sommets, soit deux creux, soit deux points intermédiaires. La ligne ondulée AB constitue une « onde entière ».

Représentons par la longueur AM la distance franchie par les ondes en une seconde de temps : cette distance, en réalité, est de 300 000 kilomètres. La loi fondamentale du mouvement ondulatoire est que *la longueur d'une onde est égale au quotient de la vitesse de propagation par le nombre des ondes engendrées en une seconde*, c'est-à-dire par la « fréquence ». Supposons que cette fréquence soit d'un million, c'est-à-dire que l'étincelle de l'éclateur y exécute un million de vibrations en une seconde : la longueur des ondes ainsi produite sera donc :

$$\text{Longueur de l'onde} = \frac{300\,000\,000 \text{ m.}}{1\,000\,000} = 300 \text{ mètres.}$$

(43)

LA TÉLÉGRAPHIE SANS FIL

D'où il résulte que, plus la fréquence est grande, plus la longueur d'onde est petite. Si donc on veut avoir des ondes de grande longueur, il faut diminuer la fréquence.

Une chose essentielle est à retenir également : les ondes électriques transportent, à distance, de l'énergie. Or, seules, les ondes de grande longueur sont susceptibles de transporter des quantités notables d'énergie et, jusqu'à présent, on n'a pas pu réussir à donner une grande intensité aux ondes de petite longueur, comme celles qu'avait étudiées Hertz au début de ses travaux, comme celles qu'a produites le professeur Righi.

Toutes les ondes, liquides, lumineuses, sonores ou électriques, présentent une particularité remarquable : elles se « diffractent », c'est-à-dire qu'elles peuvent contourner un obstacle. Le mécanisme de cette *diffraction* est des plus

simple, et la figure 14 nous le fera comprendre immédiatement. Supposons qu'il s'agisse d'ondes liquides se propageant à la surface d'un bassin, et que le centre d'oscillation qui les produit soit en un point A de la surface dudit bassin : les ondes se propagent par cercles concentriques autour de ce point. Si, à un point quelconque de la surface liquide, on a interposé une cloison verticale percée d'une seule ouverture O, cette cloison arrêtera la propagation du mouvement, excepté au point O. Ce point se comportera donc, pour toute la partie du liquide qui est située au delà de la cloison, comme s'il était lui-même un centre de vibrations, puisque c'est de lui que partent les ondes successives qui le traversent. Il devient à son tour un *centre d'ondulations*, ayant la même longueur que les précédentes, puisque, au fond, on trouve les mêmes ondes ; mais elles se propagent concentriquement autour du point O, et si

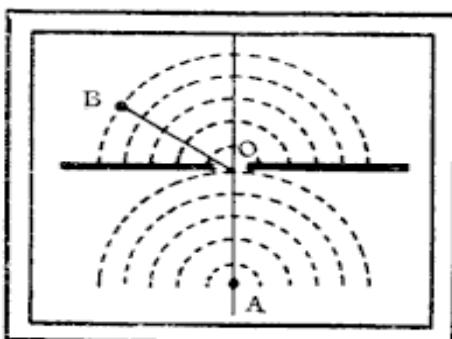
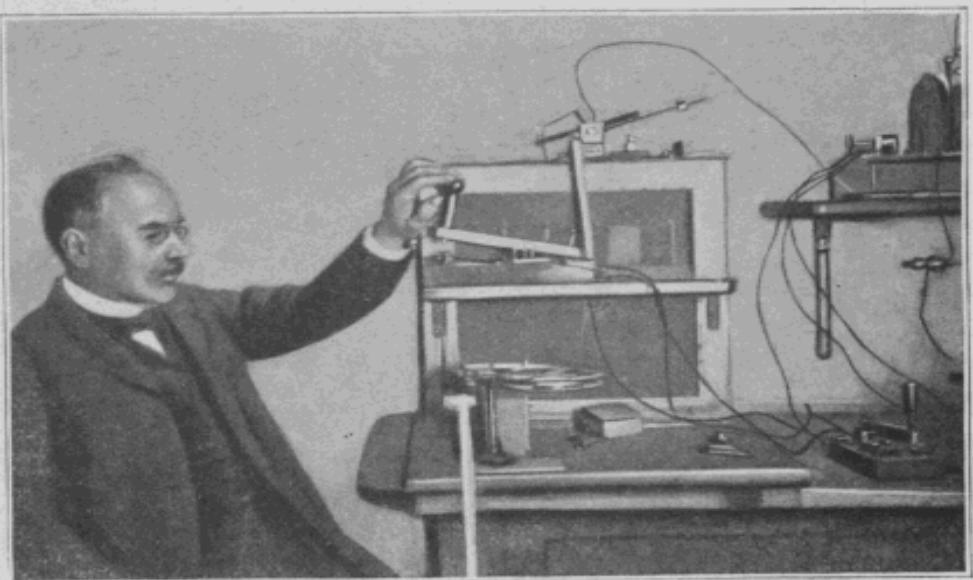


Fig. 14. — *Diffraction des ondes.*



LES INVENTEURS DE LA T. S. F.
Le Professeur Branly dans son laboratoire.



LES INVENTEURS DE LA T. S. F.
L'ingénieur Marconi.

La Télégraphie sans fil.

Pl. 10. Page 44.



UNE ANTENNE DE STATION PUISSANTE

L'antenne multiple du poste d'Hanoï.

(Cl. Société Fse Radioélectrique.)

La Télégraphie sans fil.

Pl. II. Page 45.

PRINCIPES DE LA T. S. F.

nous considérons un point B situé en dehors de la ligne droite AO qui joint le centre vibrant à l'ouverture de la cloison, ce point sera atteint par le mouvement ondulatoire. L'onde aura donc cheminé non seulement en ligne droite, mais en ligne courbe : elle aura suivi la ligne AOB. C'est ce phénomène qui, permettant aux ondes de « contourner » les obstacles, constitue la *diffraction*.

Les ondes sonores nous en fournissent la démonstration quotidienne. Nous savons, en effet, que l'on peut tenir, par une porte ouverte, conversation avec quelqu'un qui se trouve dans une chambre voisine et qui, cependant, nous est caché par un mur : les ondes sonores contournent le mur, se diffractent et arrivent à l'oreille de l'interlocuteur, en ayant effectué un trajet, non en ligne droite, mais en ligne brisée. Les ondes lumineuses se diffractent, elles aussi, mais, à cause de leur extrême petitesse, leur diffraction est très faible, et il faut des expériences délicates pour la mettre en évidence. Cependant elle existe et a été complètement étudiée. La théorie et l'expérience sont d'accord pour démontrer et vérifier que la diffraction est d'autant plus forte que les ondes qui se diffractent sont plus longues.

Les ondes électriques vont donc, elles aussi, se diffracter ; comme elles ont de grandes longueurs, leur diffraction sera considérable : c'est une des principales raisons qui leur permettent de contourner des obstacles, de passer par-dessus la rotundité de la terre, car la courbure de l'océan, entre l'Europe et l'Amérique, équivaut à une montagne d'eau de 400 kilomètres de hauteur (fig. 15).

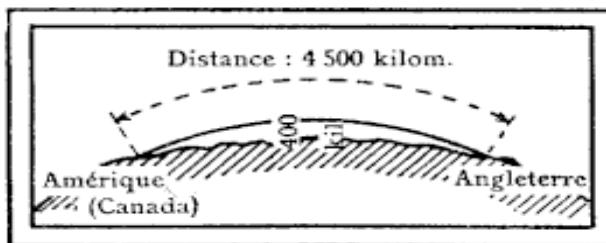


Fig. 15. — Convexité de la terre entre l'Europe et l'Amérique.

LES ONDES AMORTIES. ☙ ☙ Quand on fait vibrer un

(45)

LA TÉLÉGRAPHIE SANS FIL

instrument sonore, une cloche, par exemple, le choc qui provoque la vibration ne dure qu'un moment, et cependant le corps vibre pendant plusieurs secondes : il exécute ainsi un nombre très considérable de vibrations, qui ne s'éteignent que très lentement, d'une façon graduelle : on dit que les ondes sonores ainsi produites *s'amortissent lentement*, ou qu'elles ont un « amortissement très lent ».

Les ondes électriques, au contraire, lancées dans l'espace par une antenne reliée directement à l'éclateur, s'amortissent avec une grande rapidité : chaque étincelle ne donne naissance qu'à un très petit nombre d'ondes. Chacune de ces ondes conserve bien la longueur constante qui caractérise la vibration, mais l'amplitude de ces ondes décroît très vite. De sorte que, si l'on veut représenter par un graphique les ondes à amortissement rapide par rapport aux ondes à amplitude constante, on aura la courbe sinuuse représentée par la figure 16 a. On voit donc que l'étincelle agit, au point de vue de la génération des ondes, d'une façon tout à fait brutale, à la façon d'un ouvrier qui, pour propulser un chariot, au lieu de le pousser d'un effort continu, se contenterait de dépenser sa force en appliquant un coup de massue sur le véhicule : tout l'effet est concentré dans le premier instant, après quoi il ne reste pour ainsi dire plus rien.

Il faudrait, au contraire, avoir des ondes se rapprochant autant que possible du cas théorique de l'onde sonore, et ayant, sinon un amortissement nul, du moins un amortissement très faible, dont la figure 16 b donne une représentation graphique. Alors, si ces ondes « à faible amortissement » arrivent sur une antenne qui puisse « vibrer » en même temps qu'elles et suivant le même rythme, elles produisent beaucoup plus facilement la mise en vibration de cette antenne, parce que les impulsions successives que toutes ces ondes donnent à l'antenne réceptrice ajouteront leurs effets et produiront ainsi un effet puissant sur les appareils récepteurs.

LES « TRAINS D'ONDES ». ☐ ☐ Pour bien comprendre

(46)

PRINCIPES DE LA T. S. F.

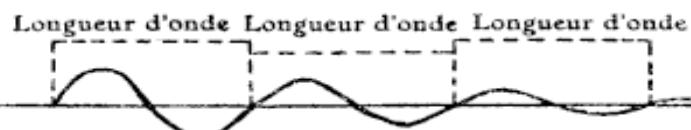


Fig. 16 a. — Onde à amortissement rapide.



Fig. 16 b. — Onde à faible amortissement.

Fig. 16 a et 16 b. Exemples d'amortissements d'ondes.

l'intérêt que présentent des ondes aussi peu amorties que possible, il faut réfléchir un peu à la manière dont elles voyagent dans l'espace.

Chaque étincelle jaillissant entre les boules de l'éclateur donne naissance, nous venons de le voir, à plusieurs ondes électriques, ayant toutes la même longueur, mais dont les amplitudes décroissent très vite : l'ensemble de ces ondes constitue un *train d'ondes*, et à chaque étincelle correspond un « train » spécial. Ces trains se courrent les uns après les autres sans se rattrapper, puisqu'ils se propagent avec la même vitesse, et l'on ne peut mieux les comparer qu'aux « rames de wagons » qui constituent les trains du Métropolitain : chaque rame correspond à un départ et marche à la vitesse réglementaire, précédée et suivie par deux rames identiques qui progressent de la même manière ; il y a donc entre deux rames consécutives un intervalle constant et considérablement plus long que la longueur même d'un des trains qui circulent.

Ainsi en est-il des « trains d'ondes ». Chacun d'eux, composé de quelques ondes seulement, chemine à la vitesse de 300 000 kilomètres par seconde. Supposons qu'on fasse éclater 100 étincelles en une seconde : le premier train parti sera déjà arrivé à une grande distance quand le

LA TÉLÉGRAPHIE SANS FIL

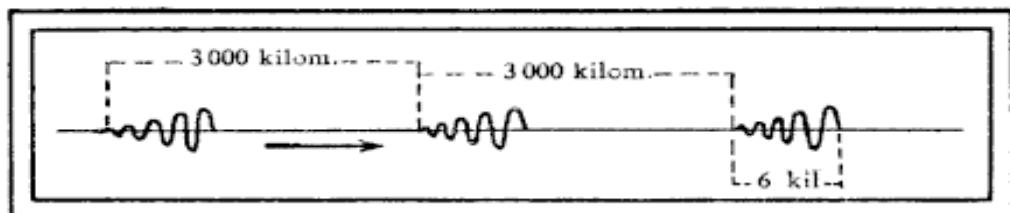
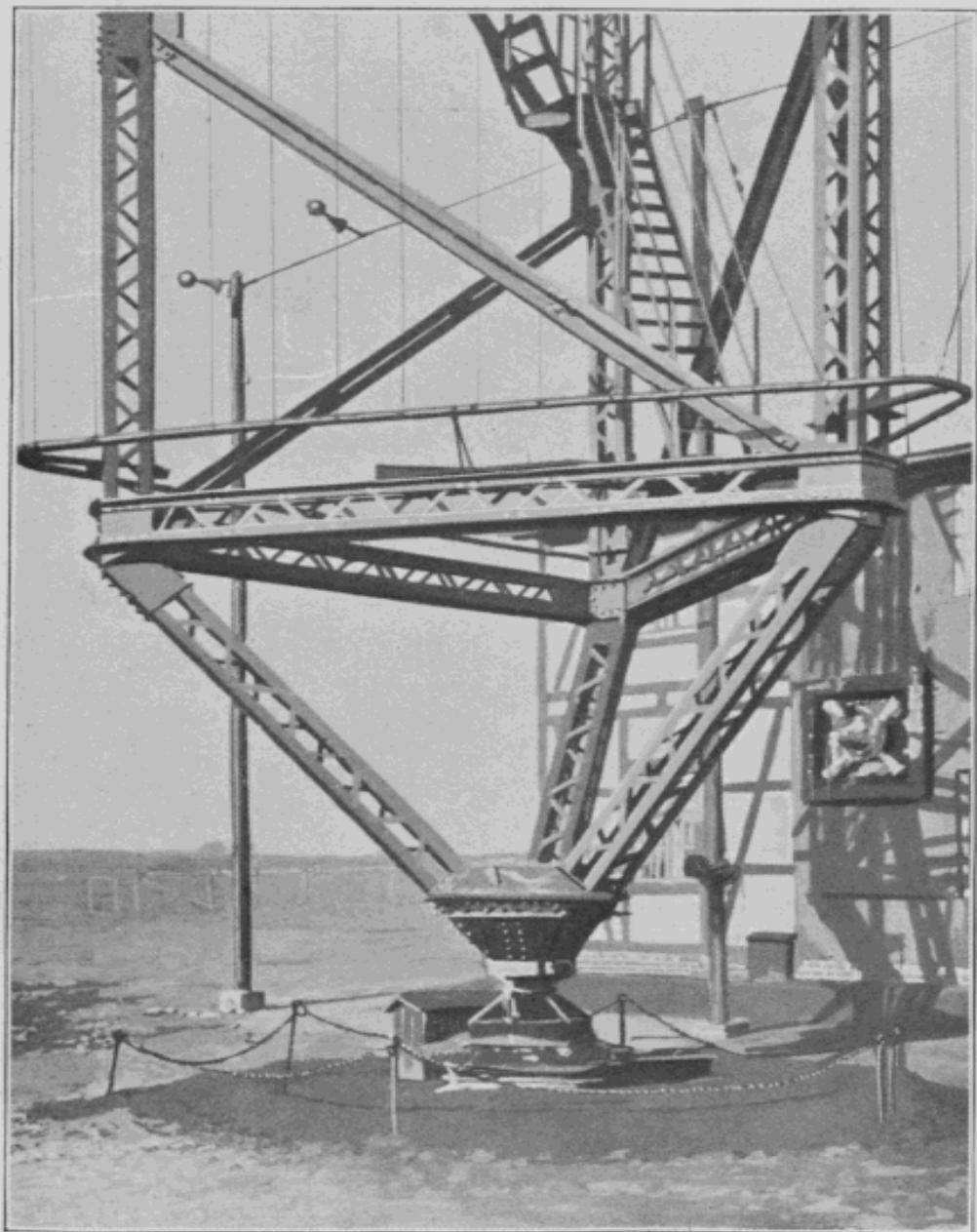


Fig. 17. — Les « trains d'ondes ».

second partira seulement. Cette distance, s'il y a 100 étincelles par seconde, sera donc la centième partie de 300 000 kilomètres, c'est-à-dire 3 000 kilomètres. Ainsi les trains d'ondes sont espacés de 3 000 kilomètres les uns des autres (fig. 17); il n'y en aura jamais plus de deux entre Brest et New-York. Si, de plus, à chaque étincelle correspondent, par exemple, 10 ondes électriques d'une longueur de 600 mètres, la longueur totale du train sera seulement de 6 000 mètres ou 6 kilomètres. La longueur des « trains d'ondes » ne sera donc que la cinq-centième partie de l'intervalle qui sépare deux trains consécutifs. Et dès lors l'antenne, cet organe essentiel de capture des ondes voyageuses, ne « travaillera » que pendant la cinq-centième partie seulement du temps employé à la réception d'une dépêche.

LA TRANSMISSION INDIRECTE DES ONDES. ☠ ☠
Les ondes à « amortissement rapide » dont nous venons de dire les inconvénients ont été les seules employées au début de la T. S. F. A cette époque de tâtonnements, on disposait un poste émetteur, comme l'indique la figure 18. Le transformateur (qui, dans l'espèce, était une « bobine de Ruhmkorff ») recevait le courant d'une forte batterie d'accumulateurs ou d'une forte pile; un manipulateur-interrupteur permettait de faire jaillir entre les boules de l'éclateur des étincelles longues ou brèves à volonté, et les deux boules étaient reliées, l'une à l'antenne, l'autre à la terre. C'est ce qu'on appelle la « transmission directe ».

Mais, dans ces conditions, les trains d'ondes étaient trop



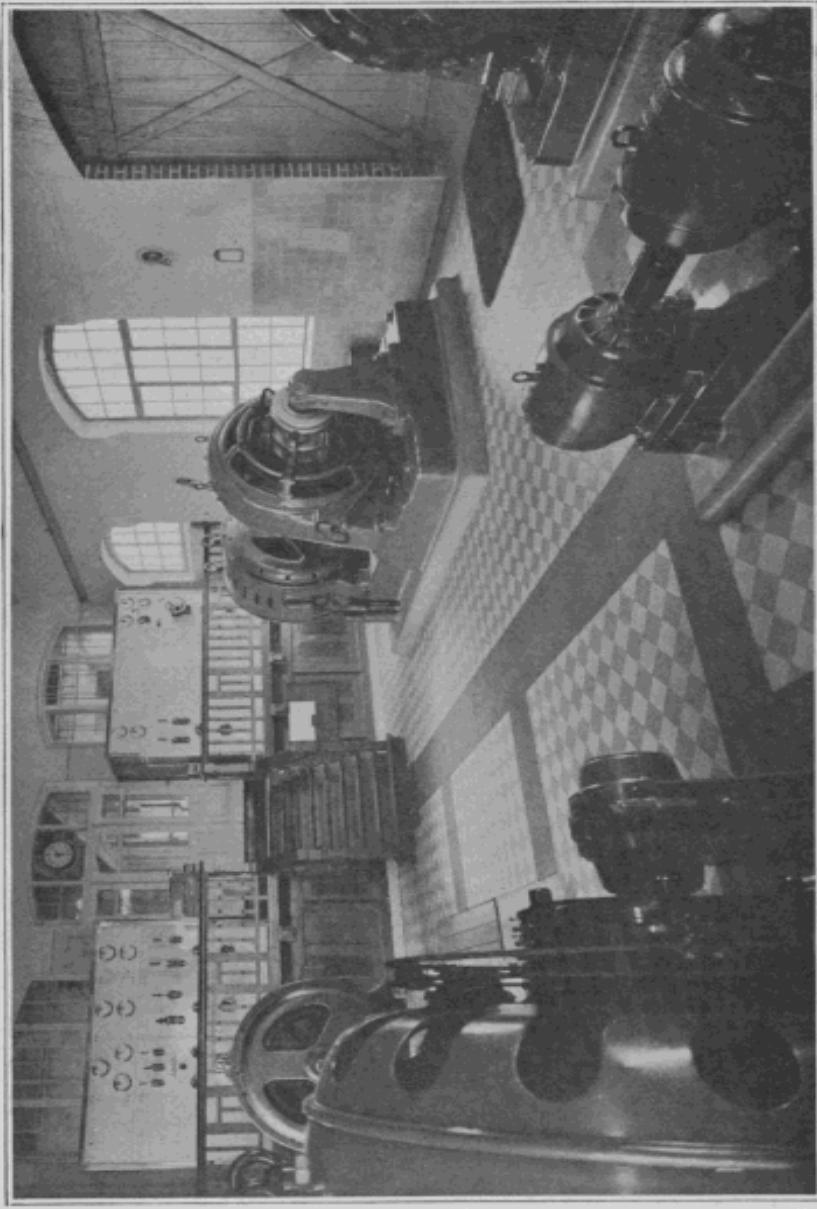
L'INSTALLATION D'UNE ANTENNE PUISSANTE

*Le pied du pylone de 200 mètres de la station de Nauen,
servant d'axe à son antenne «en parapluie».*

(Cl. de la Gesellschaft für Drahtlose Telegraphie.)

La Télégraphie sans fil.

Pl. 12. Page 48.



La Télégraphie sans fil.

Pl. 13. Page 49.

UNE INSTALLATION DE FORCE MOTRICE POUR LA T. S. F.

La station allemande de Nauen : la salle des machines. Dans le fond, sur le mur, sont les appareils de mesure.

(Photo de la Gesellsch. für Drahtlose Telegraphie.)

PRINCIPES DE LA T. F. S.

courts, et l'énergie accumulée dans une antenne à fil simple était trop faible. Aussi les physiciens ont-ils cherché à réaliser de leur mieux des ondes à faible amortissement, formant des trains dont les éléments conservent leur intensité le plus longtemps possible. Ils ont, pour cela, imaginé un dispositif tel que la production des ondes continue pendant un certain temps, même après qu'a cessé de jaillir l'étincelle qui les a fait naître. Ce système s'appelle la « transmission indirecte », et cette transmission est réalisée à l'aide de deux appareils auxiliaires qui se nomment l'un la « bobine de self-induction », l'autre le « condensateur ».

Nous avons, en résumant l'histoire du téléphone, rappelé, au cours du chapitre II, les lois fondamentales de l'induction ; nous avons vu que non seulement un courant pouvait en produire un autre dans un circuit voisin, mais encore qu'il pouvait s'induire lui-même, chaque spire de la bobine parcourue par le courant provoquant la naissance d'un courant induit dans la spire voisine : c'est le phénomène de la *self-induction*. Une simple bobine de fil est donc un appareil de self-induction, susceptible de recueillir une partie de l'énergie pendant la durée si courte de l'étincelle, et de la restituer ensuite pendant l'instant suivant.

Mais on ne s'est pas contenté de cette bobine de « self »

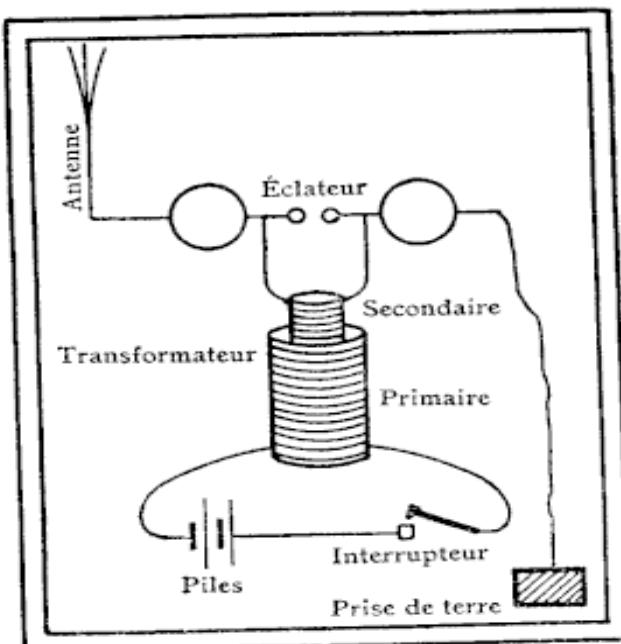


Fig. 18. — Ancien montage de T. S. F.
par excitation directe.

LA TÉLÉGRAPHIE SANS FIL

(pour employer l'abréviation courante des électriciens). On a cherché un autre organe de régulation des ondes, et on l'a trouvé : cet organe, presque aussi vieux que la découverte de l'électricité elle-même, c'est la classique « bouteille de Leyde » de nos cabinets de physique, ou, si vous aimez mieux, c'est le *condensateur*.

Qu'est-ce donc qu'un condensateur ? C'est un appareil simple, formé d'une lame isolante recouverte de métal sur ses deux faces. La lame isolante se laisse lentement pénétrer par l'électricité qui charge les deux armatures de métal : l'appareil se charge ainsi en « condensant » de l'électricité qu'il peut restituer d'un seul coup, en abondance, sous forme de décharge. Ce condensateur joue un peu le rôle de ces réservoirs en bronze que l'on met sur les pompes à incendie : l'air, comprimé par le jeu des pompes, s'y accumule, fait pression sur l'eau et régularise ainsi, par sa détente, ce jet d'eau qui sort de la lance pour éteindre le feu.

Ainsi fait le condensateur : il régularise les ondes excitées par l'étincelle, de sorte que la production de ces ondes persiste pendant un court instant après que l'étincelle génératrice a cessé. Les ondes sont donc peu amorties ; elles sont suffisamment « entretenues » et peuvent ainsi, en superposant les chocs successifs qu'elles impriment à l'antenne réceptrice, faire vibrer celles-ci de façon à actionner le détecteur qui doit manifester leur présence.

Le montage du poste à transmission indirecte se fait, dès lors, comme l'indique la figure 19.

ROLE DE L'ANTENNE : SES VIBRATIONS. ☠ ☠ Et cela nous amène à parler du rôle capital que joue l'antenne en T. S. F.

L'antenne, ce fil ou ce groupe de fils élevé dans l'air pour émettre ou capter les trains d'onde qui forment les signaux, n'a pas seulement ce rôle un peu « servile ». Non. Elle imprime aux ondes qu'elle transmet ou qu'elle reçoit ce que l'on pourrait appeler son « cachet personnel ».

L'antenne en effet « vibre » en même temps que les

PRINCIPES DE LA T. S. F.

ondes auxquelles elle doit servir d'arbalète ou de filet; elle vibre électriquement et donne naissance à des ondes dont la longueur est le quadruple de sa propre hauteur. Une antenne haute de 100 mètres peut donc donner naissance à des ondes dont la longueur sera de 400 mètres.

Dès qu'il s'agit de vibrations, les phénomènes de la musique doivent nous servir de guide, par les comparaisons précieuses qu'ils nous permettent de faire.

N'oublions pas que la communication par T. S. F. comporte forcément deux postes, l'un expéditeur, l'autre récepteur, munis tous deux d'une antenne, chacun devant recevoir les ondes émises par l'autre, et, *autant que possible*, ne recevoir que celles-là.

L'idéal serait que ces antennes fussent dans la situation de deux cordes sonores, accordées exactement à l'unisson de la même note musicale. On sait que, dans ce cas, quand l'une vibre, l'autre se met à vibrer « sympathiquement » à l'exclusion des autres : c'est l'effet de l'accord des deux cordes, de leur « syntonie » parfaite. Ne pourrait-on pas réaliser pour les ondes électriques ce qui est facile dans le cas des ondes sonores ?

Évidemment, si l'on avait deux antennes rigoureusement identiques, le problème serait très près d'être résolu. Mais il est difficile, si l'on veut recevoir des télégrammes météorologiques ou des signaux horaires, de se faire une antenne égale à celle du poste central de Paris : tout le monde n'a pas une Tour Eiffel dans son jardin. Heureusement, les

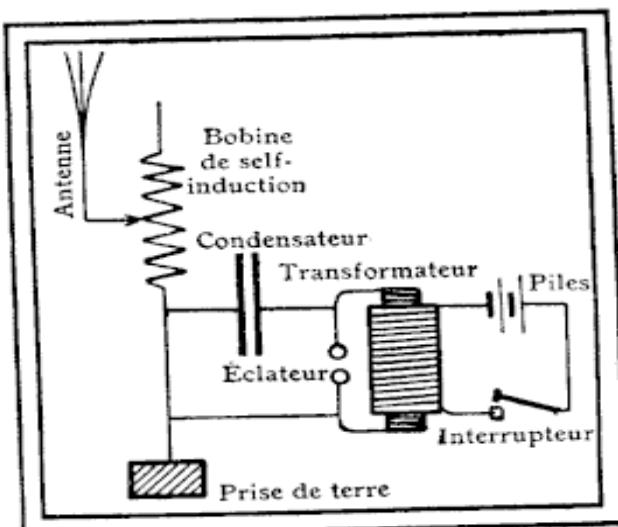


Fig. 19. — Montage par transmission indirecte.

LA TÉLÉGRAPHIE SANS FIL

physiciens, gens ingénieux, ont levé la difficulté et donné le moyen de réaliser tout de même la « syntonisation » avec des antennes de longueurs différentes, et cela grâce à la disposition de la transmission indirecte, qui utilise une bobine de self-induction à spires nombreuses et un condensateur formé de plusieurs bouteilles de Leyde, ou « éléments ».

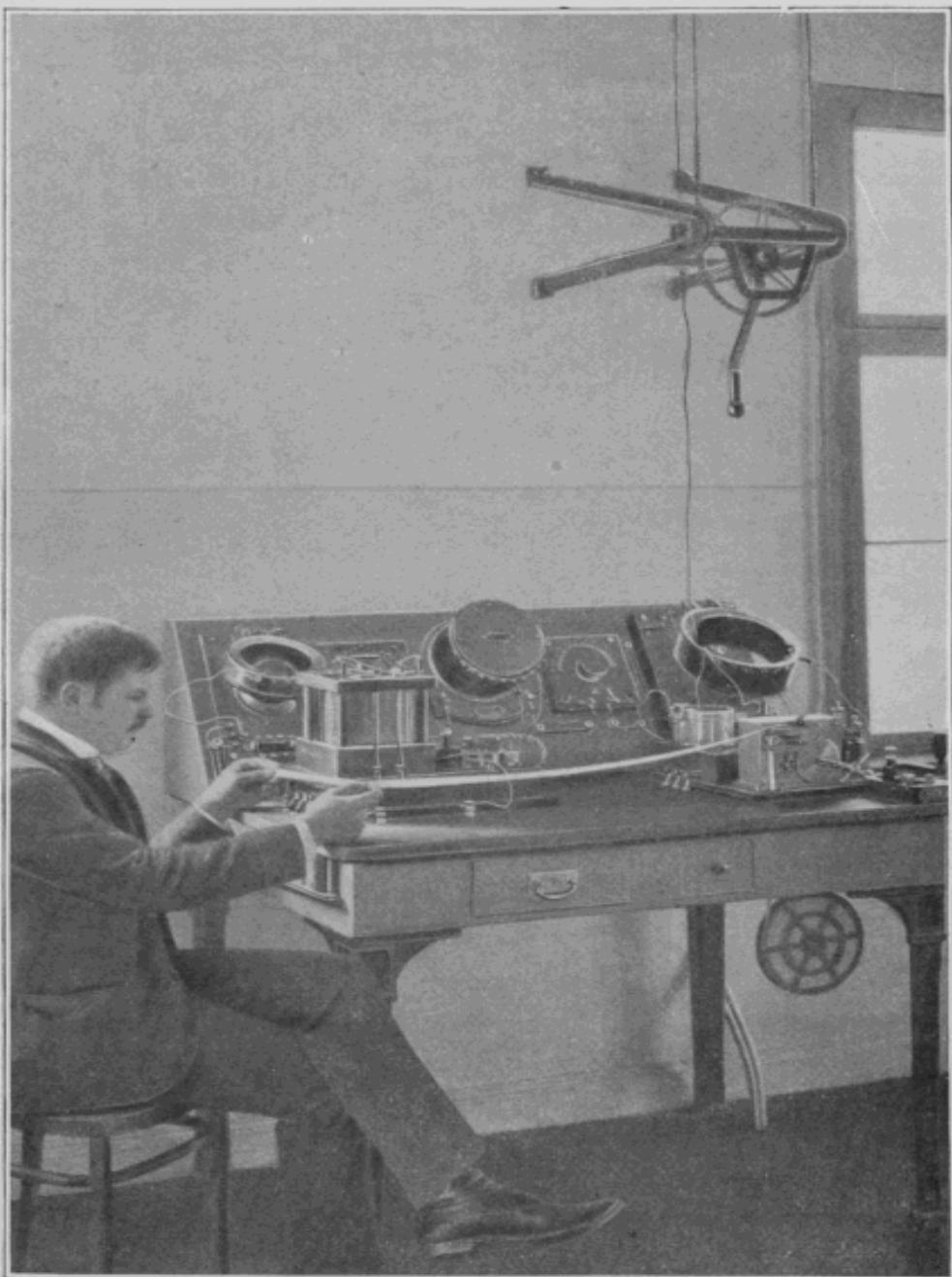
En faisant varier le nombre des spires de la bobine mise en service, en faisant varier également le nombre des éléments du condensateur utilisés, on arrive à « accorder » suffisamment le poste transmetteur avec le poste récepteur pour que celui-ci, sinon reçoive exclusivement les ondes émises par le premier, du moins manifeste une « préférence » pour ces ondes-là. On utilise au besoin un appareil à lecture instantanée, aussi facile à consulter qu'un baromètre à cadran, et qui indique immédiatement quelle est la longueur des ondes qui arrivent au poste récepteur. On peut alors régler la bobine de self et le condensateur de façon à les « accorder », à les « syntoniser » sur cette longueur d'ondes en particulier comme un musicien accorde le *la* de son violoncelle en tendant sa corde jusqu'à ce que celle-ci soit à l'unisson du diapason ou du piano qui donne le *la*.

Et l'on peut ainsi recevoir, avec une antenne de longueur et de forme déterminées, des ondes électriques émises par une antenne de longueur et de forme tout à fait différentes.

Nous verrons, en étudiant la réception des signaux de T. S. F., comment effectuer pratiquement ce réglage : hâtons-nous de dire que c'est tout ce qu'il y a de plus simple.

PEUT-ON « DIRIGER » LES ONDES ÉLECTRIQUES ?

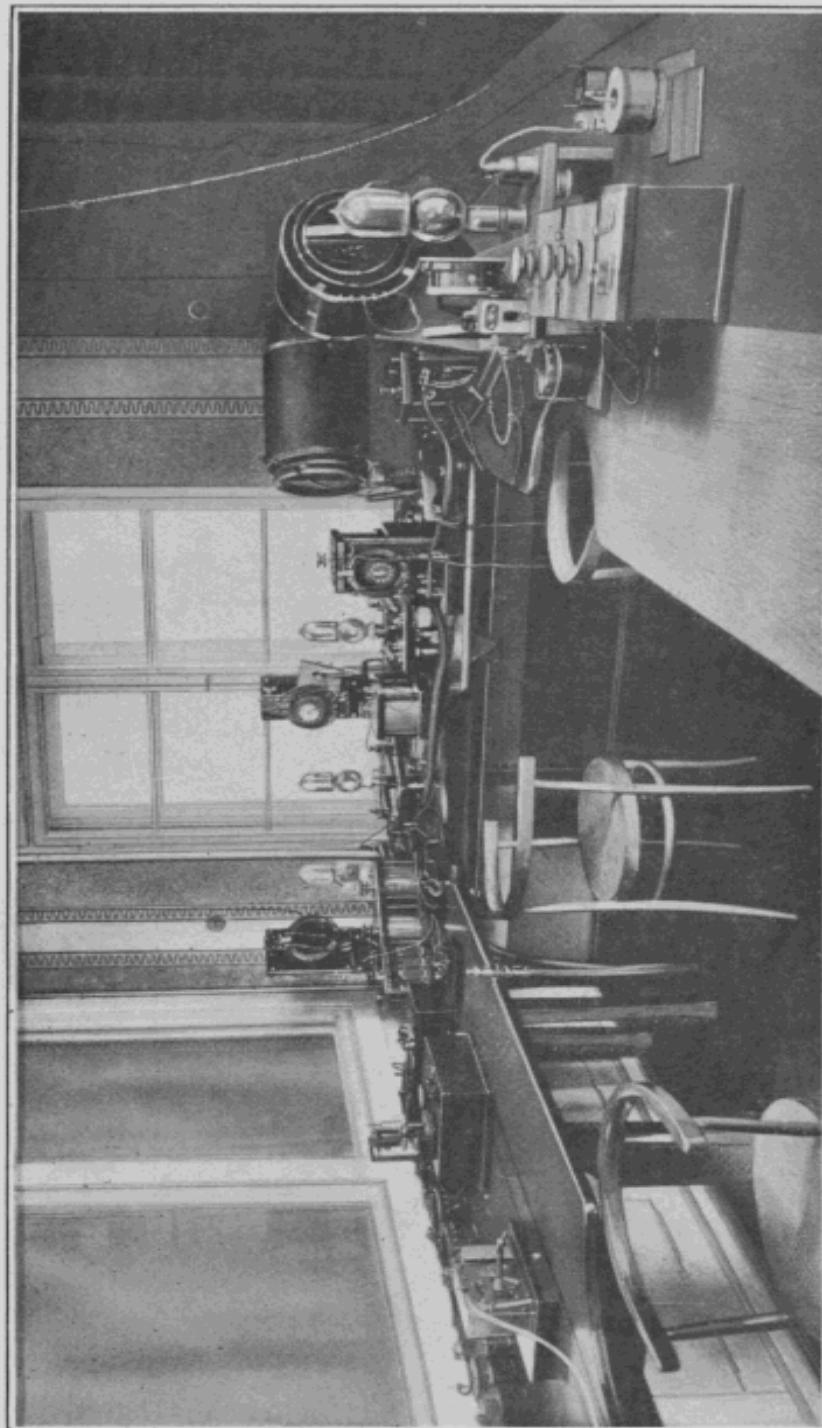
Avant de clore ce chapitre des généralités, répondons à une question que le lecteur se sera sûrement posée. Puisque les ondes électriques sont analogues aux ondes lumineuses, puisqu'elles se propagent avec la même vitesse de 300 000 kilomètres à la seconde, puisque enfin on peut faire de la télégraphie optique à longue distance en concentrant et en dirigeant ces ondes lumineuses dans une direction



STATION ALLEMANDE DE NAUEN
Un coin de la salle de réception.
(CL. de la Gesellschaft für Drahtlose-Telegraphie.)

La Télégraphie sans fil.

Pl. 14. Page 52.



La Télégraphie sans fil.

Pl. 15. Page 53.

SATION DE T. S. F. DE NAUEN
*Salle des appareils de réception d'un poste Marconi: on voit à gauche un récepteur Morse,
à droite, les bobines d'accouplement.*
(Cl. de la Gesellschaft für Drahtlose-Telegraphie.)

PRINCIPES DE LA T. F. S.

donnée à l'aide d'un puissant miroir, d'un « projecteur », pourquoi ne pas faire la même chose en T. S. F.? Pourquoi ne pas concentrer, à l'aide d'un réflecteur métallique sur lequel elles se réfléchiraient, les ondes électriques qui ont déjà, par elles-mêmes, une si grande portée? On lancerait alors le faisceau d'ondes uniquement dans la direction du poste correspondant, et le secret des dépêches, la sûreté de la transmission en seraient augmentés.

C'est vrai en principe; mais, en pratique, c'est tout autre chose.

Reportons-nous à ce que nous avons dit des ondes lumineuses : celles-ci sont de très petite longueur ; la longueur d'onde de la lumière jaune n'est que d'un vingt-millième de millimètre. On peut donc en recevoir un très grand nombre sur la surface d'un miroir de quelques décimètres carrés.

Au contraire, en T. S. F., nous utilisons des ondes de grande longueur : les plus courtes usitées dans le service sont de 300 mètres, et l'on emploie couramment, pour la transmission à longue distance et pour l'envoi de l'heure par la Tour Eiffel, la longueur d'onde de 2 500 mètres. Si donc nous voulions grouper en un faisceau de rayons parallèles, comme on le fait dans les projecteurs militaires, des ondes électriques ayant seulement 300 mètres de longueur, il faudrait réaliser des miroirs ayant des centaines de kilomètres de diamètre, qui ne seraient ni réalisables, ni manœuvrables. Voilà pourquoi on ne peut pas faire de « projecteurs d'ondes électriques ».

Et ceci nous amène naturellement à dire un mot de la « réflexion » de nos ondes. Nous avons dit qu'elles pouvaient se réfléchir sur des surfaces métalliques : c'est, en effet, ce que la théorie a prévu et ce que l'expérience a vérifié. Elles se réfléchissent sur une plaque de tôle sans parvenir à la traverser.

Mais, en revanche, elles traversent, sans la moindre gêne, les corps mauvais conducteurs ; elles passent à travers les vitres de nos fenêtres, à travers le bois de nos portes, à travers les cloisons et les murailles de nos demeures, à

LA TÉLÉGRAPHIE SANS FIL

travers les tuiles et les ardoises qui recouvrent nos greniers
Elles traversent l'eau sans difficulté, l'eau pure, tandis que
l'eau salée de l'Océan, rendue conductrice par les sels qui y
sont dissous, refuse de leur livrer passage. Nous aurons
l'occasion de voir qu'il y a là une raison à l'amélioration
des transmissions au-dessus des mers.

Et maintenant que nous avons acquis les notions indispensables relatives à ces ondes merveilleuses, maintenant que nous connaissons le principe de la découverte, apprenons « la manière de s'en servir ».



CHAPITRE V

COMMENT ON REÇOIT LES DÉPÊCHES DE T. S. F. (RÉCEPTION A COURTE DISTANCE)

Les détecteurs d'ondes. || DéTECTEURS électrolytiques. || DéTECTEURS à cristaux. || Le téléphone et l'antenne. La prise de terre. || L'alphabet Morse. Les dépêches météorologiques. || Le réglage des signaux horaires. || Les renforçateurs.

LES DÉTECTEURS D'ONDES. ☠ ☠ Nous voici arrivés à la partie pratique de notre étude, celle qui intéressera plus spécialement nos lecteurs : n'avons-nous pas tous la curiosité de saisir au passage les messages transportés dans l'espace par ces ondes si rapides ? C'est une curiosité bien légitime et, comme nous allons le voir, très facile à satisfaire. Nous supposerons l'expérimentateur placé à proximité d'une station puissante, par exemple à Paris ou dans la banlieue, s'il s'agit de recevoir les messages de la Tour Eiffel.

Occupons-nous d'abord des organes de réception ; nous verrons plus tard comment il faut disposer l'antenne, et enfin comment il faut organiser, le cas échéant, un poste émetteur de signaux.

L'organe essentiel de la réception des ondes est le *détecteur*.

Nous avons vu quelle forme le professeur Branly lui avait donnée quand il le découvrit : celle du tube à limaille, appelé le cohéreur. Pendant plusieurs années, le cohéreur fut le seul détecteur employé ; il avait, évidemment, l'inconvénient de nécessiter l'intervention du petit marteau tapeur destiné à « décohérer » la limaille après chaque fonctionnement ; mais ce décohérage se faisait automatiquement. Il fallait aussi régler de temps en temps le tube : en

LA TÉLÉGRAPHIE SANS FIL

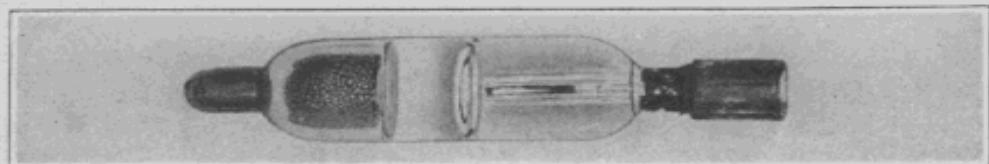
revanche, les dépêches s'inscrivaient sur un récepteur de télégraphe Morse aussi facilement que dans la télégraphie ordinaire. Mais aujourd'hui on est devenu plus exigeant; on veut des ondes se propageant jusqu'à 6 000 kilomètres, alors que la plus grande distance à laquelle on ait pu recevoir et enregistrer des ondes avec le cohéreur est de 1 200 kilomètres de distance, entre la station allemande de Nauen et Saint-Pétersbourg. Déjà, d'ailleurs, au début de ses découvertes, le professeur Branly avait signalé l'analogie entre la conductibilité des corps à « contacts imparfaits », comme le tube à limaille, avec les phénomènes de l'électrolyse. Mais ce n'est qu'en 1900 que le colonel du génie Ferrié, alors capitaine, imagina le *détecteur électrolytique*, actuellement le plus employé dans les transmissions à grandes distances, et l'un des facteurs des grands succès de la T. S. F.

Disons tout de suite la différence essentielle qui caractérise les différents détecteurs. Pour cela, partons du cohéreur de Branly, dont nous avons donné le principe. Ce cohéreur fonctionne en « déclenchant », pour ainsi dire, une pile locale au courant de laquelle il donne passage à l'arrivée d'une onde: celle-ci ne joue donc d'autre rôle que celui du tireur qui presse la détente de sa carabine et met en jeu, par un petit effort, une force qui lui est étrangère, celle de la poudre, à laquelle il ne fait que commander. Ainsi agit l'onde électrique dans le détecteur de Branly; tous les détecteurs qui ne font que mettre en jeu une électricité locale s'appellent des *détecteurs d'amplitude*.

Tout autres sont les *détecteurs d'énergie* qui actionnent les appareils récepteurs directement avec l'énergie transmise par les ondes elles-mêmes.

DÉTECTEURS ÉLECTROLYTIQUES. ☙ ☙ Le détecteur électrolytique est aussi remarquable par sa simplicité que par la sûreté de son fonctionnement.

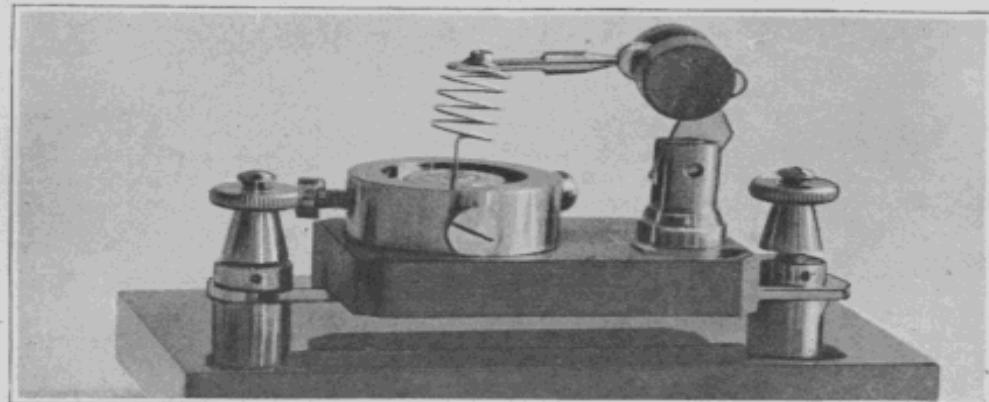
Il se compose d'un tout petit vase cylindrique de verre, du volume d'un verre à liqueur, et qui contient de l'eau



LES DÉTECTEURS

Détecteur électrolytique de Jégou.

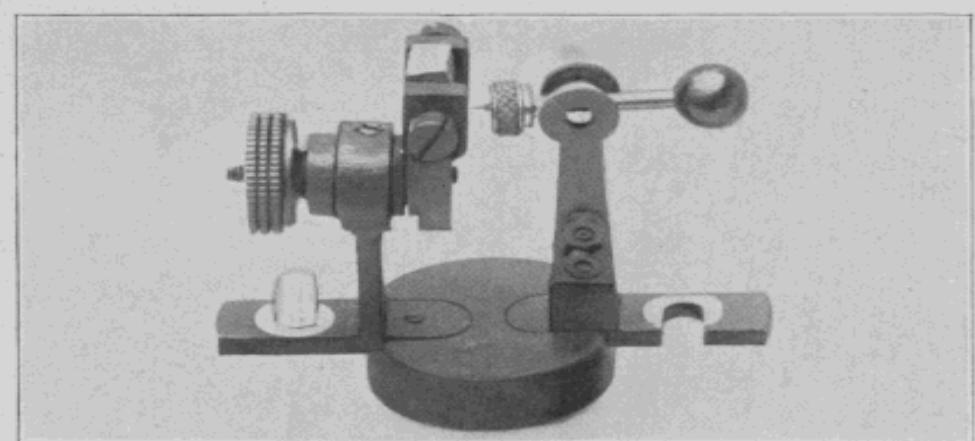
(Cl. Société Fse Radioélectrique.)



LES DÉTECTEURS

Détecteur à cristaux. Modèle horizontal.

(Cl. Ducretet et Roger.)



LES DÉTECTEURS

Détecteur à cristal. Modèle vertical.

(Cl. Société Fse Radioélectrique.)

La Télégraphie sans fil.

Pl. 16. Page 56.

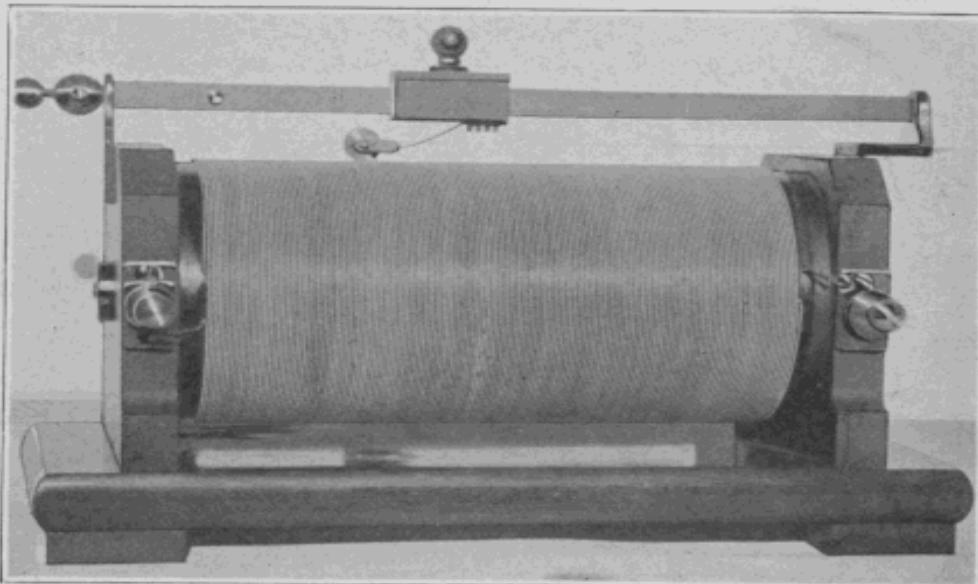




UN APPAREIL RÉCEPTEUR PORTATIF

On voit à droite les piles, à gauche la manette de réglage, le détecteur et le téléphone.

(Cl. Ducretet et Roger.)



BOBINE D'ACCORD

Le curseur mobile se déplace le long de la règle supérieure.

(Cl. Ducretet et Roger.)

La Télégraphie sans fil.

Pl. 17. Page 57.

RÉCEPTION DES DÉPÈCHES

acidulée avec de l'acide sulfurique, dans la proportion de 1/10 d'acide et de 9/10 d'eau (fig. 21). A travers le bouchon qui ferme ce petit vase passent deux pièces qui sont les « pôles » du détecteur : l'une est une lame de plomb, l'autre un tube de verre, terminé en pointe, et dans lequel est soudé un fil de platine d'un centième de millimètre de diamètre, qui vient affleurer la surface extérieure de la pointe de verre, comme le montre le détail de la figure 20, où l'on voit aussi le mercure qui remplit celui-ci et qui permet de mettre en contact le fil de platine affleurant avec l'un des pôles d'une pile.

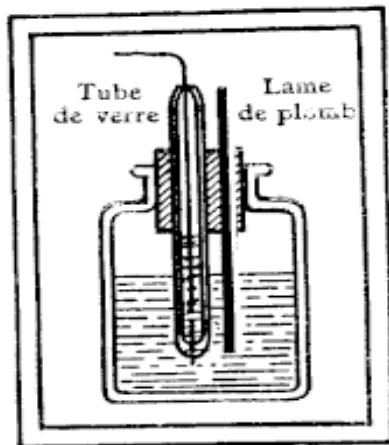
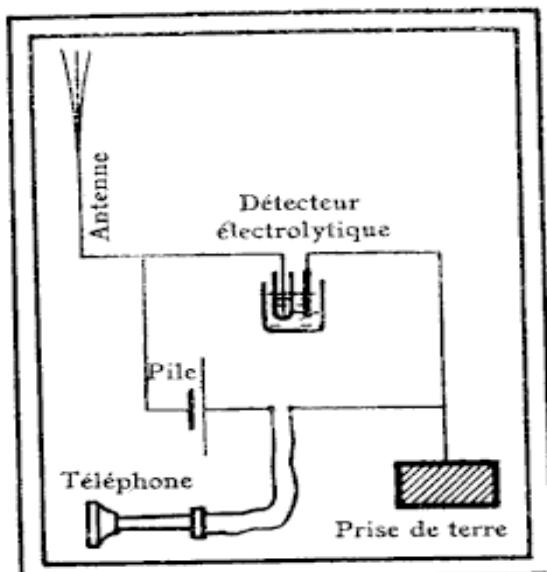


Fig. 20. — Principe du détecteur électrolytique.

Fig. 21. — Montage d'un poste avec détecteur électrolytique.



Tel est ce détecteur, tellement simple que tout le monde peut, à la rigueur, le construire soi-même. Je conseillerai cependant à tous ceux qui voudront installer chez eux un poste de réception d'acheter tout fait un de ces détecteurs dont le prix n'est que de quelques francs : on s'évitera ainsi des tâtonnements et des mécomptes provenant du défaut d'expérience acquise.

Pour installer le détecteur électrolytique, il suffit de prendre une pile électrique et un téléphone, et de mettre

LA TÉLÉGRAPHIE SANS FIL

en circuit ces deux appareils avec le détecteur, comme l'indique la figure 21. La pile sera très bien composée avec deux éléments de piles Leclanché, de ceux qu'on emploie pour actionner les sonnettes électriques d'appartement, ou encore deux éléments de *piles sèches* analogues à ceux qui servent à actionner les lampes électriques de poche que l'on allume en pressant un bouton.

Dans ces conditions, le courant de la pile tend à décomposer l'eau du détecteur, et une petite bulle gazeuse, microscopique, se forme autour de la pointe de platine. Cette bulle empêche le passage du courant, et l'on n'entend dans le téléphone qu'un bruit à peine perceptible. Mais, dès qu'une onde électrique vient à rencontrer le système, celui-ci devient conducteur ; le courant passe, et l'on entend un bruit dans le téléphone, bruit prolongé si l'émission des ondes a été longue, bruit bref si celle-ci a été courte. On a donc ainsi la combinaison de signaux longs et brefs analogues aux traits et aux points de l'alphabet Morse.

Un perfectionnement vient même d'être apporté à ce détecteur déjà si parfait : un ingénieur français, M. Jégou, vient de construire

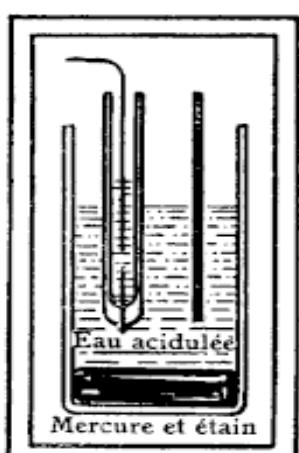


Fig. 22. — Principe du détecteur Jégou (sans pile).

un détecteur électrolytique qui peut fonctionner « sans pile » ; à cet effet, il remplace l'électrode en plomb par du mercure, mis dans le fond du vase, et dans lequel on a fait dissoudre de l'étain : cette dissolution constitue ce qu'on appelle un « amalgame » d'étain ; le tube de verre à pointe de platine est le même que dans le détecteur Ferrié. Dans ces conditions, plus n'est

besoin de faire intervenir une pile extérieure ; l'appareil se suffit à lui-même. Monté en circuit avec un téléphone (fig. 22), il ne fait, en temps ordinaire, entendre dans celui-ci qu'un son insignifiant ; mais,

dès qu'une onde vient de rencontrer l'appareil, un

RÉCEPTION DES DÉPÈCHES

bruit long ou bref, suivant les cas, retentit dans le téléphone.

DÉTECTEURS A CRISTAUX. Il est une autre manière de réaliser un détecteur « sans pile » : c'est d'avoir un « contact imparfait » entre une pointe métallique et un cristal. Depuis 1905, où cette disposition a été imaginée, on en a varié le modèle à l'infini : l'un des meilleurs « détecteurs à cristaux » est celui du capitaine du génie Brenot ; il est formé d'un cristal de *carborundum* enchassé dans de l'étain, et sur une arête duquel vient légèrement s'appuyer un fil de platine. Par suite d'un phénomène encore quelque peu mystérieux et inexpliqué, cet appareil fonctionne *sans pile*, et transmet directement au téléphone l'énergie apportée par les ondes. Le montage en est donné par la figure 23. On remplace souvent le carborundum par de la galène ou sulfure de plomb.

Le professeur Branly a lui-même indiqué un dispositif d'une grande sensibilité qu'il a désigné sous le nom de *trépied-disque* ; c'est une petite table ronde à trois pieds ; la table est grande comme une pièce de 50 centimes ; ses trois pieds ont quelques millimètres et se terminent par trois pointes en tellurure d'or qui reposent sur un petit disque d'argent poli : cela constitue un des meilleurs détecteurs d'onde à contact imparfait.

D'une façon générale, aujourd'hui, les détecteurs employés en service courant sont le détecteur électrolytique et le détecteur à cristaux. Chacun d'eux a ses avantages et ses inconvénients. Le détecteur à cristaux est d'une extrême sensibilité, bien supérieure à celle du détecteur électroly-

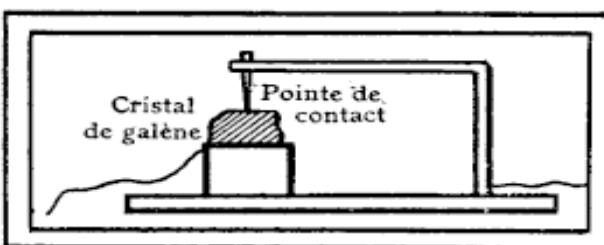


Fig. 23. -- Principe du détecteur à cristaux.

LA TÉLÉGRAPHIE SANS FIL

tique. Mais il a l'inconvénient de se dérégler avec facilité : un choc brusque sur la table qui le supporte, le moindre frottement de sa tige de platine, un déplacement même de la position de celle-ci par rapport au cristal de carborundum ou de galène suffisent à rendre le détecteur inerte, et il faut le régler à nouveau en « cherchant le meilleur point ».

Le détecteur électrolytique est un peu moins sensible, il est vrai, mais, en revanche, il est d'un fonctionnement absolument sûr. Aussi, dans les postes bien installés, dispose-t-on souvent de deux détecteurs que l'on peut mettre en service à volonté : l'un à cristaux, l'autre électrolytique. De cette façon, on utilise la grande sensibilité du premier et l'on a toujours le second à sa disposition au cas de dérèglement. En outre, dans ce cas, le détecteur électrolytique, fonctionnant toujours, peut servir à régler son collègue.

LE TÉLÉPHONE ET L'ANTENNE. LA PRISE DE TERRE.

Pour compléter l'installation qui va nous permettre de recevoir « à courte distance » (une dizaine de kilomètres de la Tour Eiffel, par exemple), il nous faut un téléphone et une antenne.

Comme téléphone, pour la réception à courte distance, nous pouvons prendre un de nos téléphones d'appartement, au cas où nous construisons notre poste nous-mêmes. Mais si, comme je le conseille pour éviter les insuccès, on se procure un poste de réception tout prêt, ce poste contient toujours un téléphone. On trouve aujourd'hui à se procurer de tels postes tout complets pour une vingtaine de francs chez tous les marchands d'articles d'électricité. Il n'y a plus alors qu'à s'occuper de l'antenne, qu'il faut installer soi-même, et de réaliser entre cette antenne, le poste et la terre, les communications nécessaires à l'aide de fils conducteurs.

Si nous sommes à Paris ou dans la banlieue, n'importe quel corps conducteur isolé du sol peut servir d'antenne, un balcon en fer, un lit métallique en constituent de très suffi-

RÉCEPTION DES DÉPÈCHES

sants. A défaut de cela, on peut tendre un fil de cuivre nu dans un grenier, et il suffira que ce fil ait quelques mètres de longueur : les ondes traversent les murailles, vitres et toitures et l'antenne rudimentaire ainsi réalisée les captera aussi bien à l'intérieur de la maison qu'au dehors.

Le poste entier est alors monté conformément aux indications de la figure 24, où nous supposons qu'on fasse usage d'un détecteur électrolytique avec un téléphone et une pile de deux éléments.

L'antenne sera mise, par un fil métallique (un fil servant à la pose des sonneries électriques, par exemple) en communication avec celui des pôles du détecteur qui correspond au tube de verre contenant le fil de platine ; *du même pôle*, un autre fil ira à la pile ; l'autre pôle de la pile sera relié à l'un des fils du téléphone, dont le second pôle ira à la lame de plomb du détecteur électrolytique.

Enfin, il faut assurer la communication de celui-ci avec la terre ; à cet effet, on reliera la lame de plomb du détecteur, par un fil de cuivre, à un robinet d'eau ou de gaz qui, communiquant ainsi avec le sol par toute l'étendue de la canalisation dont il fait partie, constitue la meilleure « prise de terre » que l'on puisse imaginer.

Si nous sommes tout à fait soigneux, nous ajouterons quelque part, entre la pile et le détecteur, un *interrupteur à manette* pour ne pas laisser la pile s'épuiser inutilement en débitant son courant dans le circuit.

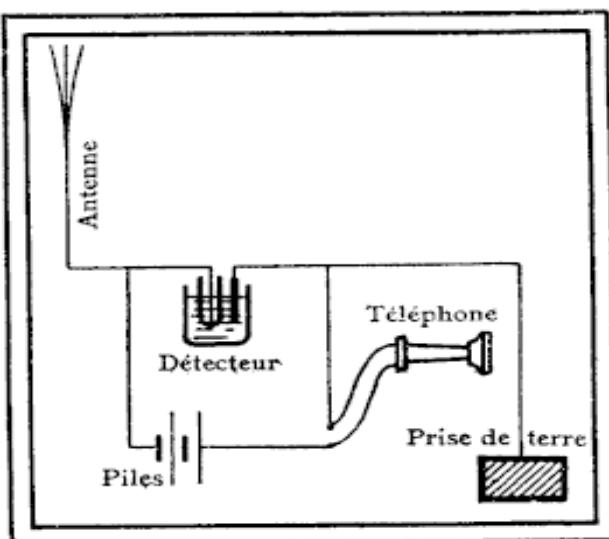


Fig. 24. — Installation d'un poste de réception à courte distance.

LA TÉLÉGRAPHIE SANS FIL

Et maintenant nous voilà installés : nous pouvons être indiscrets, mettre le téléphone à l'oreille et écouter ce qu'il va nous dire.

L'ALPHABET MORSE. LES DÉPÈCHES MÉTÉOROLOGIQUES. Mais, au lieu d'entendre des paroles, nous n'entendons que des bruits, les uns brefs, les autres plus longs : c'est que les communications de T. S. F. ne se font qu'à l'aide de l'alphabet télégraphique imaginé par Samuel Morse au début de la télégraphie électrique, alphabet où les lettres, les chiffres et les signes de ponctuation sont exprimés par des combinaisons de traits et de points. Il est donc indispensable que nous sachions lire cet alphabet, et il faut tout d'abord nous familiariser avec lui. Le tableau de la page 63 donne l'alphabet Morse, ainsi que tous les signes de ponctuation et les signaux dits « de service ». On arrive très vite, avec un peu d'attention, à lire cet alphabet aussi facilement que le nôtre.

Les communications radiotélégraphiques lancées par la Tour Eiffel sont de deux sortes : les *avertissements météorologiques*, transmis à onze heures du matin, et les *dépêches de service*, dont beaucoup sont chiffrées, c'est-à-dire en langage secret et, par conséquent, incompréhensibles pour celui qui les recueille au passage. Les télegrammes météorologiques sont destinés à être reçus par tous les intéressés, dans tous les points du territoire, et beaucoup de ces intéressés ne sont pas télégraphistes de profession. Aussi ces dépêches météorologiques sont-elles manipulées assez lentement. Ce seront les plus faciles et les plus utiles à recevoir ; si l'on est assez exercé, on les « lit » à mesure qu'on entend les bruits longs et brefs ; sinon, le crayon à la main, on transcrit traits et points sur un papier et, la dépêche terminée, on la « traduit » à l'aide de l'alphabet Morse.

Toutes les indications météorologiques sont données en chiffres. Ces indications sont : la pression atmosphérique, la direction et la vitesse du vent, l'état du ciel et l'état de la mer, pour les stations dont les initiales précèdent le chiffre.

RÉCEPTION DES DÉPÈCHES

LETTRES		CHIFFRES	
		1..... - - -
A.....	- -	2.....	- - - -
À, Â	- - -	3.....	- - -
B.....	- - -	4.....	- - -
C.....	- - - .	5.....	- - -
Ch.....	- - - -	6.....	- - -
D.....	- - -	7.....	- - -
E.....	-	8.....	- - -
É, È, Ê	- - - -	9.....	- - -
F.....	- - -	Zéro.....	- - - -
G.....	- - -	(ou plus souvent : - -)	
H.....	- - -	PONCTUATION	
I.....	- -	Point (*).....	- - -
Î, Ï	- - -	Virgule.....	- - -
J.....	- - - -	Deux points.....	- - -
K.....	- - -	Point et Virgule.....	- - -
L.....	- - -	Interrogation...	- - -
M.....	- -	Exclamation...	- - -
N.....	- -	Trait d'Union...	- - -
N (Gn)	- - - -	Guillemets...	- - -
O.....	- - -	Parenthèses...	- - -
Ó, Ô	- - - -	Apostrophe...	- - -
P.....	- - -	(*) Le point est souvent remplacé par (i) ...	
Q.....	- - -	INDICATIONS de SERVICE	
R.....	- - -	Appel.....	- - - -
S.....	- - -	Attente	- - -
T.....	-	Séparation	- - -
U.....	- - -	A la ligne (**	- - -
Ó	- - - -	Souligné	- - -
V.....	- - -	Barre de Fraction	- - - - -
W.....	- - -	Compris	- - -
X.....	- - -	Erreur	- - - -
Y.....	- - -	Fin du texte	- - -
Z.....	- - -	Émission terminée	- - -
		(**) Est le plus souvent remplacé par "Séparation".	

ALPHABET MORSE

Inventé par Samuel Morse, physicien américain.

(63)

LA TÉLÉGRAPHIE SANS FIL

Le message commence par les trois lettres BCM, initiales des mots *Bureau central météorologique*. Voici un type de télégramme qu'il faut s'habituer à recevoir, car, sauf la valeur des nombres, c'est le même tous les jours.

BCM — R. 4710664 — V. 54308555 — O. 44212225 — CO — HO. 51006555 — SP. 5420854 — Dépression s'avance vers Europe — R. 4710664 — V. 5430855 — O. 44212225 — CO — HO. 51006555 — SP. 5420854 — Dépression s'avance vers Europe.

Expliquons ces hiéroglyphes, qui vont devenir très simples.

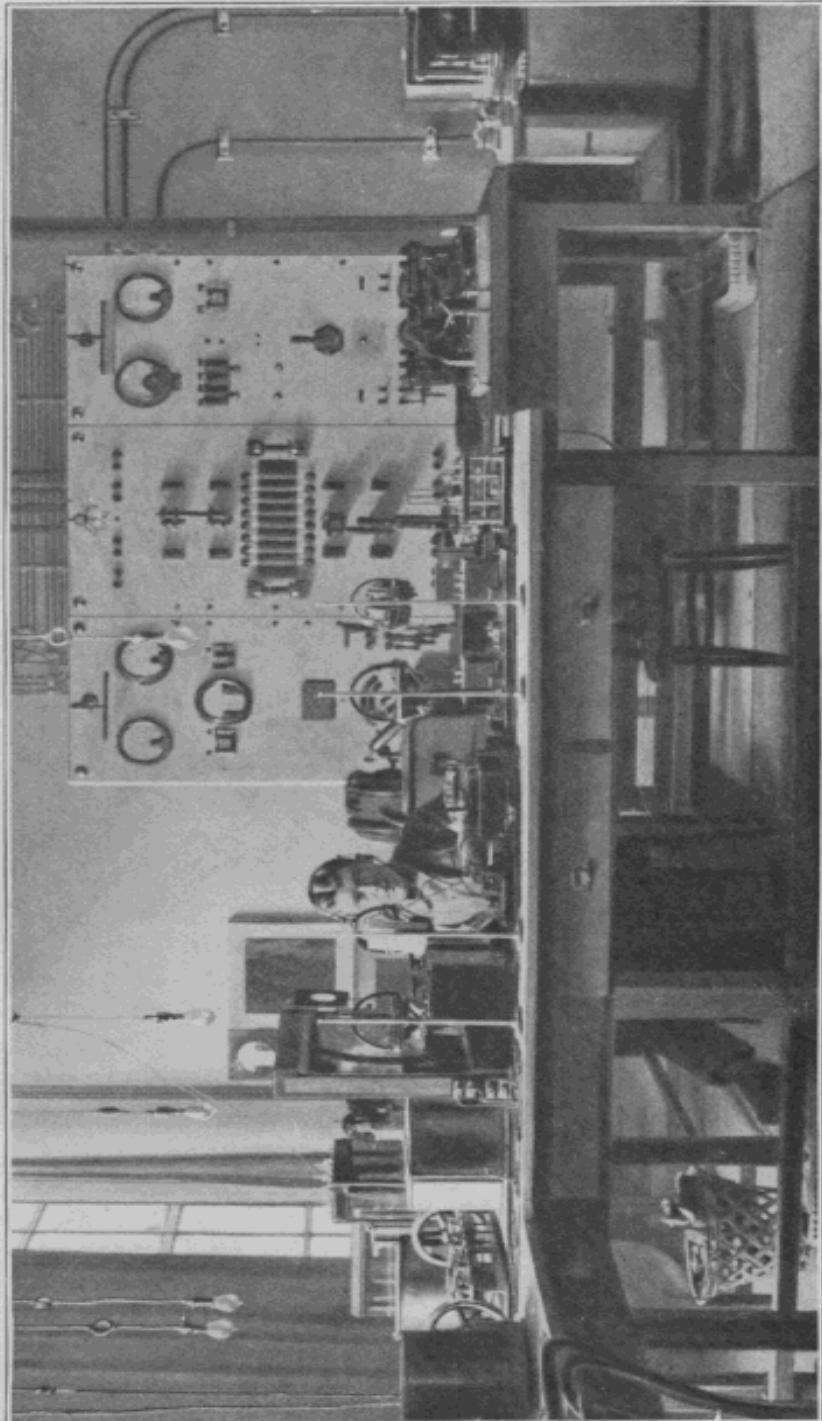
Tout d'abord, à la suite des lettres BCM, qui annoncent que le télégramme est envoyé par le Bureau central météorologique, nous voyons une lettre R, suivie d'un nombre de 7 chiffres ; puis une lettre V, suivie de 8 chiffres, etc. Chacune de ces lettres est l'initiale d'une des stations météorologiques pour laquelle on signale l'état de l'atmosphère. Voici les initiales :

R.	= Reykjavick (Islande).
V.	= Valentia (Irlande).
O.	= Ouessant (France).
CO.	= La Corogne (Espagne).
HO.	= La Horta (Açores).
SP.	= Saint-Pierre (Saint-Pierre et Miquelon).

Sauf pour Reykjavick et Saint-Pierre, qui ne comportent que sept chiffres, les autres nombres sont tous formés de huit chiffres.

Les trois premiers chiffres donnent la hauteur barométrique en *dixièmes de millimètre* : seulement, on en a supprimé le chiffre 7, qui se trouve forcément en tête et qu'il n'est pas besoin de transmettre, puisqu'on sait que c'est par lui que débute le nombre qui donne la pression. Il faut donc le rétablir dans la lecture du télégramme : les trois premiers chiffres étant 471, il faut donc lire : Reykjavick, pression atmosphérique 747 mm. 1. Voilà pour le baromètre.

La direction du vent est donnée par le quatrième et le cinquième chiffre d'après la table suivante :



La Télégraphie sans fil.

Pl. 18. Page 64.

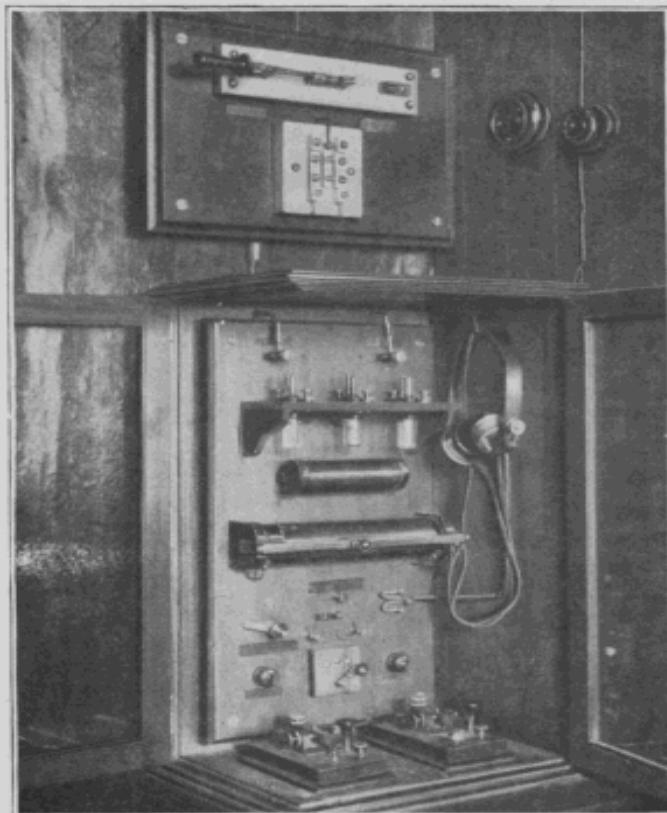
POSTE RECEPTEUR DE LA TOUR EIFFEL

Le télégraphiste est coiffé du casque téléphonique et reçoit un message. Au mur, les appareils de mesure des courants employés. Sur la table du fond, les appareils d'expédition.

(Cl. Véroscope Richard.)



INSTALLATION DE T. S. F. CHEZ UN PARTICULIER
Disposition de l'antenne sur la maison.



INSTALLATION DE T. S. F. CHEZ UN PARTICULIER
Le poste intérieur.
(Clichés Biolette, communiqués par M. Augis, de Lyon.)

La Télégraphie sans fil.

Pl. 19. Page 65.

RECEPTION DES DÉPÈCHES

Direction du vent.

02 = N.NE	18 = S.SW
04 = NE	20 = SW
06 = E.NE	22 = W.SW
08 = E	24 = W
10 = E.SE	26 = W.NW
12 = SE	28 = NW
14 = S.SE	30 = N.NW
16 = S	32 = N

L'initiale W désigne toujours l'*Ouest (West)* dans la dépêche.

D'après ce tableau, si nous continuons à lire les indication pour Reykjavick, nous trouvons, après les trois premiers chiffres, les deux suivants: 06. Cela veut dire que dans cette station le vent souffle de la direction Est-Nord-Est.

Vient ensuite le chiffre 6, qui indique l'*intensité du vent*, d'après l'échelle suivante :

Intensité du vent.

0 = Calme	(vitesse de 0 à 1 mètre par seconde)
1 = A peu près calme	— 1 à 2 —
2 = Légère brise	— 2 à 4 —
3 = Petite brise	— 4 à 6 —
4 = Jolie brise	— 6 à 8 —
5 = Bonne brise	— 8 à 10 —
6 = Frais	— 10 à 12 —
7 = Grand frais	— 12 à 14 —
8 = Fort coup de vent	— 14 à 16 —
9 = Tempête	(au-dessus de 16 —)

Le chiffre 6 signifie donc qu'à Reykjavick le vent souffle « frais » à la vitesse de 10 à 12 mètres par seconde.

Le chiffre 4 signifie que le ciel est couvert, d'après l'échelle suivante :

État du ciel.

0 = Beau.	5 = Pluie.
1 = Peu nuageux.	6 = Neige.
2 = Nuageux.	7 = Brume.
3 = Très nuageux.	8 = Brouillard.
4 = Couvert.	9 = Orage.

LA TÉLÉGRAPHIE SANS FIL

Ainsi, nous savons qu'à Reykjavick le baromètre marque 747 mm. 1, que le vent y est Est-Nord-Est., qu'il souffle frais, que le ciel est couvert.

Pour les autres stations, on interprétera le chiffre de la même manière, sauf qu'il y en aura un de plus. Ce huitième chiffre donne l'état de la mer d'après l'échelle suivante :

État de la mer.

0 = Calme plat.	5 = Houleuse.
1 = Très belle.	6 = Très houleuse.
2 = Belle.	7 = Grosse.
3 = Un peu agitée.	8 = Très grosse.
4 = Agitée.	9 = Démontée.

On voit que le chiffre 5, qui termine presque tous les chiffres correspondant aux diverses stations qui sont toutes situées dans l'Atlantique, y indique une mer généralement houleuse.

Et alors le télégramme se traduit ainsi :

BUREAU CENTRAL MÉTÉOROLOGIQUE. — *Reykjavick* : Pression 747,1; vent d'Est-Nord-Est; vent frais; temps couvert. — *Valentia* : Pression 754,3; vent d'Est soufflant en bonne brise; pluie; mer houleuse. — *Ouessant* : pression 744,2; vent de Sud-Est; légère brise; ciel nuageux; mer belle. — *La Corogne* (pas d'observation). — *Horta* : pression 751,0; vent d'Est-Nord-Est; bonne brise; pluie; mer houleuse. — *Saint-Pierre* : pression 754,2; vent d'Est; bonne brise; temps couvert. Une dépression s'avance vers l'Europe.

Le télégramme est ensuite répété une seconde fois pour éviter les erreurs de chiffres.

N'est-ce pas vraiment merveilleux de pouvoir recevoir chez soi, devant sa table de travail, toutes fenêtres fermées, les nouvelles météorologiques qui permettent, si l'on est un peu sagace, de se faire une idée du temps qu'il fera le lendemain ?

Aussitôt après ces indications relatives à l'état du temps dans ces six stations principales, on donne l'état du temps,

RÉCEPTION DES DÉPÈCHES

par les mêmes signes conventionnels, pour les stations suivantes dont voici la liste et l'abréviation alphabétique (le huitième chiffre, donnant l'état de la mer, est supprimé pour les stations continentales) :

<i>Paris.</i>	<i>Paris.</i>	<i>SY.</i>	<i>Stornoway (Écosse).</i>
<i>CF.</i>	<i>Clermont-Ferrand.</i>	<i>SH.</i>	<i>Shields (Angleterre).</i>
<i>BI.</i>	<i>Biarritz.</i>	<i>HE.</i>	<i>Elder (Pays-Bas).</i>
<i>M.</i>	<i>Marseille.</i>	<i>SK.</i>	<i>Skudeness (Norvège).</i>
<i>N.</i>	<i>Nice.</i>	<i>ST.</i>	<i>Stockholm (Suède).</i>
<i>A.</i>	<i>Alger.</i>	<i>T.</i>	<i>Trieste.</i>
<i>P.</i>	<i>Prague.</i>	<i>R.</i>	<i>Rome.</i>

Enfin, on envoie, *en mots ordinaires* et non en chiffres, des «prévisions générales» pour le temps probable qu'il fera en France; puis on envoie les deux lettres FL (Eiffel, Tour Eiffel) [pour indiquer que les chiffres qui suivent se rapportent à l'état du vent (direction et intensité) à la hauteur de la troisième plate-forme de la tour, c'est-à-dire à 300 mètres au-dessus du sol de Paris; après quoi on donne la direction et la vitesse probable du vent pour la soirée.

Le soir à cinq heures on envoie les observations faites à deux heures de l'après-midi dans les stations suivantes : Brest (BR), Paris, Biarritz (BI), Nice (N), Valentia (V), Skudeness (S), Rome (R), La Corogne (CO).

Les télégrammes se terminent, comme ceux du matin, par des prévisions en mots ordinaires et non chiffrés, par la direction et la vitesse du vent au sommet de la tour et par le vent probable pour le lendemain matin.

Ces télégrammes, comme ceux du matin, sont répétés deux fois, la seconde beaucoup plus lentement.

LE RÉGLAGE DES SIGNAUX HORAIRES. ☠ ☠ La T.S.F. nous donne le moyen de mettre, chaque jour, notre montre à l'heure. La *Conférence internationale de l'heure*, réunie à Paris en 1913, a, en effet, réglé d'une façon complète l'envoi des signaux par l'intermédiaire des ondes électriques, et, à l'unanimité, il a été décidé que la Tour Eiffel serait le centre d'émission mondiale de l'heure.

LA TÉLÉGRAPHIE SANS FIL

Dans le système des « fuseaux horaires », l'heure, en passant d'un fuseau à l'autre, varie d'une heure exactement, c'est-à-dire que l'on déplace d'une heure la petite aiguille de sa montre, mais la grande aiguille doit toujours indiquer le même nombre de minutes. Autrement dit, les subdivisions de l'heure sont indépendantes du numéro du fuseau dans lequel on se trouve.

Disons tout de suite que la précision avec laquelle la Tour Eiffel transmet *l'heure universelle* est de l'ordre du cinquantième de seconde ; elle est indépendante de la nervosité de celui qui serait chargé d'envoyer le signal, car le signal est envoyé automatiquement, par l'horloge même de l'Observatoire de Paris, grâce à un remarquable dispositif imaginé par M. Belin.

Cet envoi se fait deux fois par jour, à minuit et à dix heures du matin. Nous verrons, en étudiant la réception à longue distance, que d'autres stations envoient également des signaux horaires de longue portée. La Conférence de l'heure a jugé désirable que, en un point quelconque de la terre, on pût recevoir en vingt-quatre heures au moins deux signaux d'heure, l'un de jour et l'autre de nuit, avec un maximum de signaux perceptibles égal à 4.

Dans la région de Paris, avec un poste de réception à courte distance comme celui dont nous venons de décrire l'installation, la réception des signaux horaires aura donc lieu à *dix heures* et à *minuit*. La planche 18 indique suivant quel rythme sont donnés ces signaux. Remarquons de suite que *l'heure exacte*, donnée à la fin de la cinquante-neuvième seconde ou, ce qui revient au même, au commencement de la soixantième, est toujours indiquée par la fin d'un signal de cinq secondes, fait par *trois traits* (*signaux longs*, durant une seconde) séparés l'un de l'autre par un intervalle d'une seconde.

On remarque aisément que, de 9 h. 57 m. à 9 h. 57 m. 50 s., on n'entend que des signaux dits *d'avertissement*, envoyés à *la main* et réglés par le rythme suivant :

— — — — — — — — — — — — — — — etc....

(68)



UNE RÉCEPTION IMPROVISÉE
La bicyclette porte une tige qui sert d'antenne.

La Télégraphie sans fil.

Pl. 20. Page 68.

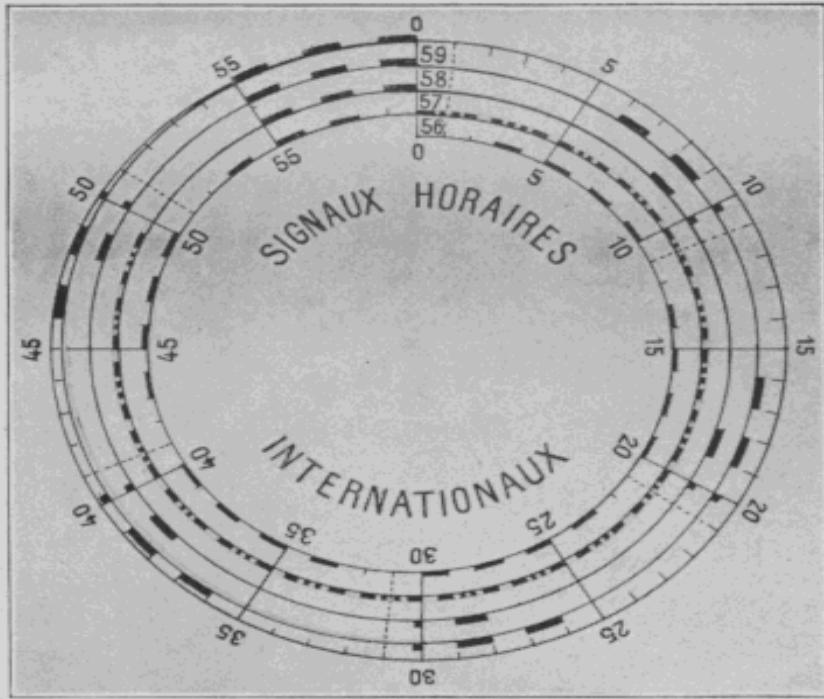
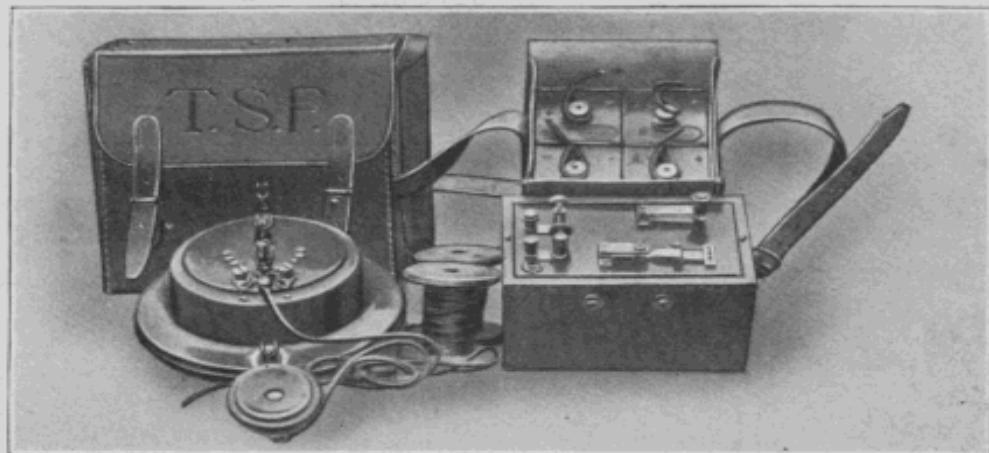


SCHÉMA DE L'ENVOI DES SIGNAUX HORAIRES

Pendant les 4 dernières minutes qui précèdent l'heure d'émission.



POSTE PORTATIF POUR BOY-SCOUTS

A gauche les bobines de réglage, à droite le détecteur et les piles.

(Cl. de la Société Fse Radioélectrique.)

La Télégraphie sans fil.

Pl. 21. Page 69.

RÉCEPTION DES DÉPÈCHES

Ces signaux cessent à 9 h. 57 m. 50 s.; silence de cinq secondes, et *trois traits* d'une seconde chacun; la fin du dernier trait indique qu'il est exactement 9 h. 58 m. 0 s.

Il y a ensuite un silence de huit secondes, après lequel commencent les signaux de la cinquante-huitième minute, dont voici le rythme :

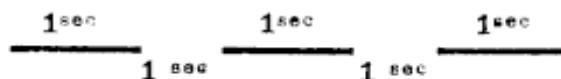
— — (8 secondes) — — (8 secondes) — — etc...

jusqu'à 9 h. 58 m. 50 s.; silence de cinq secondes, et *trois traits* d'une seconde chacun; la fin du dernier trait annonce qu'il est exactement 9 h. 59 m. 0 s.

Enfin commencent les signaux qui doivent donner *l'heure « ronde »*: à 9 h. 59, silence de six secondes; puis viennent les signaux dont chacun dure quatre secondes ainsi rythmés :

— — — (6 secondes) — — — (6 secondes); etc...

L'espace entre deux traits, ou entre un trait et le point, est toujours d'une seconde, et les intervalles entre deux groupes consécutifs, de six secondes. Comme les précédents, les signaux cessent à la cinquantième seconde; à 9 h. 59 m. 55 s., l'horloge envoie les trois derniers traits :



Et c'est la fin du dernier qui nous indique qu'il est exactement 10 heures, si c'est le matin, ou *minuit* si c'est le soir.

Donc, chers lecteurs, ayez chez vous un appareil de T. S. F.: vous pourrez, même le jour, mettre à l'heure vos horloges et vos pendules; cela constitue une petite distraction instructive, et l'on est sûr de ne pas manquer le train, tout au moins du fait de sa montre.

LES RENFORÇATEURS. ☠ ☠ Les personnes qui aiment beaucoup leurs aises, et que le moindre effort à faire

LA TÉLÉGRAPHIE SANS FIL

afflige profondément, ne manquent pas de trouver désagréable l'obligation de tenir un téléphone à l'oreille pour entendre les signaux horaires ou météorologiques de la Tour Eiffel.

C'est pour ceux-là que sont faits les « renforçateurs » qui, à l'aide d'un pavillon de trompette, font entendre les signaux de la Tour « à haute voix », pourrait-on dire, et dans toute une chambre, comme on entend quelqu'un qui parle fort.

Le principe de ces renforçateurs a été indiqué et mis en pratique dès 1900 par le professeur A. Berget : il consiste à mettre en série deux téléphones et deux microphones. Le téléphone récepteur de signaux de la Tour a sa membrane reliée à celle d'un microphone à poussière de charbon : les vibrations se transmettent à cette poussière, la font vibrer aussi, ce qui en modifie la résistance électrique, et ces modifications actionnent aussitôt un second téléphone, le téléphone « signalant ». Coiffons celui-ci d'un pavillon de phonographe ou de cor de chasse : aussitôt on entend les signaux de la Tour, mais on les entend comme on entendrait la voix de quelqu'un ; c'est une sorte de note musicale, qui donne des sons longs ou brefs, et qu'on entend fort bien dans une vaste chambre, sans avoir quoi que ce soit à porter à l'oreille.

L'appareil peut même faire mieux encore : il peut se rendre *enregistreur* ; en effet, la vibration de la membrane du dernier téléphone serait assez intense pour lui donner un déplacement appréciable : si l'on met le doigt contre la membrane, on le sent vibrer mécaniquement, d'une façon très nette. Mettons un *contact* au centre de cette membrane. À chaque vibration ce contact sera rompu, et l'on pourra *inscrire* sur un appareil enregistreur les points envoyés par la Tour.

C'est même pour une inscription de ce genre que le professeur Berget avait construit son appareil : il s'agissait, non pas de transmettre l'heure par T. S. F., mais d'enregistrer les battements des chronomètres ordinaires, sans

RÉCEPTION DES DÉPÈCHES

ouvrir ceux-ci et sans munir leurs pièces d'un organe ou d'un contact supplémentaire. Le microphone, en contact avec la montre, permettrait, grâce au renforçateur, l'inscription des battements sur une feuille de papier.

Nous avons donc tous les moyens de recevoir, de notre mieux, les dépêches de T. S. F.



CHAPITRE VI

LA RÉCEPTION A GRANDE DISTANCE

Nécessité d'une antenne. || Installation de l'antenne. || L'accord du poste récepteur. || Complexité des ondes. || Réception par induction. || Condensateur. || Prise de terre.

NÉCESSITÉ D'UNE ANTENNE. ☠ Nous voici habitués à recevoir chaque jour les signaux de la Tour Eiffel, qui nous renseignent sur le *temps* dans la double acceptation du mot : chronométrique et météorologique. A l'approche de l'été, nous faisons nos préparatifs de départ ; mais sommes-nous obligés de renoncer à mettre notre montre à l'heure sur la pendule de l'Observatoire, comme nous le faisions à Paris ? et la distance ne va-t-elle pas être un obstacle insurmontable au fonctionnement de notre petit poste de réception ?

Non certes, la distance est destinée à être vaincue par la T. S. F. Mais il faut donner à celle-ci les moyens de remporter cette victoire ; il faut, quand la distance augmente, faire croître en même temps la sensibilité de nos appareils récepteurs, et, avant tout, il faut permettre aux ondes de venir les actionner.

Le plus sûr moyen, pour cela, est d'augmenter, tout d'abord, les dimensions de l'antenne. Tant que nous étions aux environs immédiats du poste de la Tour, n'importe quoi pouvait nous servir d'antenne : un balcon de fenêtre, un lit de cuivre, quelquefois même le corps de l'opérateur. Mais, si nous allons un peu loin, si par exemple nous nous trouvons à 100 ou 200 kilomètres de Paris, si nous villégiaturons sur les côtes normandes, à Deauville, à Dieppe ou au Tréport, il nous faut installer une véritable *antenne*.

Plus nous nous éloignons de la Tour, plus notre antenne

(72)

RÉCEPTION A GRANDE DISTANCE

doit être longue. En chiffres ronds, nous pouvons compter sur une moyenne de 10 mètres d'antenne par 100 kilomètres de distance.

En principe, l'antenne doit être constituée par un fil de cuivre ou de bronze, bien isolé à l'une de ses extrémités. On croyait, au début de la T. S. F., que l'antenne devait s'élever dans l'air autant que possible : mais alors il eût été impossible de recevoir les messages de la Tour Eiffel autrement que par une antenne supportée par un cerf-volant, ce qui aurait limité les communications aux journées où le vent souffle assez pour enlever de terre cet « aéroplane captif » ; de plus, comme l'antenne envoie des ondes égales à quatre fois sa longueur, il faudrait pour recevoir le message de la Tour, enlever un cerf-volant avec 625 mètres de fil, la longueur d'onde employée par la Tour, pour les signaux horaires, étant de 2500 mètres.

Mais les procédés d' « accord » nous permettent, heureusement, de nous contenter d'antennes plus modestes. Voyons comment les installer.

INSTALLATION DE L'ANTENNE. ☠ ☠ Nous ne pourrons pas, dans une installation particulière, avoir une antenne de grande hauteur dressée en l'air : il faudra nous contenter des antennes que nous permettra la disposition des lieux que nous habitons.

Supposons une villa quelconque ; sa hauteur est d'un rez-de-chaussée et d'un étage, au-dessus duquel se trouve encore un étage de combles. Il faut donc nous contenter de cette hauteur, qui, en général, ne dépasse pas 12 à 15 mètres en tout.

Tout d'abord on peut installer une antenne horizontale à un seul fil : par exemple, dans un jardin, on installera un fil aussi long que possible, si l'on est loin de la Tour ; moins le fil sera élevé au-dessus du sol, plus il devra être long. Un fil nu de 300 mètres, étendu simplement à terre le long d'une route, à 300 kilomètres de Paris, permet d'entendre très nettement les signaux envoyés par la Tour Eiffel.

LA TÉLÉGRAPHIE SANS FIL

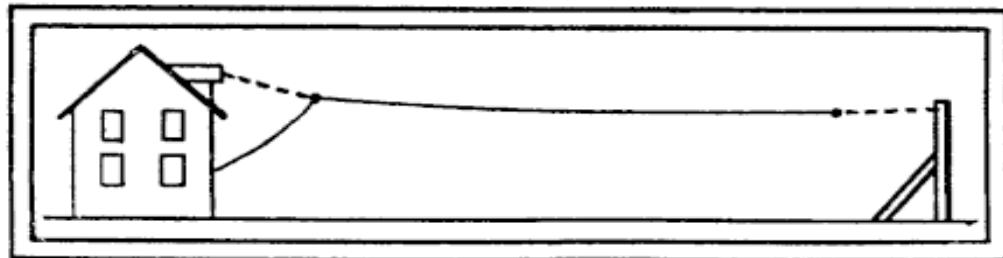


Fig. 25. — Disposition d'une antenne à un seul fil.

Si l'on peut installer le fil *au-dessus* du sol, cela vaut toujours mieux : voici un premier schéma de dispositif d'antenne à un seul fil (fig. 25). Les parties non conductrices y sont figurées en traits pointillés : l'antenne seule est désignée en trait continu. Il est à remarquer que les ondes doivent, autant que possible, arriver du côté relié au poste récepteur : le dispositif doit, en quelque sorte, « tourner le dos » aux ondes.

Si l'on dispose d'une longueur un peu réduite, on améliore la qualité de la réception en constituant une antenne à

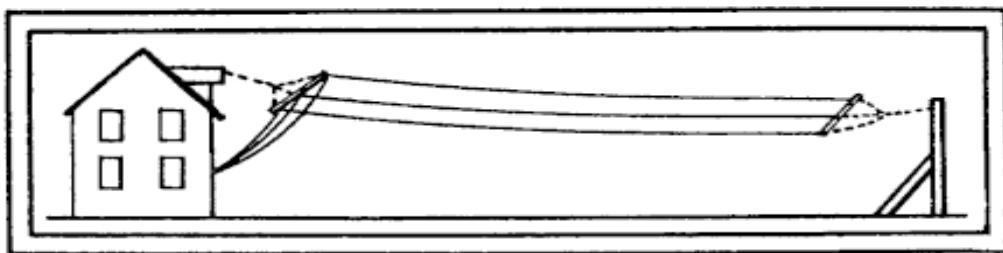


Fig. 26. — Disposition d'une antenne à 3 fils.

plusieurs fils parallèles ou divergents, mais se réunissant en un seul à l'entrée du poste récepteur (fig. 26). En opérant ainsi, on peut, avec des fils longs seulement de 25 à 30 mètres, entendre la Tour Eiffel à une distance de 500 kilomètres.

Enfin, dans le cas où l'on ne disposerait que d'un espace très peu étendu, on peut employer le dispositif d'antenne représenté par le schéma de la figure 27. Une partie aussi large que possible se trouve reliée à un fil horizontal,

RECEPTION A GRANDE DISTANCE

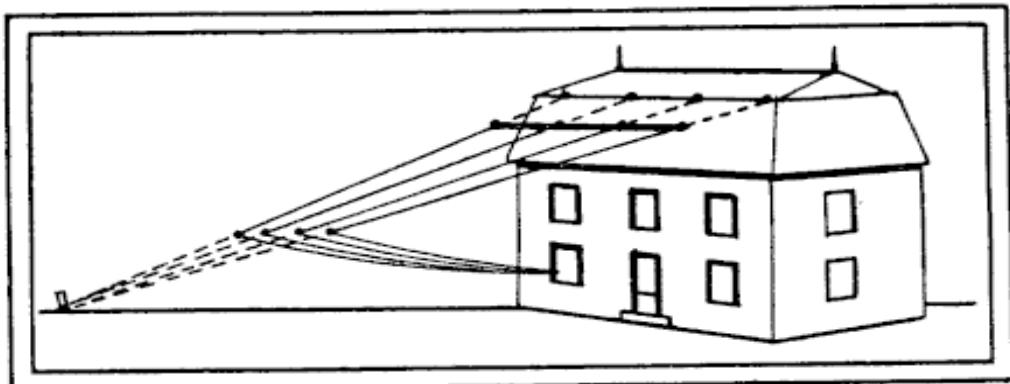


Fig. 27. — Antenne coudée à plusieurs fils.

voisin du faîte de la maison; de ce fil partent six fils ou huit fils, convergents deux à deux et reliés à un support de renvoi, horizontal, et isolé des fils eux-mêmes. Isolée, l'antenne redescend et vient se réunir à un fil unique qui communique avec les appareils de réception. On peut toujours réaliser ce « coude de l'antenne » soit en prenant l'appui nécessaire sur un mur de clôture, soit à l'aide d'un mât de quelques mètres débordant de la maison. Une antenne de ce genre permet de recevoir des messages venant de plus de 600 kilomètres.

L'antenne doit être soigneusement isolée de ses supports : à cet effet on la fixera aux câbles qui la retiennent par l'intermédiaire de poulies en porcelaine, de morceaux d'ébonite ou de morceaux de bois que l'on a fait bouillir dans de la paraffine pour les rendre tout à fait isolants. Les fils seront nus, sauf celui auquel sont réunis tous les autres, et qui pénètre dans l'immeuble à travers la muraille ou à travers une fenêtre : celui-là doit être isolé avec le plus grand soin, et une excellente façon de faire est d'employer de ce fil, à triple ou quadruple enveloppe de caoutchouc, que vendent les marchands d'automobiles pour conduire aux bougies d'allumage le courant induit de la magnéto, qui doit, par sa haute tension, fournir l'étincelle destinée à allumer le mélange dans le cylindre du moteur. Il faut éviter que l'antenne soit placée immédiatement derrière un rideau d'arbres élevés

LA TÉLÉGRAPHIE SANS FIL

qui constituent un *écran* et intercepteraient partiellement les ondes.

Si l'on ne veut pas placer une antenne à l'extérieur, pour une raison quelconque, on peut avoir une antenne intérieure. Si l'on dispose d'un grenier un peu long, de 12 à 15 mètres par exemple, on constituera une excellente antenne en y installant, suspendue par des fils de soie ou de poulies de porcelaine, une bande de ce treillage de fil de fer que l'on vend pour servir de clôture. Une bande de tel treillis, de 12 mètres de longueur et de 1 mètre de large, permet d'entendre distinctement les signaux de la Tour Eiffel à 400 kilomètres de Paris.

Et, en terminant ce qui concerne l'antenne, remarquons que nous installons ici un poste de *réception* et non d'*émission* : les conditions auxquelles l'antenne doit satisfaire dans les deux cas sont toutes différentes ; l'antenne *émettrice* peut très bien recevoir, mais l'antenne *réceptrice* peut recevoir sans pour cela pouvoir émettre des signaux de la même intensité que ceux qu'elle reçoit. Nous reviendrons d'ailleurs sur ce point en parlant de l'émission des ondes et en particulier les ondes émises par les postes de grande puissance.

A bord d'un navire, d'un yacht par exemple, on se trouve tout naturellement porté à utiliser la mâture même du bateau qui, par son élévation, constitue un porte-antenne très remarquable. Si l'on fait une croisière dans la Manche ou sur les côtes de Bretagne, on n'est jamais à plus de 450 ou 500 kilomètres de la Tour ; on pourra donc prendre une antenne à deux fils, de 20 à 30 mètres de long : on aura d'excellentes réceptions. Les photographies ci-jointes représentent les antennes de nos cuirassés d'escadre : c'est avec des antennes de ce genre que l'on reçoit, au Maroc, les messages rayonnés par les ondes de la Tour Eiffel.

L'ACCORD DU POSTE RÉCEPTEUR. ☙ ☙ Nous voici donc munis d'une antenne et du système récepteur ; comme nous sommes à une distance déjà importante de la station

RÉCEPTION A GRANDE DISTANCE

centrale, et que la distance affaiblit l'intensité de la réception, nous aurons soin, d'abord, d'augmenter la sensibilité de nos récepteurs téléphoniques, en prenant ceux-ci munis de bobines à grande résistance, comme les modèles *Sullivan* ou *Ducrételet*, qui sont excellents.

Mais, malgré cela, nous n'entendrions pour ainsi dire rien dans nos téléphones ; c'est que, en effet, l'antenne de la Tour envoie une longueur d'ondes de 2 500 mètres, et qu'il nous faudrait une antenne de même longueur pour recevoir les signaux avec le maximum de netteté. Or notre antenne n'a que quelques mètres, quelques dizaines de mètres tout au plus.

Cependant nous allons pouvoir nous tirer d'affaire en employant un artifice bien simple. Notre antenne est trop courte : eh bien ! nous allons l'allonger, mais l'allonger à l'intérieur même du poste récepteur, en lui adjoignant une longueur de fil supplémentaire, empruntée à une bobine sur laquelle un fil conducteur, soigneusement isolé, fait un nombre de tours considérable.

Nous prendrons donc une bobine de fil isolé, formée d'un noyau de carton ou de caoutchouc durci, de 10 à 12 centimètres de diamètre, sur laquelle est enroulé le fil en spires se touchant les unes les autres. On relie les deux extrémités du fil à deux « bornes » de cuivre, qui permettent, par des vis de serrage, d'y fixer les fils conducteurs destinés à relier la bobine aux autres parties de l'installation. De plus, le long de la bobine, suivant une génératrice du cylindre, on a mis à nu le fil métallique lui-même suivant une ligne droite, et le long de l'arête métallique ainsi formée glisse un curseur à ressort qui permet de mettre en contact un fil avec une spire quelconque de la bobine. La longueur totale de fil enroulé est de 150 à 200 mètres.

Dans ces conditions, voici comment on organise le poste (fig. 28) :

L'antenne, installée comme nous l'avons dit, arrive dans la chambre des appareils et communique métalliquement

LA TÉLÉGRAPHIE SANS FIL

avec une extrémité de la bobine d'accord ; de cette extrémité, un fil métallique va au détecteur électrolytique, puis

aux récepteurs téléphoniques, et de là à la pile, après quoi un dernier conducteur sur lequel est placé un interrupteur va au contact mobile qui correspond au curseur de la bobine ; celui-ci est, d'ailleurs, relié à la terre par un fil de cuivre, avec les conduits d'eau ou de gaz.

Quand on reçoit un télégramme avec cet appareil, on déplace graduellement le curseur de la bobine jusqu'à ce qu'on entende, dans le té-

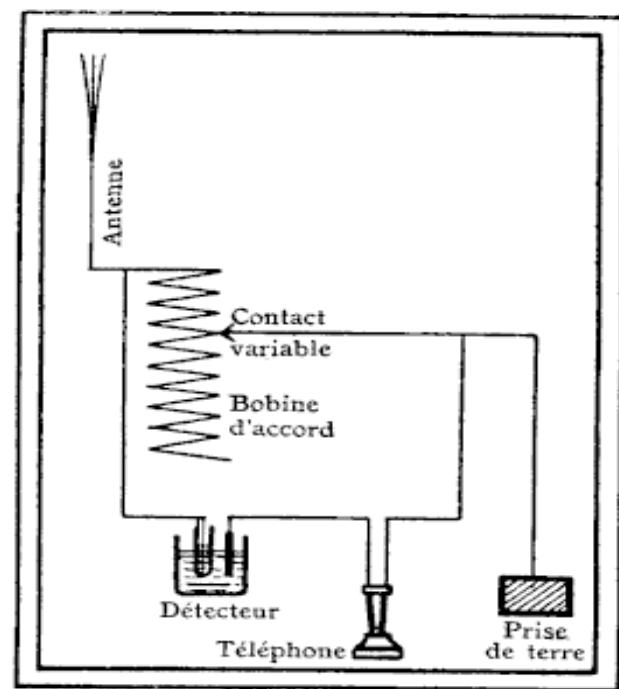


Fig. 28. — Montage en dérivation.

léphone, le son le plus intense. Quand le son commence à décroître, on a dépassé la position de réception la meilleure ; on revient un peu en arrière, et l'on arrive ainsi, par tâtonnements, à trouver le meilleur endroit du contact du curseur et de la bobine, pour être d'accord avec l'onde qui arrive.

Il faut remarquer que la longueur de fil de la bobine qu'il est nécessaire d'introduire ainsi sera réduite à cause de l'enroulement de ce fil en bobine. En effet, sous cette forme, chaque spire induit les voisines, et il s'y manifeste le phénomène de self-induction dont nous avons parlé en commençant. On démontre en physique que la longueur d'onde propre d'une antenne est exprimée par une formule dans laquelle intervient le produit de sa capacité par sa self-induction. En augmentant celle-ci, nous augmentons

RÉCEPTION A GRANDE DISTANCE

donc rapidement la longueur d'onde utile de notre antenne.

On peut également effectuer le montage du poste en reliant l'antenne au curseur mobile et en reliant l'autre extrémité de la bobine à la terre et au circuit contenant la pile, les téléphones et le détecteur, comme le montre le schéma de la figure 29. Dans l'un et l'autre cas, la réception devra être suffisamment nette.

Nous le répétons, une antenne horizontale, élevée d'une dizaine de mètres, suffit, à condition qu'on lui donne une longueur d'environ 10 mètres par 100 kilomètres de distance à Paris. Avec une antenne de 50 à 60 mètres de longueur, on peut entendre la Tour Eiffel sur tous les points de la côte de Bretagne.

COMPLEXITÉ DES ONDES. ☙ ☙ Tant qu'on demeure à proximité relative d'un poste puissant d'émission, comme celui de la Tour Eiffel, l'excès d'énergie que nous envoyent les ondes qu'il émet assurera la réception de ses signaux de préférence à tous les autres, provenant de postes plus éloignés. Mais, quand on se trouve à de grandes distances de la Tour Eiffel, il est essentiel d'augmenter, comme nous l'avons vu, la longueur de l'antenne réceptrice, si l'on veut augmenter en même temps, ainsi qu'il est nécessaire, l'intensité de la réception des signaux.

(79)

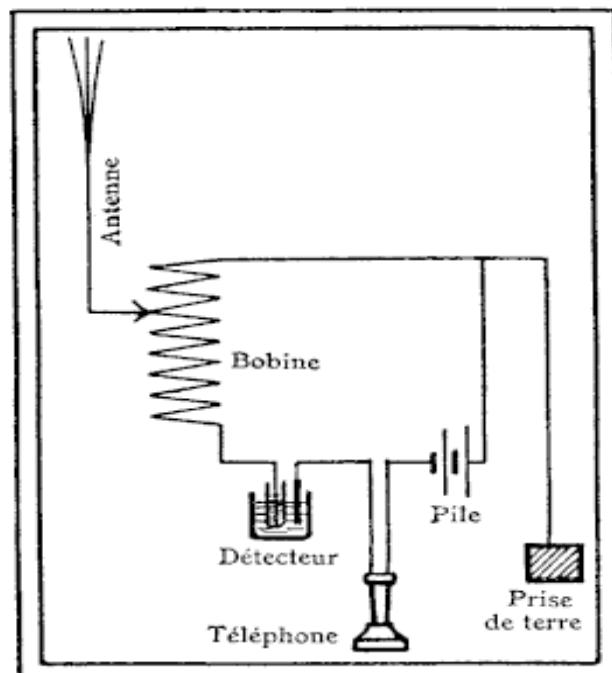


Fig. 29. — Autre forme du montage en dérivation.

LA TÉLÉGRAPHIE SANS FIL

Mais alors se produit un inconvénient inévitable : avec cette plus grande antenne, nous recevrons non seulement les ondes émises par la Tour, mais encore celles émises par d'autres postes puissants, comme celui de Norddeich, en Allemagne, ou celui de Cleethorpes en Angleterre. Si ces postes envoient des dépêches en même temps que la Tour, leurs ondes peuvent gêner la réception de celles de la Tour elle-même, et même si elles sont assez puissantes, les couvrir complètement. La réception sera alors un chaos indéchiffrable de signaux embrouillés les uns dans les autres et dans lesquels il sera impossible de se reconnaître.

Il est donc essentiel de pouvoir choisir, parmi l'ensemble des ondes qui viennent affecter notre antenne, celle-là seulement qu'on désire recevoir : pour cela, il faut pouvoir augmenter à volonté l'intensité de sa réception et diminuer, au contraire, celle des ondes que l'on ne veut pas recevoir et qui ne serviraient qu'à troubler les messages qui nous intéressent.

Il faut, pour cela, que les longueurs d'ondes des signaux envoyés par les postes qui fonctionnent simultanément soient suffisamment différenciées les unes des autres. On est arrivé à ce résultat.

Quand des ondes multiples arrivent dans l'espace qui avoisine une antenne de longueur d'onde donnée, quand, de plus, ces ondes ont des longueurs différentes mais des intensités à peu près égales, l'antenne effectue d'elle-même une sorte de « triage » dans ce mélange d'ondes complexe : elle choisit d'abord celles qui ont sa longueur d'onde propre, et ensuite elle ne reçoit qu'avec des intensités moindres celles qui diffèrent davantage de la sienne. Ainsi, dans l'antenne, les ondes ne sont plus sur le pied d'égale intensité qu'elles avaient dans l'espace qui l'environne : celles-là seules sont plus intenses qui correspondent à l'accord de l'antenne avec le poste qui les a émises ; les autres sont en intensité décroissante et sont reçues d'autant plus faiblement que leur longueur diffère davantage de celle pour laquelle l'antenne est accordée.

(80)

RÉCEPTION A GRANDE DISTANCE

Cette « sélection » des ondes opérée par l'antenne suffit quand on est près de Paris, à cause de la dominance de l'intensité des ondes émises par la Tour Eiffel ; mais, quand on s'éloigne de la Tour, la distance affaiblit les signaux de celle-ci, tandis que les postes moins puissants, mais dont on est plus rapproché, voient au contraire leurs signaux renforcés. Il faut donc pousser à un degré de plus la sélection des ondes, et, aux ondes déjà sélectionnées dans l'antenne, faire subir une seconde « épuration » ayant pour but d'éliminer aussi complètement que faire se pourra celles qu'on ne désire pas recevoir. De cette façon, on aura conservé aux ondes qui nous intéressent leur intensité primitive, et, en affaiblissant celle des autres, on éliminera le mieux possible leur effet perturbateur.

RÉCEPTION PAR INDUCTION. ☙ ☙ On opère cette seconde sélection des ondes à l'aide du montage appelé *montage par induction* (fig. 30).

Dans ce montage, l'antenne n'est pas réunie directement au circuit récepteur contenant le détecteur, la pile et les téléphones : munie de sa bobine d'accord, dont une extrémité est reliée à la terre, comme le montre la figure, elle transmet à travers les spires de celle-ci les ondes qu'elle reçoit de l'espace environnant ; mais ces

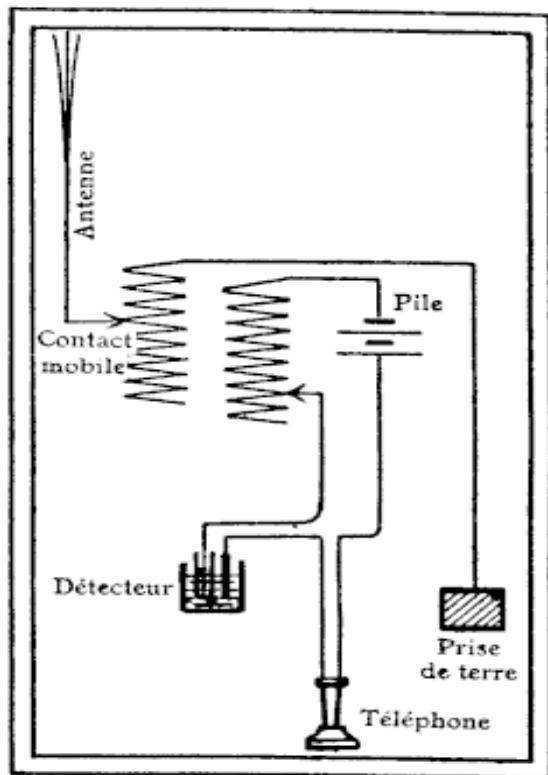


Fig. 30. — Réception par induction.

LA TÉLÉGRAPHIE SANS FIL

ondes, en circulant dans ces spires, font naître un *courant induit* dans une bobine « secondaire » placée dans le voisinage de la première ; un second curseur, placé sur cette bobine secondaire, permet de l'accorder de manière que le son perçu dans les téléphones soit au maximum de netteté.

Voici comment se fait l'« épuration » des ondes.

Si nous considérons l'antenne et sa bobine d'accord, elle est le siège d'oscillations électriques identiques à celles des postes d'émission, et l'accord a permis de faire une première sélection des ondes qui la frappent. Ces ondes, en réagissant sur la bobine secondaire, vont agir sur celle-ci comme agissaient sur la bobine première les ondes qui arrivaient directement à l'antenne : on pourra donc, à l'aide d'un second curseur, réaliser une seconde sélection des ondes, sélection qui augmente l'importance relative des ondes que l'on veut recueillir de préférence aux autres.

Quand on augmente la distance entre les deux bobines, primaire et secondaire, le courant induit dans la bobine secondaire diminue forcément : c'est ce que les électriciens appellent l'accouplement « lâche », par opposition à l'accouplement « serré », qui correspond au maximum possible d'induction dans la bobine secondaire.

Quand l'accouplement devient de plus en plus lâche, ce qu'on obtient en augmentant la distance des deux bobines, l'intensité des signaux reçus diminue en même temps ; mais, en revanche, on constate que les signaux parasites, provenant des ondes perturbatrices que la seconde sélection n'a pas complètement éliminées, voient leur intensité diminuer beaucoup plus vite que celle des ondes pour lesquelles l'antenne a été accordée ; on peut donc arriver ainsi à ne laisser passer que les signaux utiles et à annuler sensiblement tous les autres.

Dans la pratique, la bobine secondaire est à l'intérieur de la bobine primaire, qui peut glisser autour d'elle et recouvrir un nombre plus ou moins grand de ses spires.

RÉCEPTION A GRANDE DISTANCE

C'est ainsi que l'on peut faire varier l'accouplement. On peut ainsi remplacer ces deux bobines cylindriques par deux spirales plates, parallèles l'une à l'autre, et dont on fait varier la distance : on relâche ou on resserre ainsi l'accouplement.

CONDENSATEUR.

¶ ¶ Toutefois, on constate à l'usage que, s'il est facile d'accorder la bobine primaire, l'accord de la bobine secondaire est chose beaucoup moins aisée.

Cela tient à ce que, dans le circuit de celle-ci, existent des conducteurs intercalés, et ces conducteurs sont les téléphones et le détecteur électrolytique. Quand les ondes arrivent, par induction, dans la bobine secondaire, elles passent également dans les bobines des téléphones pour faire fonctionner ceux-ci. Mais ces téléphones sont à grande résistance : leurs bobines sont formées d'un grand nombre de fils longs et fins qui ont, par conséquent, une self-induction considérable. Cette self-induction constitue une sorte de « freinage » pour les ondulations transmises à la bobine secondaire, et ce freinage est même assez puissant pour les « amortir » complètement. Heureusement, la physique met à notre disposition un appareil précieux, qui barre le passage aux courants ordinaires, tandis qu'il laisse passer sans difficulté les oscillations électriques : cet appareil est le condensateur, formé de deux surfaces conductrices séparées par une lame isolante. On représente schématiquement le condensateur par deux traits parallèles d'égale longueur.

On placera donc un condensateur comme l'indique le schéma de la figure 31. On pourra faire varier la « capacité »

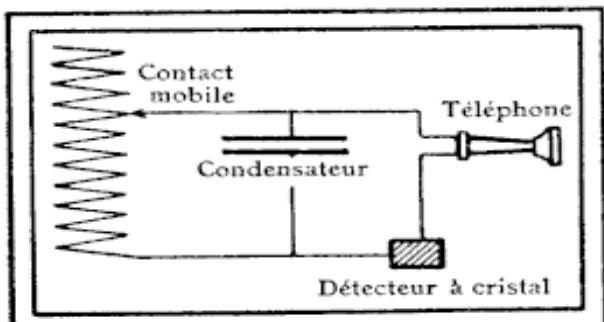


Fig. 31. — Montage de réception avec un condensateur.

LA TÉLÉGRAPHIE SANS FIL

de ce condensateur en en intercalant plusieurs au moyen de contacts variables par une manette; mais, en tout cas, on arrive ainsi, par le double jeu des curseurs et des condensateurs, à renforcer au maximum le son provenant des ondes que l'on veut recevoir, et à réduire au minimum celui des ondes perturbatrices que l'on veut éliminer.

On commencera par ne pas mettre de condensateur du tout : on est alors dans le cas du montage ordinaire, à grand amortissement et à réglage peu précis ; on entend alors les signaux émis par des postes ayant des longueurs d'onde très différentes. Mais si l'on introduit graduellement des surfaces de condensation de plus en plus grandes, la sélection des ondes devient de plus en plus parfaite, le réglage se fait tout à fait précis, et l'on est alors syntonisé avec le poste que l'on veut écouter, et dont on peut recevoir les signaux sans que ceux-ci soient troublés par l'émission des postes dont la longueur d'onde est différente.

PRISE DE TERRE. ↗ ↗ Un détail qu'il faut soigner de façon toute particulière quand on fait une installation de T. S. F., c'est la communication avec la terre, et, à ce sujet, disons bien haut que les amateurs ne sauraient être assez soigneux, assez méticuleux même s'ils veulent s'éviter des ennuis, et même des insuccès complets.

Tout d'abord, il est essentiel, quelle que soit la disposition adoptée pour l'antenne : verticale, horizontale ou oblique, d'apporter tous ses soins à la « prise de terre ». Quand on est dans une localité où il y a des canalisations d'eau, la communication avec celles-ci constitue une prise de terre parfaitement suffisante ; mais, quand on installe un poste à la campagne, dans la villa où l'on passe l'été, on n'a pas toujours de canalisation d'eau à sa disposition. On a alors recours à des feuilles de zinc ou de tôle, d'autant grande surface que possible, ou encore à des treillages de fils de fer pour clôture, enterrés dans le sol, et avec lesquels on met les appareils en communication par des connexions convenables.

(84)

RÉCEPTION A GRANDE DISTANCE

Mais, ici encore, il faut faire attention. Les plaques ou les treillis enterrés dans un sol sec constituent des prises de terre détestables. Il est essentiel que la plaque de prise de terre soit noyée dans un sol humide, et toujours humide, comme le voisinage d'un cours d'eau, par exemple, ou d'un étang. Un puits fournit une excellente prise de terre, alors qu'une citerne en constitue, généralement, une très mauvaise.

Il ne faut pas oublier non plus que l'antenne, par sa position même, constitue un collecteur d'électricité atmosphérique : il y a donc là un danger réel pour les habitations qui en sont munies, à moins que, dès qu'un orage survient, on ne prenne la précaution de mettre l'antenne en communication avec la terre. Et même il est plus prudent, en pareil cas, non seulement de mettre l'antenne à la terre, mais même de retirer le fil qui, entrant dans la maison, met l'antenne en communication avec les appareils du poste récepteur.

L'électricité atmosphérique est une chose avec laquelle il ne faut pas jouer impunément ; c'est pour cela que, quelque tentantes que soient les antennes élevées par des cerfs-volants, et auxquelles on peut facilement donner une altitude de 300 mètres, permettant de recevoir les ondes des grandes stations à des distances de plus de 1 000 kilomètres, il faut recommander dans leur usage la plus grande prudence, à cause des différences de potentiel énormes qui existent entre deux points de l'atmosphère séparés en hauteur par une distance aussi considérable.

Enfin, une recommandation essentielle à faire aux personnes qui installent chez elles un poste de T. S. F., sous peine des insuccès à peu près certains, est de ne pas installer leurs appareils dans des endroits humides. Indépendamment des détériorations que l'humidité permanente du local ferait subir à tous les instruments, il y a les altérations dans l'isolation des spires des bobines, tant des bobines d'accord que des bobines téléphoniques.

Si donc on est amené à fixer ses appareils contre un mur

LA TÉLÉGRAPHIE SANS FIL

dont la face extérieure soit exposée au vent et à la pluie, il sera prudent de les fixer sur une planchette, sur un panneau de bois, maintenu lui-même à une certaine distance du mur par des taquets qui empêchent tout contact direct avec lui. Et il ne faudra pas, sous prétexte d'amortir les trépidations parasites, fixer les appareils sur des cales de drap ou de feutre destinées à les préserver de ces vibrations : ces cales, en effet, absorbent la vapeur d'eau condensée et entretiendraient, autour des divers organes, précisément cette humidité qu'il faut éviter à tout prix.

Et, enfin, n'oublions pas que la bonne réception, si elle dépend de la qualité des appareils employés et de leur installation, si elle dépend de la forme et de la disposition plus ou moins heureuse de l'antenne, dépend beaucoup de l'aptitude de l'opérateur à percevoir au téléphone les signaux longs et brefs de l'alphabet Morse, à l'aide desquels sont transmis les messages. Il y a donc là, pour tout amateur de télégraphie sans fil, une véritable « éducation » à faire. Suivant les aptitudes de chacun, cette éducation sera plus ou moins longue, mais, en tout cas, elle est absolument nécessaire, et c'est souvent à son insuffisance que les débutants doivent attribuer uniquement les petits déboires que leur réserve parfois, dans les commencements, la pratique de la T. S. F.

Tels sont les conseils pratiques qu'il y a à donner à ceux qui ambitionnent d'installer chez eux un poste pour la réception des signaux radiotélégraphiques.



CHAPITRE VII

COMMENT ON ENVOIE LES ONDES ÉLECTRIQUES

Les éléments d'un poste expéditeur. || La source d'électricité. Courant continu. || Courant alternatif. || Le condensateur. || Étincelles rares. Étincelles musicales. || L'antenne. || Poste de la Tour Eiffel. || La portée des ondes électriques. || Les points obscurs de la T. S. F. || Les explications proposées.

LES ÉLÉMENTS D'UN POSTE EXPÉDITEUR. Nous savons maintenant « recevoir » les messages de T. S. F., même à de grandes distances des postes qui les expédient. Mais il est indispensable que nous sachions comment les messages sont envoyés, comment sont émis les signaux que ces merveilleuses « ondes électriques » nous apportent, à travers l'espace et par-dessus les obstacles, avec la vitesse même de la lumière.

Pour cela, nous allons dire d'abord quels sont les organes indispensables d'un poste émetteur de signaux.

Rappelons-nous que les ondes sont le produit d'une étincelle oscillante provoquée par la décharge d'un condensateur. Il faut donc renouveler incessamment la charge de cet appareil qui se décharge, lui, à chaque étincelle. Il nous faudra donc une *source d'énergie électrique*, dont nous élèverons la tension au moyen du *transformateur*.

L'électricité transformée par ce dernier appareil est employée à charger le *condensateur*, et, pour décharger celui-ci, on se sert d'un *éclateur*, système de deux boules en communication avec les armatures des condensateurs, et entre lesquelles jaillit l'étincelle, longue ou brève, commandée par un *manipulateur manœuvré à la main*; enfin ces étin-

LA TÉLEGRAPHIE SANS FIL

celles doivent être lancées dans l'espace par l'intermédiaire de l'*antenne*.

Tels sont les organes indispensables d'un poste d'émission de T. S. F. Nous allons les passer en revue les uns après les autres.

LA SOURCE D'ÉLECTRICITÉ. COURANT CONTINU. ☠ ☠ On peut prendre le courant électrique sous l'une de ses deux formes : courant *continu* ou courant *alternatif*.

Le courant continu lui-même peut être emprunté à des accumulateurs ou à une machine dynamo-électrique à courant continu. Mais, quelle que soit la source continue, il faut la munir d'un *interrupteur* destiné à couper le courant un très grand nombre de fois par seconde, afin de produire dans le circuit oscillant les ondulations nécessaires.

Le plus simple, le plus anciennement connu de ces interrupteurs est l'interrupteur à marteau, que l'on trouve sur toutes les « bobines de Ruhmkorff », qui sont, en somme, des transformateurs. Mais cet interrupteur ne peut couper que des courants de faible intensité; son fonctionnement est simple (fig. 32).

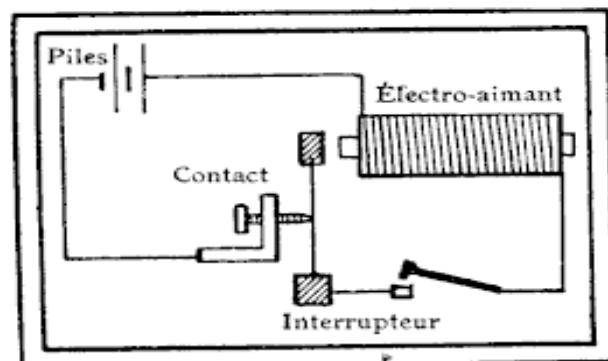
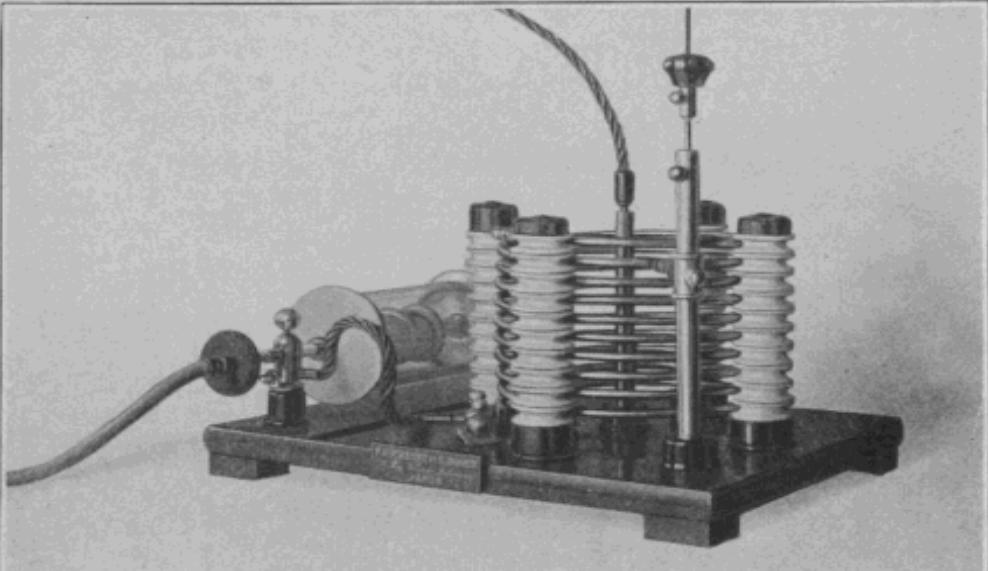
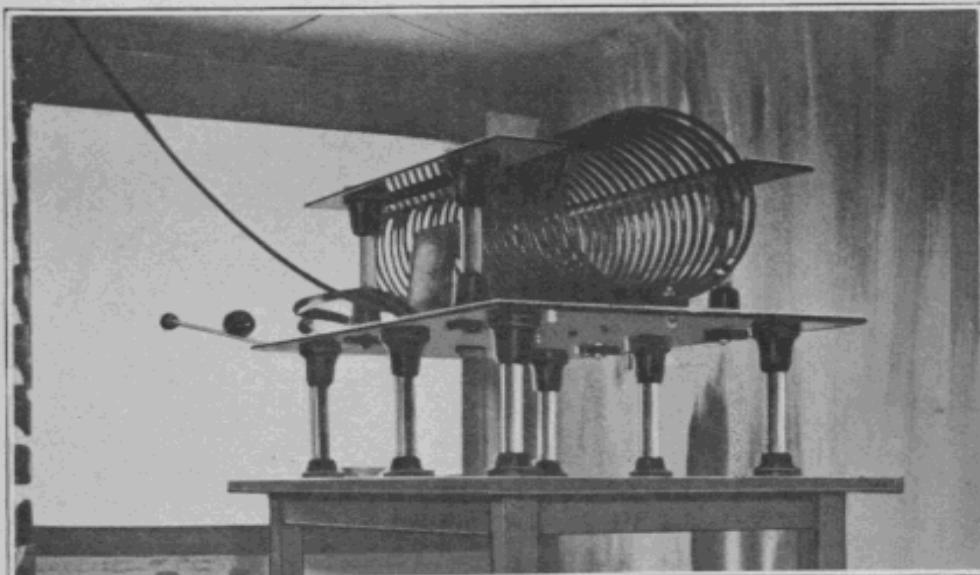


Fig. 32. — *Interrupteur à marteau.*

Considérons un circuit électrique formé d'une pile, d'un interrupteur et d'un fil isolé entourant un barreau de fer; en face de ce barreau de fer se trouve un petit marteau, également en fer, et porté par une lame de ressort qui vient buter contre une « vis de contact » qui sert précisément à fermer le circuit. Établissons le courant en fermant l'interrupteur : aussitôt le courant passe, circule dans les



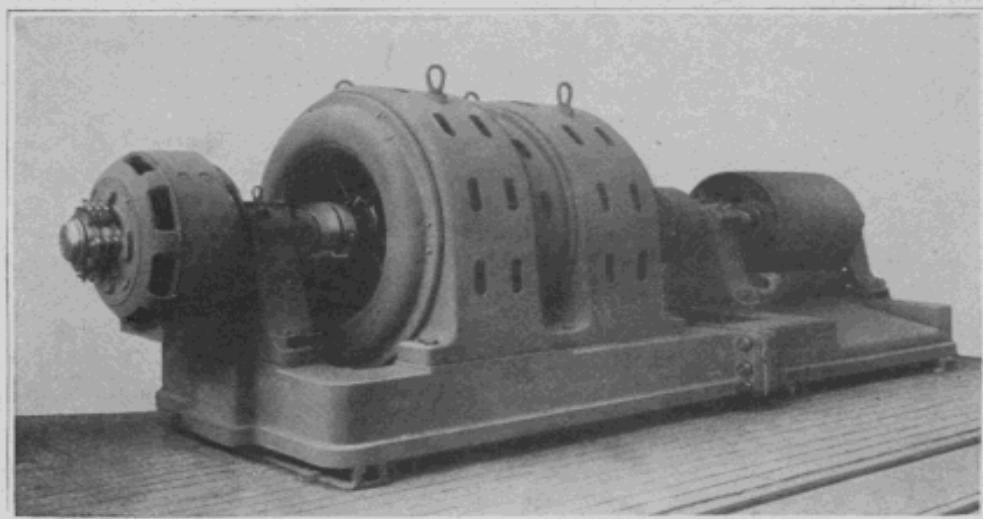
UN ÉCLATEUR ET SA BOBINE DE RÉSONANCE
L'éclateur est protégée par une enveloppe de verre.
(Cl. Ducretet et Roger.)



LE POSTE DE LA TOUR EIFFEL
Le résonateur porté sur son support isolant.
(Cl. Vérascope Richard.)

La Télégraphie sans fil.

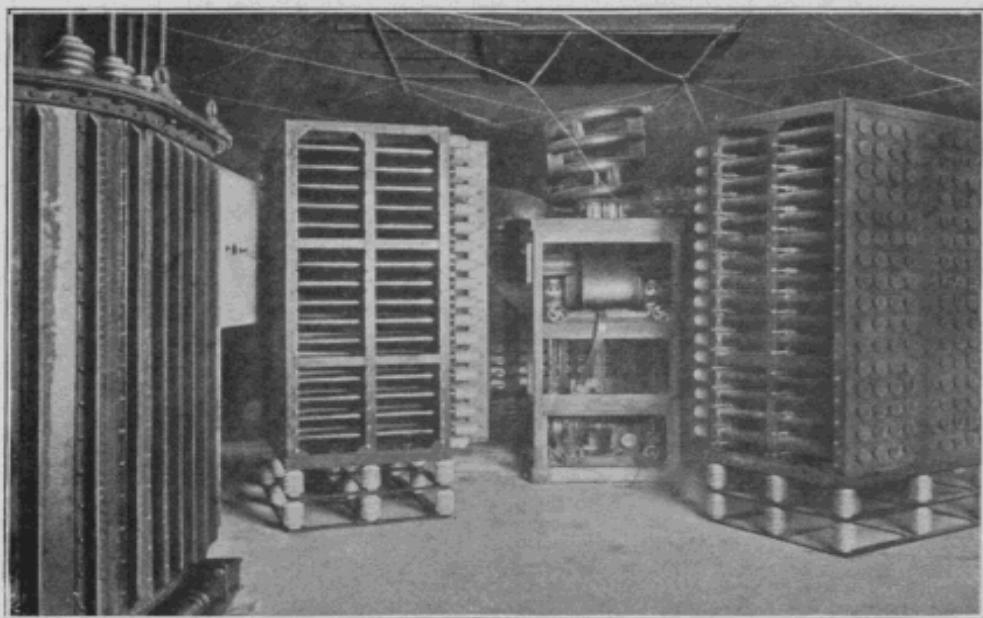
Pl. 22. Page 88.



LE POSTE DE LA TOUR EIFFEL

*Le grand alternateur producteur de l'énergie suffisante
pour l'émission des ondes.*

(Cl. Société Fse Radioélectrique.)



LE POSTE DE LA TOUR EIFFEL

*La salle de haute tension. A gauche, le transformateur à haute tension ;
au fond et à droite, les condensateurs. (Cl. Hachette.)*

La Télégraphie sans fil.

Pl. 23. Page 89.

LA PRODUCTION DES ONDES

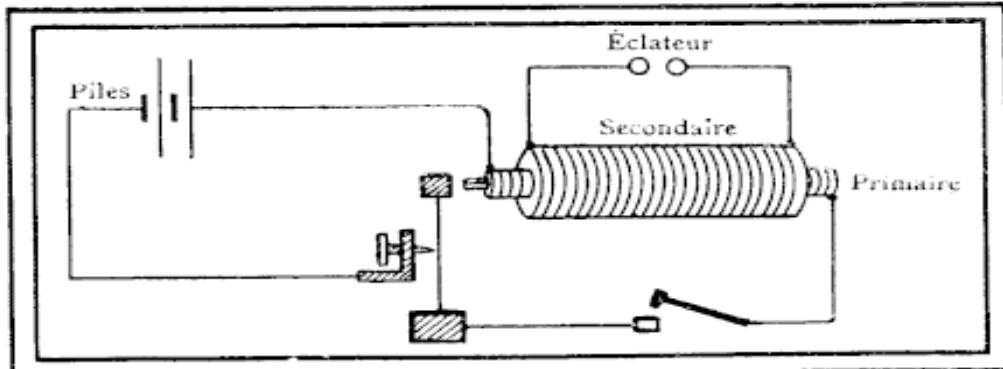


Fig. 33. — *Principe de la bobine de Ruhmkorff.*

spires de fil isolé qui entourent le barreau de fer; celui-ci est aussitôt aimanté : il devient un électro-aimant. Il attire donc le marteau ; mais celui-ci, sitôt qu'il est attiré, entraîne avec lui la lame du ressort qui le porte, et celle-ci cessant de toucher le contact à vis, le courant se trouve interrompu. L'aimantation cesse donc aussitôt, le marteau retombe, et le ressort revient toucher la vis de contact. Mais alors le courant repasse, l'électro-aimant fonctionne, le marteau est attiré de rechef, le courant est de nouveau rompu, et ainsi de suite, aussi longtemps qu'on maintient fermé l'interrupteur à manette. Tel est le fonctionnement de l'interrupteur à marteau.

Si maintenant nous plaçons autour de la bobine de fil qui entoure notre barreau aimanté une seconde bobine de fil formant un circuit indépendant du premier, cette bobine sera parcourue, à chaque interruption et à chaque rétablissement du courant de la pile ou « courant primaire », par un courant d'induction (fig. 33) : elle constituera donc le « secondaire » d'un système qui est un *transformateur*, le plus simple de tous : c'est la bobine de Ruhmkorff. Si le primaire est à gros fil et le secondaire à fil long et fin, le courant de la pile, à basse tension, est transformé en courant induit à haute tension, et l'étincelle jaillira entre deux points où l'on aura coupé ce circuit secondaire.

Si l'on fait usage, non plus de piles ou d'accumulateurs,

LA TELEGRAPHIE SANS FIL

mais d'une machine dynamo à courant continu, il faut employer des interrupteurs rotatifs, plus puissants, commandés par un petit moteur spécial : ce moteur fait agir une tige verticale, qui, alternativement, établit le courant primaire en plongeant dans du mercure, et le coupe en sortant. Le transformateur est, alors, également une bobine de Ruhmkorff, mais beaucoup plus puissante.

COURANT ALTERNATIF. On sait que beaucoup de dynamos employées dans l'industrie électrique ne donnent pas de courant « continu », c'est-à-dire circulant toujours dans le même sens, mais, au contraire, du courant « alternatif », parcourant le circuit tantôt dans un sens, tantôt dans un autre.

Ce dispositif est des plus avantageux pour la T. S. F., car il supprime un organe : l'interrupteur. Celui-là, en effet, change le sens du courant induit à chaque oscillation. Mais la machine dynamo à courant alternatif le change naturellement elle-même : on enverra donc directement son courant dans le circuit primaire du transformateur, et

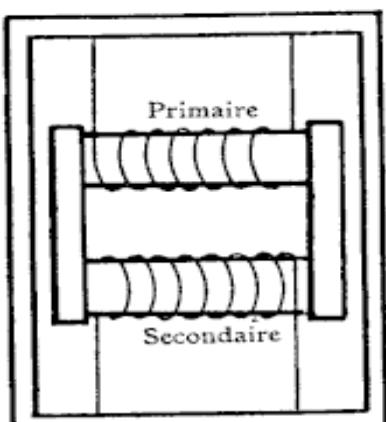


Fig. 34. — Principe du transformateur.

le circuit secondaire sera parcouru par des courants induits, alternatifs et à haute tension, nécessaires pour produire la charge et la décharge des condensateurs qui donnent naissance à l'étincelle oscillante.

Les machines ordinaires à courants alternatifs, ou « alternateurs », ont une fréquence de 50 périodes par seconde, c'est-à-dire produisant des courants qui changent de sens 50 fois par seconde, en moyenne. Les transformateurs que l'on

emploie avec les alternateurs ne sont plus construits comme les bobines de Ruhmkorff qui ne renferment qu'un seul barreau de fer susceptible de s'aimanter : ils sont

LA PRODUCTION DES ONDES

formés d'un circuit magnétique fermé, comportant un double enroulement primaire et secondaire (fig. 34). Avec les alternateurs à très haute fréquence employés en T. S. F., on supprime même souvent l'armature de fer, et on ne laisse subsister que les enroulements primaire et secondaire.

LE CONDENSATEUR. C'est le condensateur qui est l'organe essentiel de génération des étincelles qui doivent produire les ondes.

Un condensateur type est la classique *bouteille de Leyde*. Cet instrument est formé d'une bouteille en verre, vernie à la gomme-laque, et dont les faces sont recouvertes, intérieurement et extérieurement, de lames conductrices de l'électricité : pratiquement, elles sont recouvertes de papier d'étain.

Nous avons ainsi constitué deux « armatures » métalliques séparées par une lame mince d'un corps isolant ou « diélectrique ». Dans ces conditions, si l'on relie les deux armatures aux deux extrémités du circuit secondaire d'un transformateur, l'électricité s'accumule sur les faces en regard, jusqu'à ce qu'elle acquière une tension suffisante pour éclater en une étincelle qui jaillira entre deux boules de cuivre que nous réunirons aux deux armatures du condensateur : ce sont ces deux boules qui constituent l'éclateur. En pratique, on réunit un grand nombre de bouteilles de Leyde. On peut aussi construire les condensateurs en recouvrant de papier d'étain les deux faces de lames de verre carrées. Quant à l'éclateur, on le constitue soit par deux boules pour les petits postes de faible puissance, soit par deux anneaux de cuivre, entre lesquels l'étincelle se déplace sans jaillir toujours au même point : on évite ainsi l'usure, sans cela certaine, du métal au point de jaillissement.

La durée de la décharge est excessivement petite par rapport à la durée de la période du courant alternatif : on peut considérer qu'elle est pratiquement instantanée : aussitôt la décharge effectuée, l'alternateur va donc se mettre à recharger le condensateur, et les étincelles ne pourront

LA TÉLÉGRAPHIE SANS FIL

éclater qu'après la recharge complète, c'est-à-dire après un certain nombre de périodes du courant alternatif qui charge l'appareil; si ces périodes sont de 100 par seconde, on aura ainsi environ 35 ou 40 étincelles qui jailliront pendant le même temps.

ÉTINCELLES RARES. ÉTINCELLES MUSICALES. ☙ ☙
Quand on a un petit nombre d'étincelles par seconde, comme d'autre part chaque étincelle donne un train d'ondes spécial, le nombre des vibrations de la plaque du téléphone qui reçoit les ondes au poste de réception est égal au nombre des étincelles. Si celles-ci ne dépassent pas 40 à 50 par seconde, on entend dans le téléphone un bruit analogue à une sorte de roulement de tambour, produit par cette émission à laquelle on donne le nom d'émission à étincelles rares. Les ondes produites par les étincelles rares sont, comme nous l'avons vu, rapidement amorties.

Il en est tout autrement quand on augmente la fréquence des étincelles et, par conséquent, la fréquence des périodes du courant alternatif produit par l'alternateur; si le nombre de ces étincelles atteint 500 par seconde, on a dans le téléphone récepteur non plus seulement l'impression d'un bruit long ou bref, mais bien celle d'une véritable *note musicale*. Les sons étant d'autant mieux perçus qu'ils sont plus aigus, il y aura donc avantage à augmenter la hauteur de la note ainsi réalisée : quand on atteint un nombre d'étincelles égal à 1000 par seconde, on a des ondes moins amorties, et il est beaucoup plus facile de réaliser l'accord du poste récepteur avec le poste expéditeur. Enfin un avantage très considérable des étincelles musicales est que la note à laquelle elles correspondent se distingue, dans le téléphone, très nettement des autres postes et des bruits qui peuvent provenir des perturbations atmosphériques : elle est donc plus facile à distinguer, et les signaux qu'elle envoie se reçoivent, par suite, avec plus de précision.

Comment fait-on pour réaliser les émissions d'étincelles musicales : voici, entre autres dispositifs, celui qu'a imaginé

LA PRODUCTION DES ONDES

Marconi et que construit la compagnie qui exploite ses brevets.

Une machine dynamo munie de son transformateur sert de source d'électricité (fig. 35). Le courant du secondaire passe par deux condensateurs et aboutit au pôle de l'éclateur, mais c'est cet éclateur qui présente une disposition toute particulière.

Au lieu de deux boules, il est formé de deux plateaux tournants, dont les tranches sont dirigées l'une vers l'autre et dont la distance est un peu plus grande que celle que peut franchir l'étincelle : mais, pour frayer, si l'on peut ainsi dire, un chemin à celle-ci, un troisième disque tourne entre les deux plateaux, et ce disque porte sur ses deux faces des saillies équidistantes en cuivre, opposées l'une à l'autre.

Dans ces conditions, quand une de ces saillies passe entre les deux plateaux, elle diminue la distance que l'étincelle a à franchir, et celle-ci éclate par l'intermédiaire de la saillie : elle est aussitôt interrompue pour reprendre au passage de la saillie suivante. C'est donc en réglant le nombre de tours du disque mobile que l'on pourra régler également le nombre d'étincelles émises par seconde. Comme les plateaux qui constituent les bornes de l'éclateur tournent eux-mêmes

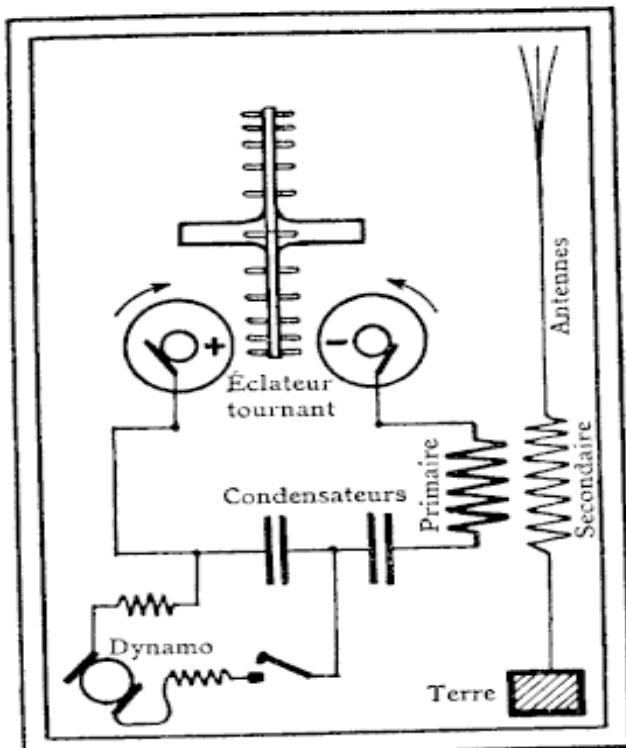


Fig. 35. — Schéma du dispositif d'émission musicale.

LA TÉLÉGRAPHIE SANS FIL

sur leur axe, les étincelles n'éclatent jamais au même point, et l'on évite ainsi l'usure qui en résulterait.

C'est grâce à ces étincelles musicales que l'on peut éliminer les bruits que l'on entend dans le téléphone et qui proviennent soit d'autres postes, soit des ondes parasites provenant des orages lointains ou d'autres causes météorologiques : ces ondes donnent dans le téléphone des « bruits » que l'on ne peut pas confondre avec la note musicale pure donnée par les ondes à étincelles musicales.

De plus, le poste transmetteur peut changer rapidement la hauteur de la note émise : il est, à cet effet, muni d'un clavier à huit touches. On peut ainsi changer à son gré la fréquence des étincelles et la hauteur de la note que recevra le poste correspondant ; on peut même transmettre ainsi un petit air musical, pourvu que l'on se contente des huit notes que peut fournir la gamme des étincelles musicales.

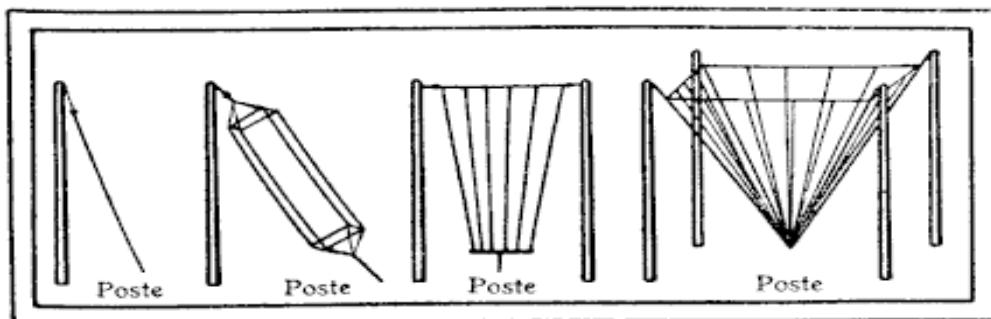
L'ANTENNE. ☙ ☙ Mais il reste un organe essentiel dont il faut munir notre poste d'émission. Cet organe nécessaire, c'est l'antenne.

Pour que les oscillations électriques produites par l'étincelle se répandent dans l'espace de la façon la plus avantageuse, il faut que le circuit dans lequel elles se produisent soit en contact avec l'atmosphère par une surface aussi grande que possible : tous les points de ce circuit sont, en effet, le siège d'oscillations synchrones qui donnent naissance à des ondes, et ces ondes ajoutent leurs effets les uns aux autres. En un mot, il faut augmenter la surface du rayonnement du circuit oscillant. C'est ce qu'on fait, d'ailleurs, dans les cas des ondes sonores, en unissant les instruments à vent d'un « pavillon » qui augmente, précisément, la surface de contact de l'atmosphère avec l'instrument vibrant ; le cornet des phonographes en est une application courante.

L'antenne devra donc être dressée de façon à augmenter la surface de rayonnement du circuit ; il faudra avant

LA PRODUCTION DES ONDES

tout lui donner une hauteur au-dessus du sol aussi grande que possible, pour que les ondes émises par elle passent par-dessus les obstacles accumulés sur le sol.



Antenne à un
seul fil.

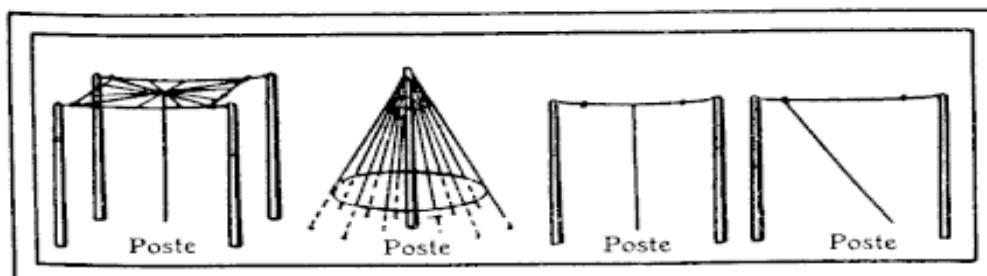
Antenne
prisma-
tique.

Antenne à
rideau.

Antenne en
pyramide
réservée.

Fig. 36. — Diverses formes d'antennes.

La forme la plus simple d'antenne est un fil unique, fixé à un haut support, mât ou clocher, par une de ses extrémités, à l'aide d'un lien isolant, et de l'autre relié à la terre. Nous avons dit déjà que, dans ce cas, la longueur de l'onde



Antenne en plan
horizontal.

Antenne en
parapluie

Antenne
en T.

Antenne
coudée.

Fig. 37. — Diverses formes d'antennes.

produite est égale au quadruple de la longueur du fil de l'antenne : on peut, d'ailleurs, « accorder » celle-ci comme nous l'avons dit.

Mais une antenne « unifilaire » ainsi construite repré-

LA TELEGRAPHIE SANS FIL

sente une surface de rayonnement bien faible : pour augmenter cette surface, on constitue alors l'antenne par plusieurs fils groupés de différentes manières dont les figures 36 et 37 donnent une idée et dont nos photographies donnent quelques reproductions. La propagation des ondes autour de l'antenne se fait avec la vitesse de la lumière, et

les ondes successives se propagent comme le montre la figure 38.

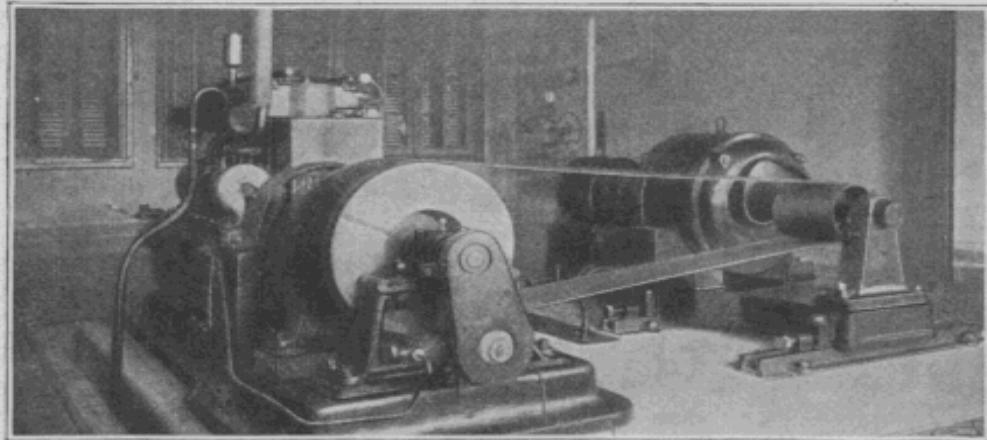
Les antennes sont formées de fils métalliques, non magnétiques, de cuivre ou de bronze, supportés par des mâts, des tours ou des pylônes.

Fig. 38. — Schéma de la propagation des ondes.

A bord des navires, de guerre ou de commerce, munis de deux mâts, les antennes en T ou les antennes coudées sont employées de préférence, les mâts étant les supports naturels des fils.

L'isolement des extrémités supérieures des antennes est un point important : dans le cas de la Tour Eiffel, qui est actuellement l'antenne la plus haute du monde, celle-ci est composée de six fils, formée de câbles métalliques, de 425 mètres de long, partant du sommet de la Tour, où ils sont amarrés à un poteau métallique, et se dirigeant vers le bas en divergeant. A une certaine distance du sol où des tendeurs isolés les maintiennent, les six fils se réunissent en un seul gros câble qui pénètre dans le poste et relie l'antenne aux appareils. Les isolateurs sont constitués par des courroies caoutchoutées passant sur des poulies en bois ; tout cela est d'une résistance mécanique qui en garantit la résistance aux efforts des vents les plus violents. Ajoutons qu'une seconde antenne à deux fils, plus petite, fixée à la seconde plate-forme de la Tour, d'une longueur d'onde de 500 mètres, sert aux essais d'ondes de courte longueur.

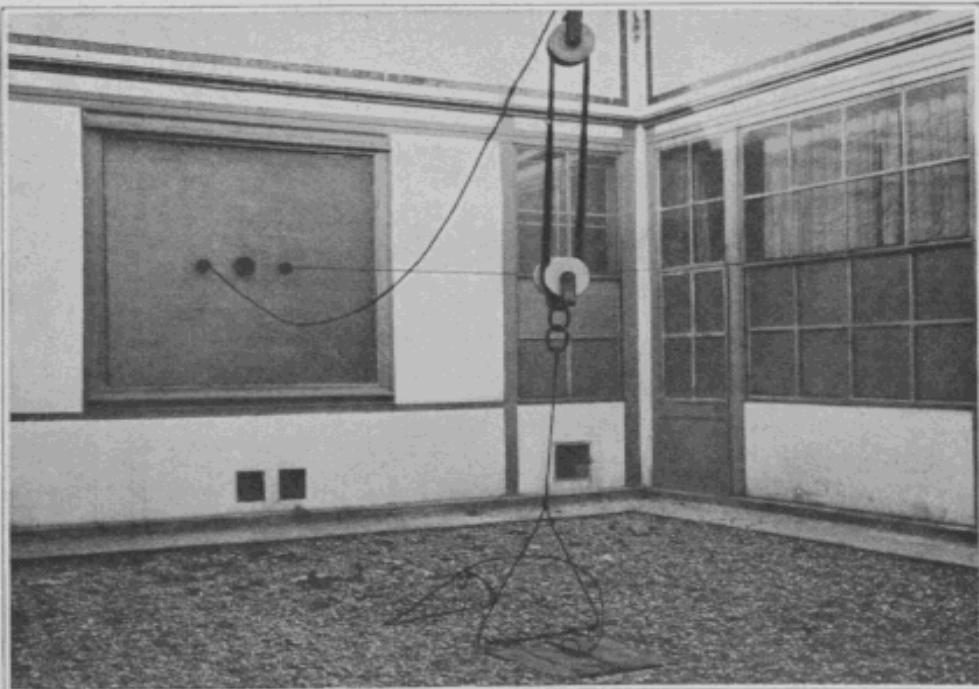
(96)



UNE STATION D'ÉNERGIE

Un moteur à pétrole actionne l'alternateur qui fournit le courant au poste d'émission.

(Cl. Cie Générale Radioélectrique.)

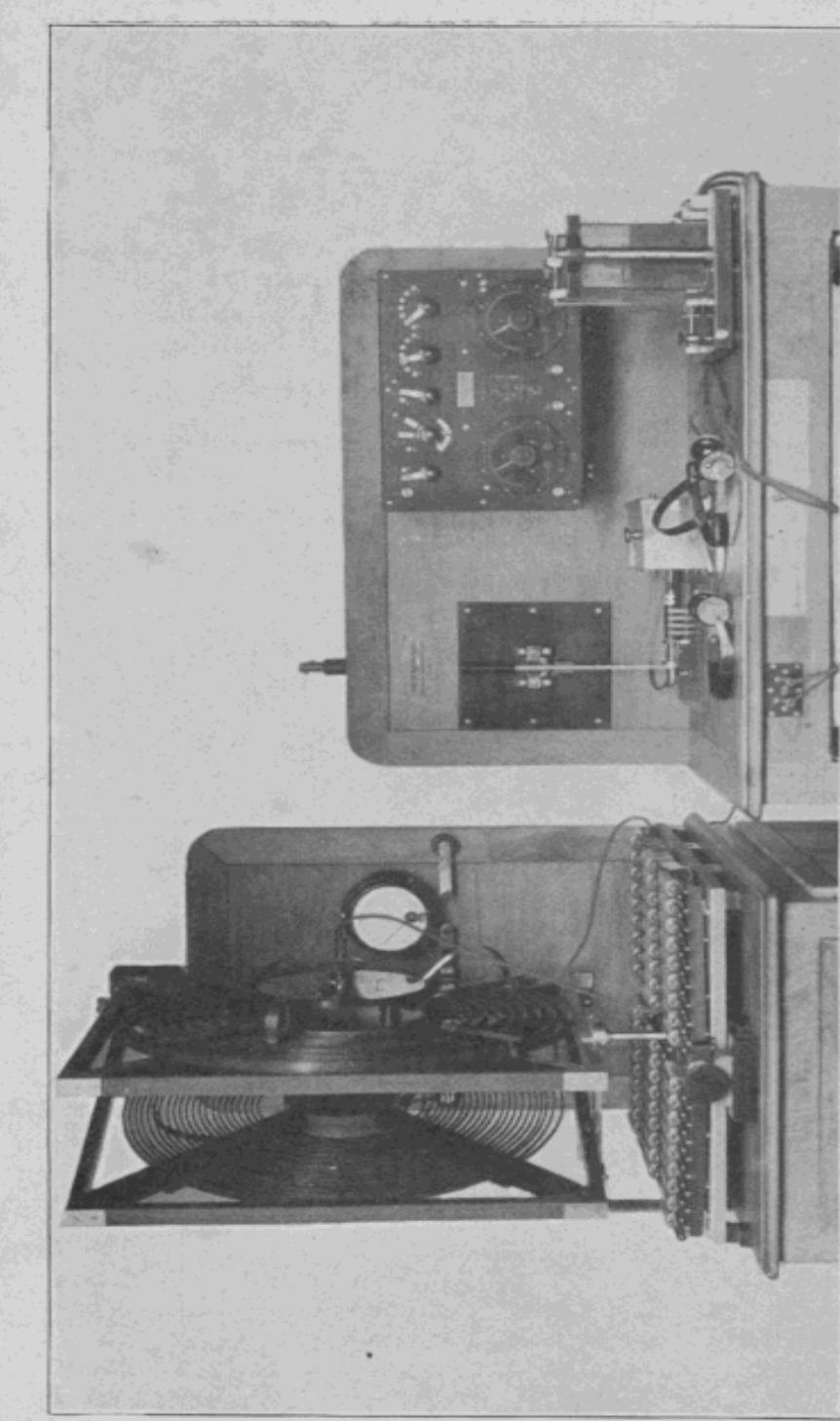


LE POSTE DE LA TOUR EIFFEL

L'arrivée de l'antenne dans la cour et son passage dans la salle des appareils. (Cl. Jules Richard.)

La Télégraphie sans fil.

Pl. 24. Page 96.



La Télégraphie sans fil.

Pl. 25. Page 97.

POSTE RADIO-TÉLÉGRAPHIQUE «DE BORD» POUR BATEAUX
A gauche, les deux spires que l'on approche ou que l'on éloigne pour faire le réglage d'accouplement ;
à droite, le détecteur, les téléphones et les bobines. (Cl. Compagnie Fse Radiodélectricue.)

LA PRODUCTION DES ONDES

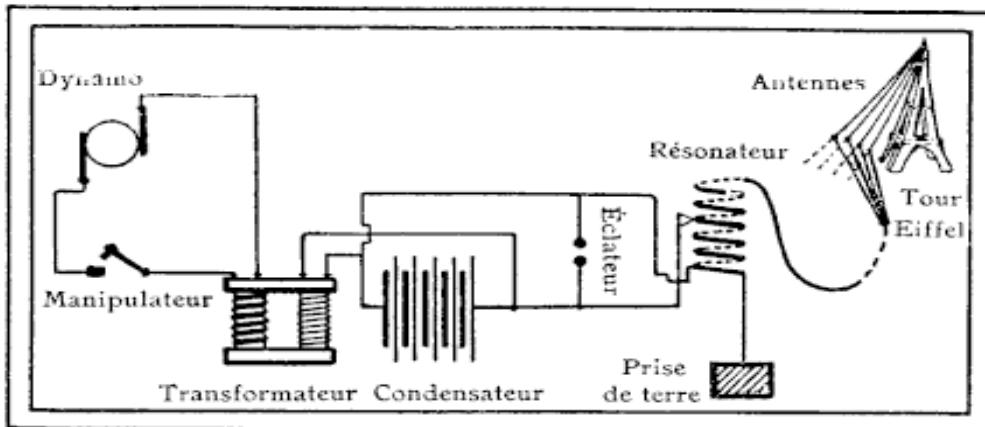


Fig. 39. — Schéma du poste de la Tour Eiffel.

POSTE DE LA TOUR EIFFEL. A l'aide de cette antenne, la Tour Eiffel envoie des ondes à des distances considérables et en reçoit des mêmes distances : elle communique directement avec l'Amérique du Nord, par-dessus l'océan Atlantique. Voici les dispositions essentielles du poste proprement dit. Indépendamment de salles de service, il y a trois salles principales : une pour les essais, une pour la réception et la manipulation et enfin une « à haute tension », dans laquelle sont les éclateurs, et dont les parois sont imperméables au son, de façon à arrêter complètement le bruit des étincelles, qui, sans cela, empêcherait toute réception au téléphone. Toutes ces salles sont souterraines, et un massif d'arbustes en dissimule l'entrée.

Actuellement le poste d'émission est de 40 à 50 kilowatts (environ 70 chevaux) ; il est à étincelles rares et est alimenté par le courant alternatif de 42 périodes de 220 volts fournies par le Secteur de la rive gauche.

Sa tension est élevée, à l'aide d'un transformateur, à la tension supérieure nécessaire. Des manipulateurs sont intercalés dans le circuit primaire ; quant au circuit secondaire, il actionne le circuit oscillant proprement dit, circuit qui comprend les condensateurs, l'éclateur et le primaire du circuit à haute fréquence. Le condensateur tra-

LA TÉLÉGRAPHIE SANS FIL

vaille généralement à une tension de 80 000 à 100 000 volts.

L'éclateur est formé de deux cylindres de zinc tournant autour de leur axe. Un résonateur formé de quelques spires d'un gros tube de cuivre permet, grâce à un contact réglable, d'obtenir du poste d'émission des ondes d'une fréquence déterminée. La figure 39 donne le schéma complet de l'installation du poste de la Tour.

Ajoutons que la Tour Eiffel possède, en outre, un poste à émissions musicales, dans lequel l'opérateur peut varier à son gré la hauteur de la note musicale émise et obtient facilement la quinte et l'octave.

Disons enfin que l'émission des ondes se fait par excitation *indirecte*: le circuit oscillant comprend un primaire, et c'est avec le secondaire que communique l'antenne.

Telle est, en ses grands traits, l'installation d'un poste puissant de T. S. F. Nous aurons l'occasion de décrire plus loin les postes moins puissants employés aux armées et dont quelques-uns sont transportables à dos de mulet ou même à dos d'homme.

LA PORTÉE DES ONDES ÉLECTRIQUES.

Nous pouvons nous demander justement, maintenant que nous connaissons les points essentiels du mécanisme de la T. S. F., à quelle distance portent ses messages, et quelles sont les limites qui lui sont pratiquement imposées.

Il est intéressant, pour cela, de revenir un peu en arrière et de voir l'énorme chemin parcouru par la télégraphie sans fil dans le sens du progrès.

On sait que, dès la découverte de M. Branly, on conçut la possibilité d'appliquer son merveilleux « cohéreur » à la réception des ondes électriques envoyées d'une certaine distance. Mais, au début, on se borna à de courts trajets. Cependant les travaux de Branly, de Lodge en Angleterre, de Popoff en Russie, faisaient avancer la question.

Pendant ce temps, un ingénieur italien, Marconi, avec une inlassable persévérance, soutenue par une énergie indomptable, aidé par une puissante société financière,

LA PRODUCTION DES ONDES

essayait de faire passer la T. S. F. du laboratoire dans la pratique courante. C'est en 1899 qu'il fit la première expérience importante, en réussissant pour la première fois à faire passer un message de Douvres à Wimereux, près de Boulogne, à 50 kilomètres de distance; et, par une démarche qui l'honore grandement, il voulut que sa première dépêche fût pour M. Branly, rendant ainsi un hommage solennel à l'initiateur de la T. S. F. Dès ce moment, la question était résolue.

En 1901, Marconi parvint à transmettre des messages sans fil entre Antibes et Calvi, en Corse, à une distance de 180 kilomètres.

Aujourd'hui, la Tour Eiffel communique directement avec Casablanca, au Maroc, envoyant ses ondes par-dessus les Pyrénées, les Sierras espagnoles et l'Atlas marocain; le poste de T. S. F. de Bruxelles communique directement avec la station de Boma, au Congo, c'est-à-dire à une distance de 6 300 kilomètres, *par-dessus la terre*, et enfin on communique couramment d'Europe en Amérique par-dessus l'Atlantique.

LES POINTS OBSCURS DE LA T. S. F. Nous avons souligné les mots *au-dessus de la terre*: c'est que, en effet, la propagation des ondes électriques paraît bien plus difficile au-dessus des terres qu'*au-dessus de l'océan*: les ondes circulent avec aisance au-dessus de la mer, et au contraire, au-dessus des terres, ont une portée plus faible ou, à égale portée, ont une énergie moins grande. C'est là un point un peu mystérieux de la T. S. F.

Mais il y a mieux : dans une remarquable conférence faite à la *Royal Institution*, à Londres, en 1912, Marconi a communiqué le résultat de nombreuses observations qu'il a faites au cours des dernières années, et il a indiqué notamment ce fait que les ondes électriques ont, pendant la nuit, une portée plus grande que le jour; mais, ici encore, faut-il distinguer. Ce fait est vrai pour les ondes de longueur moyenne usitées en T. S. F.; mais si l'on

LA TELEGRAPHIE SANS FIL

emploie des ondes de très grande longueur, comme 6 000 ou 8 000 mètres, on constate, au contraire, que ces ondes ont une portée plus grande le jour que la nuit. Pourquoi?

De plus, pendant la nuit, les ondes allant dans la direction Nord-Sud se propagent à des distances nettement plus grandes que celles qui cheminent dans la direction Est-Ouest. Pourquoi?

Enfin les ondes ne sont pas arrêtées par le formidable obstacle que la courbure de la terre constitue entre l'Europe et l'Amérique, obstacle qui équivaut à une montagne de près de 400 kilomètres de hauteur. Pourquoi?

On avait d'abord supposé que la *diffraction* des ondes pouvait expliquer pourquoi elles semblent contourner les obstacles ; mais, en 1910, l'illustre mathématicien Poincaré montra que, en supposant la surface terrestre conductrice et l'air parfaitement isolant, la théorie de la diffraction n'expliquait pas complètement la propagation à travers l'Atlantique par-dessus la courbure de la terre.

LES EXPLICATIONS PROPOSÉES. En présence de ces gros points d'interrogation, les savants se sont émus et ont cherché à rendre compte de ces énigmes quelque peu troublantes. Ils ont, pour cela, fait intervenir deux actions dans la théorie de la transmission des ondes : l'action du sol lui-même et l'action de l'atmosphère.

L'eau salée qui constitue l'océan est bonne conductrice de l'électricité ; au contraire, la plupart des matériaux qui constituent l'écorce terrestre, le marbre, l'ardoise, les roches, le sable sec sont mauvais conducteurs, et, dans ce cas, au lieu de glisser à la surface du sol comme elles le font sur la surface des mers, les ondes électriques perdent une partie de leur énergie, employée à faire naître dans le sol des courants oscillants. On admet aujourd'hui qu'il se produit, outre l'onde électrique ordinaire qui se propage dans l'air avec une intensité qui décroît en raison du carré des distances, une deuxième onde qui se propage à la surface de séparation de la terre et de l'air, et dont

(100)

LA PRODUCTION DES ONDES

l'énergie décroît seulement comme la distance et non comme son carré. Pour des ondes de courte longueur, la première onde est prédominante ; mais, quand la longueur d'onde augmente, c'est la seconde qui prend l'importance la plus grande, à grande distance : de là la propagation aisée des grandes ondes en suivant la courbure de la terre.

On conçoit ainsi l'avantage qu'il y a à employer, en T. S. F., des longueurs d'onde de plus en plus grandes : l'expérience montre qu'il en est ainsi, et c'est dans ce sens que s'orientent les nouvelles installations destinées à relier des continents les uns aux autres par-dessus les mers.

Voyons maintenant l'action de l'atmosphère.

L'air atmosphérique n'est pas un « isolant » parfait au point de vue électrique : il est plus ou moins conducteur, et sa conductibilité joue un rôle important dans le mécanisme de la propagation des ondes électriques à travers les masses gazeuses qui le constituent. La lumière du soleil, surtout la partie de cette lumière qui comprend les rayons *ultra-violets*, rend l'air conducteur ; elle l'« ionise » en y installant des particules électrisées. Mais cette « ionisation » de l'air augmente avec la hauteur à laquelle on s'élève dans l'atmosphère et augmente si bien qu'à partir d'une certaine altitude on peut considérer l'atmosphère comme formée de couches conductrices. Dès lors les ondes se réfléchissent sur ces couches, et la trajectoire que suit le « rayon électrique » est une trajectoire courbe, dont la concavité est tournée vers la terre. On conçoit donc que cet effet contribue, de son côté, à permettre aux ondes électriques de contourner la rotundité de la terre dans les transmissions à très grande distance.

D'autre part, cette « ionisation » de l'atmosphère varie avec l'éclat de la lumière solaire qui la fait naître : elle augmente du matin au milieu de la journée, pour ensuite décroître de midi à la soirée. Il y a donc des changements importants dans l'ionisation de l'air entre le jour et la nuit, et ainsi s'expliquent les différences de portée constatées.

Enfin, ajoutons que l'on perçoit fréquemment, dans les

(101)

LA TÉLÉGRAPHIE SANS FIL

récepteurs téléphoniques, des bruits assez nombreux pour donner l'impression de bruit de « friture », si désagréable dans les communications téléphoniques ordinaires.

D'où proviennent ces bruits étrangers aux ondes transmises par la communication de T. S. F.? Sans doute de phénomènes électriques dont l'atmosphère est le siège, d'orages lointains, des courants « telluriques » qui parcourent l'écorce terrestre, et de toutes les forces, encore inconnues, qui nous entourent sans que nous les soupçonnions.

Il faut, en matière scientifique, ne négliger aucun fait d'observation. Peut-être est-ce en suivant attentivement quelques-uns de ces signaux « parasites » que l'on arrivera à découvrir des forces nouvelles.



CHAPITRE VIII

LES AVANTAGES, LES INCONVÉNIENTS ET LES DANGERS DE LA T. S. F.

Les avantages de la T. S. F. || Applications à la navigation. || Applications à la sécurité des navires. || Communications avec les navires. || Applications aux chemins de fer. || Les inconvénients de la T. S. F. || La syntonisation. || La direction des ondes. || Les dangers de la T. S. F. La résonance. || Résonance accidentelle. || Les explosions par résonance. || Les étincelles par « interférences ».

LES AVANTAGES DE LA T. S. F. Comme toutes choses de création humaine, la T. S. F. présente des avantages et des inconvénients. Parlons d'abord des avantages.

Le premier, le plus grand de tous ces avantages de la télégraphie sans fil, c'est d'être « sans fil ». Supprimer, en effet, ce lien entre deux stations, c'est supprimer d'abord les frais considérables de la pose et de l'entretien des lignes télégraphiques aériennes ; c'est supprimer les servitudes auxquelles donne lieu l'installation des poteaux ; c'est supprimer la vue du conducteur lui-même, exposé, par le fait même de son installation, aux injures des agents atmosphériques, ou aux attaques de la malveillance. En cas de guerre, la suppression du fil est un avantage capital, car on ne pouvait auparavant communiquer qu'avec des postes desquels on n'était pas « coupé » par l'armée ennemie, tandis que maintenant une place investie pourra communiquer librement avec l'armée de secours qu'elle appelle à sa délivrance.

Pendant une bataille, les dirigeables et les aéroplanes, munis d'appareils de T. S. F., pourront signaler, sans indis-

LA TÉLÉGRAPHIE SANS FIL

création possible, à leurs généraux, tous les mouvements de l'ennemi, et si les communications se font en langage chiffré, celui-ci n'y pourra rien comprendre.

Pour les communications à grande distance, elle rend les messages possibles là où il est matériellement impossible d'installer des postes de télégraphie ordinaires, par exemple au centre de l'Afrique, où les fils devraient nécessairement, en admettant qu'ils fussent posés, demeurer sans aucune surveillance, exposés à la destruction de la part des indigènes. Avec la T. S. F., au contraire, il suffit d'enlever, à l'aide d'un cerf-volant, une antenne formée d'un simple fil pour recevoir les messages envoyés par la métropole, pour connaître l'heure rigoureuse du premier méridien, pour déterminer ainsi la longitude exacte du point où l'on se trouve.

Dans le cas où des troubles intérieurs viendraient à menacer la sécurité du pays, il serait impossible au pouvoir organisé de donner ses ordres par le télégraphe ordinaire : les « saboteurs », que l'on trouve prêts à toutes les besognes louches, seraient là pour couper les fils, même les fils souterrains. Avec la T. S. F., au contraire, les ordres du pouvoir organisé passeront par-dessus leurs têtes et iront porter aux troupes régulières les ordres nécessaires pour mettre à la raison les fauteurs de troubles. Enfin disons que, pour les communications transatlantiques à très grande distance, la T. S. F. est, très probablement, appelée à remplacer les câbles sous-marins, si coûteux à installer et exposés à la rupture ou à la dégradation par leur séjour prolongé sous les eaux.

APPLICATIONS A LA NAVIGATION. Mais c'est surtout à la navigation que les applications de la T. S. F. sont les plus admirables, les plus vraiment « merveilleuses », parce qu'elles ouvrent le champ à une foule de services que les navires, autrefois, par leur isolement même au milieu de la mer, ne pouvaient attendre de personne.

Tout d'abord, il y a la question de la navigation même.

AVANTAGES DE LA T. S. F.

Pour « naviguer », un navire doit savoir, à chaque instant, en quel point de l'océan il se trouve, et le savoir avec assez de précision pour pouvoir « pointer » sa position sur la carte : il doit, en un mot, connaître son « point ». Pour cela, il lui faut connaître deux lignes sur lesquelles il peut se trouver : l'une, c'est le *parallèle* du globe terrestre sur lequel il navigue, c'est sa *latitude*; l'autre, c'est le *méridien* sur lequel il se trouve, méridien qui lui fait connaître sa *longitude*. Sachant qu'il doit être à la fois sur ce méridien et sur ce parallèle, il se trouve forcément à leur intersection, et il connaît ainsi son « point » sur la carte.

La latitude se détermine par l'observation méridienne du soleil ou d'une étoile à sa culmination. Mais la longitude exige une autre connaissance. En effet, la terre, qui est sensiblement ronde, fait un tour sur elle-même en vingt-quatre heures. Donc, l'intervalle de temps que mettent deux méridiens différents à défiler ainsi devant le soleil peut servir de mesure à la distance angulaire qui les sépare, c'est-à-dire à la longitude du second, si le premier est le méridien-origine, le méridien de Greenwich.

Or, cet intervalle de temps, c'est la différence entre l'*heure astronomique* du point où se trouve le navigateur, heure qu'il peut déterminer par l'observation du soleil, et l'heure du premier méridien. Si donc celle-ci lui est envoyée par T. S. F. avec toute la précision nécessaire, le marin connaîtra exactement sa longitude, et, comme il a déterminé sa latitude au préalable, il aura son « point » rigoureux.

Avant l'envoi de l'heure par T. S. F., on n'avait qu'une ressource pour déterminer l'heure du premier méridien : c'était, si l'on peut dire, de l' « emporter » avec soi, sous la forme d'un chronomètre aussi précis que possible. On en emportait même plusieurs afin de pouvoir, en comparant leurs marches, savoir si l'un d'entre eux s'était dérangé en cours de route. Mais c'étaient des instruments délicats, sujets à varier avec mille causes, et il fallait qu'un

LA TÉLÉGRAPHIE SANS FIL

officier, l' « officier des montres » comme on l'appelait à bord, se chargeait exclusivement de la surveillance et du contrôle des chronomètres.

Aujourd'hui, cela n'est plus nécessaire : tous les jours, un navire, situé sur une mer quelconque du globe, pourra recevoir d'une quelconque des stations désignées, pour cela, au moins un, quelquefois plusieurs signaux horaires lui indiquant l'heure exacte d'un méridien connu : le problème délicat de la « longitude » est donc pratiquement et exactement résolu par la T. S. F.

APPLICATIONS A LA SÉCURITÉ DES NAVIRES. ☠ ☠
Mais l'application la plus admirable de la T. S. F. est sans contredit celle que l'on en fait couramment à la sécurité du navire en mer.

Aujourd'hui, avec les énormes constructions navales actuelles, dont les coques sont divisées en un certain nombre de cloisons étanches, une collision, soit avec un autre navire, soit avec un iceberg, comme ce fut le cas pour le *Titanic*, soit un échouage sur un banc de sable ou sur une roche, ne mettent pas le navire en danger de sombrer *immédiatement* : il s'écoule toujours quelques heures avant l'engloutissement final. D'autre part, avec les grandes vitesses des paquebots actuels, leurs puissantes machines consomment beaucoup de charbon, ce qui les oblige à suivre le chemin le plus court : tous ces grands navires suivent donc à peu près la même ligne à la surface de la mer, et l'abondance des communications entre l'Europe et l'Amérique fait qu'il serait bien extraordinaire qu'il n'y eût pas un autre bâtiment dans le voisinage du navire sinistré.

Si donc celui-ci est muni d'un poste de T. S. F., il émettra le signal d'alarme répété : S. O. S. . (— — — — — — — —) jusqu'à ce qu'il reçoive, d'un navire situé à proximité, l'avis que son signal est reçu. Il envoie alors l'indication du lieu où il se trouve en détresse, et le navire qui a reçu ainsi cet appel peut arriver au secours



LA T. S. F. A BORD DES NAVIRES

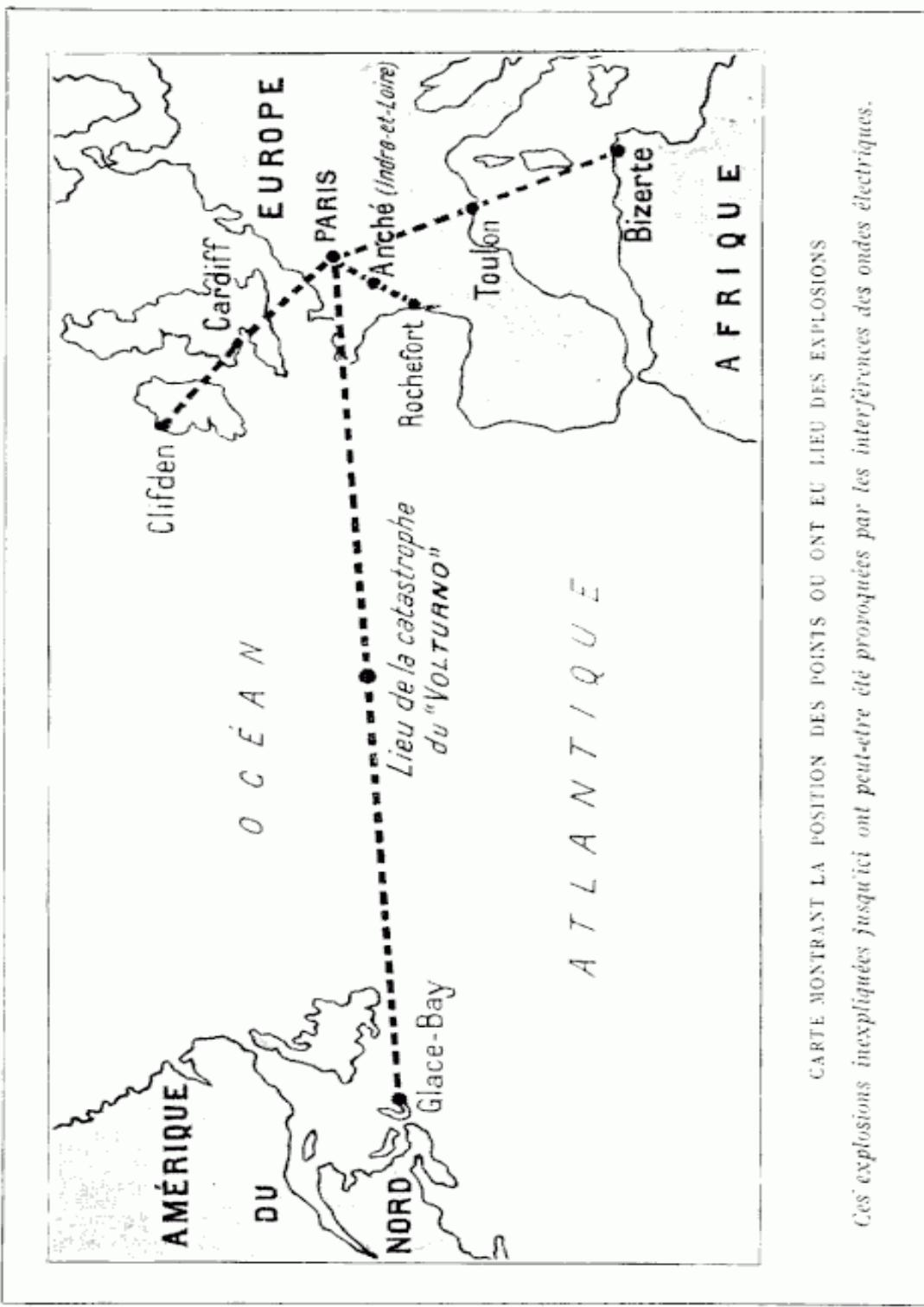
Disposition des antennes entre les deux mâts d'un cuirassé d'escadre.

(Cl. Marius Bar.)



LA T. S. F. A BORD DES NAVIRES

Un opérateur de la Cie Marconi recevant des messages dans la chambre des appareils. (Cl. de la Cie Marconi.)



La Télégraphie sans fil.

Pl. 27. Page 107.

CARTE MONTRANT LA POSITION DES POINTS OU ONT EU LIEU DES EXPLOSIONS
Ces explosions inexplicées jusqu'ici ont peut-être été provoquées par les interférences des ondes électriques.

AVANTAGES DE LA T. S. F.

du bâtiment en perdition, encore assez à temps pour sauver tout ou partie des passagers et de l'équipage.

C'est ce qui s'est produit pour le cas du *Titanic*. Ce gigantesque transatlantique, le plus grand navire qui ait jamais été mis à flot, faisait d'Angleterre en Amérique sa première traversée : il avait à bord 2 360 personnes, et la traversée touchait à sa fin : on était au dernier jour de mer. C'était le 14 avril 1912. Tout à coup un choc se produit : le *Titanic* venait d'être heurté par un *iceberg*, une de ces montagnes de glace flottantes, morceaux énormes détachés des glaciers polaires, qui errent à la surface de la mer, ayant la masse de véritables îles flottantes, transportées vers le Sud par les courants froids qui viennent du Nord, et qui les véhiculent ainsi vers les régions où ils seront fondus dans les eaux plus chaudes de l'océan.

Le choc ouvrit une vaste brèche dans le flanc de l'immeuble navire, et celui-ci commença à s'enfoncer lentement sous l'eau. Mais le télégraphiste chargé de la manœuvre des appareils de T. S. F. avait eu le temps de lancer dans l'espace son appel de détresse ; il le lança tant qu'il put faire fonctionner ses appareils, avec un héroïsme auquel il faut rendre un juste hommage. Pendant ce temps-là, au son d'un hymne religieux, joué par les musiciens du bord, qui, eux aussi, demeuraient stoïquement à leur poste jusqu'à la mort, les canots étaient mis à la mer, et l'on y embarquait les femmes, les enfants et quelques passagers. Mais les canots étaient en nombre insuffisant, et 860 personnes seulement purent y prendre place.

Les autres, demeurés sur le navire, furent engloutis avec lui quelques instants après ; mais un paquebot qui naviguait dans le voisinage, le *Carpathia*, avait reçu le signal de détresse. Il se rendit à toute vapeur sur le lieu du sinistre, et, s'il ne put sauver les infortunées victimes englouties avec le *Titanic*, du moins put-il sauver les 860 malheureux qui, entassés sans vivres dans les canots de sauvetage, étaient, sans cela, voués à une mort certaine.

(107)

LA TÉLÉGRAPHIE SANS FIL

L'année précédente, d'ailleurs, un autre navire, le *Republic*, fut sauvé dans les mêmes conditions, grâce à ses messages de T. S. F. qui furent reçus à temps par des bâtiments qui purent venir à son secours. Et la liste de vies humaines sauvées par les ondes électriques s'allonge de jour en jour.

COMMUNICATIONS AVEC LES NAVIRES. Mais, indépendamment de cette application humanitaire, qu'il faut souhaiter le moins fréquente possible, il en est d'autres, d'un usage plus courant, et qui sont également d'une importance considérable : je veux parler des communications constantes avec les navires en mer, communications rendues possibles par le nouveau mode de télégraphie sans fil.

Désormais, les passagers d'un navire voguant au milieu de l'océan ne sont plus isolés du monde, comme ils l'étaient naguère, pour toute la durée de la traversée : ils reçoivent à chaque instant les nouvelles d'Europe et d'Amérique, reçues par le poste de T. S. F. du bord. On peut même envoyer un message directement à un passager déterminé pour le prévenir d'un événement qui l'intéresse. Inversement, un homme d'affaires embarqué sur un paquebot peut correspondre, pour une chose urgente, avec ses bureaux de Londres, de New-York ou de Paris ; il peut envoyer un ordre de bourse, il peut décider d'une affaire importante.

Aujourd'hui les grands paquebots emportent une moyenne de 2000 à 2500 personnes à bord : ils ont donc, en importance, une population « flottante » égale à celle d'une petite ville, avec les mêmes besoins d'information. Aussi sont-ils pourvus d'une imprimerie qui publie chaque jour, à une ou deux éditions, un *journal* donnant les nouvelles essentielles du monde entier, reçues à bord même, quelques instants auparavant, par les appareils de T. S. F.

C'est à 11 h. 30 du soir que la station anglaise de Poldhu, au cap Lizard, en Angleterre, envoie chaque jour, pendant

AVANTAGES DE LA T. S. F.

environ deux heures, les nouvelles des deux continents qui doivent servir à la rédaction du *Journal de l'Atlantique*, imprimé à bord des paquebots qui ont signé un traité spécial avec la Compagnie Marconi.

Quant au poste allemand de Norddeich, situé à l'embouchure de l'Elbe, poste dont on reconnaît très bien l'émission à sa note musicale aiguë, il envoie les nouvelles aux paquebots deux fois par jour : le matin à 9 h. 30, et le soir à 10 h. 30. Ainsi les navires ont, pour leurs journaux quotidiens, « matière à copie », et leurs passagers connaissent les événements qui se sont passés, soit sur la terre qu'ils ont quittée, soit sur celle vers laquelle ils naviguent.

Enfin la T. S. F. est devenue le plus grand obstacle à la fuite des criminels et des voleurs, qui pensaient être en sûreté une fois montés sur un navire : la T. S. F., en donnant leur signalement non plus seulement aux autorités du port de débarquement, mais au commandant même du paquebot, facilite singulièrement la tâche de la police ; des fugitifs ont pu, ainsi, être découverts et rattrapés en cours de route.

APPLICATIONS AUX CHEMINS DE FER. Mais il n'y a pas que les navires qui soient appelés à bénéficier des bienfaits de la T. S. F. : les chemins de fer eux-mêmes mettront à profit le nouveau mode de communication.

Remarquons tout d'abord que, avec le trafic intense qui s'exerce aujourd'hui sur les voies ferrées, avec la fréquence des trains qui se suivent à des intervalles souvent très rapprochés, la stricte observation des horaires est une condition primordiale de sécurité pour le transport. À ce point de vue, la transmission de l'heure par T. S. F. aux diverses stations, en leur permettant de mettre deux fois par jour leur horloge à l'heure rigoureuse, à une seconde près, est un progrès considérable et sur lequel il est inutile d'insister ; de plus, cette transmission de l'heure a, sur la transmission ordinaire par les fils du télégraphe, l'avantage d'être indépendante du fonctionnement ou de la rupture

LA TÉLÉGRAPHIE SANS FIL

de ceux-ci et, par conséquent, de pouvoir fonctionner en toutes circonstances.

Mais il y a d'autres conjonctures où ces communications avec les trains eux-mêmes pourront être de la plus haute importance : par exemple, dans le cas où un accident arriverait en cours de route à un des agents du train. Dans les pays nouvellement ouverts à la civilisation, où les stations sont à distance considérable les unes des autres, il peut être de la plus haute utilité de prévenir la station voisine d'un accident qu'elle s'apprêtera à réparer dès l'arrivée du convoi, de façon que la marche de celui-ci ne subisse aucun retard.

Une compagnie de chemins de fer américains, celle des chemins de fer de Lackawanna, fait, depuis quelque temps déjà, des essais de télégraphie sans fil à bord de plusieurs de ses trains, et disons tout de suite que ces essais ont été couronnés de succès, tant au point de vue de la réussite dans leur fonctionnement que de l'utilité dont ils ont déjà fait preuve. Ainsi, au cours d'une des premières expériences, un conducteur du train étant tombé subitement malade, on prévint par T. S. F. la station suivante, et celle-ci, à l'arrivée du train, avait un homme tout prêt à remplacer le malade, et nul retard ne s'ensuivit. Dans une autre circonstance, le train étant bondé de voyageurs, on put prévenir la station suivante, qui tint un wagon supplémentaire tout prêt à être accroché, sans qu'il en résultât un retard dans la marche du train. Enfin la possibilité où se trouvent les voyageurs de pouvoir télégraphier à chaque instant au cours de leur voyage sera certainement une innovation heureuse et qui rendra plus d'une fois des services dans les grands express internationaux.

LES INCONVÉNIENTS DE LA T. S. F. ↗ ↗ Maintenant que nous avons chanté les louanges de la télégraphie sans fil, nous avons le droit et le devoir de retourner la médaille et d'en examiner le revers. Autrement dit, après

LES INCONVÉNIENTS DE LA T. S. F.

les avantages incontestables de la T. S. F., cherchons quels sont les inconvénients qu'elle peut présenter.

Le premier de ces inconvénients, le plus grave de tous, tient à l'excès même de ses qualités : le détecteur d'ondes est trop sensible et reçoit toutes les manifestations d'ondes électriques qui peuvent traverser l'espace. Ainsi, qu'un orage éclate au loin, qu'un éclair jaillisse en établissant une décharge entre deux nuages électrisés ? Aussitôt, voici notre détecteur qui fait entendre un bruit accusant la réception de l'onde ainsi engendrée ; il y a, sans doute, mille autres phénomènes naturels, insoupçonnés, qui résultent des ondes électriques, et cependant ces ondes, dont nous ignorons l'origine, notre détecteur les manifeste par un bruit dans le téléphone.

Malheureusement, ce bruit se superpose à celui que nous désirons entendre et qui est produit par les signaux du poste avec lequel nous correspondons : il peut donc y avoir perturbation dans la réception. Nous avons vu comment l'adoption des étincelles musicales pouvait remédier, en partie, à cet inconvénient en donnant au son qu'il faut recevoir un caractère qui permet de le distinguer seul au milieu des bruits étrangers ; mais cependant l'inconvénient subsiste.

Un autre inconvénient tient aux ondes électriques elles-mêmes. Si, d'une part, elles se transmettent à travers l'espace, avec la vitesse de 300000 kilomètres à la seconde, si elles traversent en se jouant des murailles épaisse, si elles franchissent les plus hautes montagnes qui sont des obstacles insignifiants pour elles, si elles se rient de la courbure de la terre par-dessus laquelle elles volent d'un continent à l'autre, d'autre part elles transmettent « trop bien », pourrait-on dire, les messages qu'elles sont chargées de transmettre.

Ainsi, qu'un message radiotélégraphique soit lancé par vous à votre ami Pierre, que nous supposons muni d'un poste récepteur. Eh bien, non seulement M. Pierre recevra votre message, mais tous les postes situés sur la limite de

LA TÉLÉGRAPHIE SANS FIL

portée des ondes que vous avez employées pourront le recevoir également. Cela, on le conçoit du reste, constitue un inconvénient des plus sérieux, et la télégraphie sans fil ne doit pas, au moins jusqu'à présent, être considérée comme un moyen « secret » de communication ; elle est, au contraire, le plus indiscret des moyens de correspondance. C'est ainsi que, au cours d'expériences faites il y a deux ans, à la Tour Eiffel, sur la téléphonie sans fils, un brave citoyen, ayant installé à côté de lui, sur un banc du Champ de Mars, une petite antenne faite d'une canne à pêche, et ayant dans sa poche un détecteur et sa pile, put entendre, à l'aide d'un téléphone qu'il avait à l'oreille, toute la conversation échangée entre la Tour Eiffel et Melun, conversation qui n'était, évidemment, pas tenue à son intention.

Un autre inconvénient résulte encore de ce caractère un peu trop... communicatif des ondes électriques.

Imaginons un personnage mal intentionné, un ennemi, en temps de guerre, par exemple, ayant intérêt, pour une raison quelconque, à empêcher les communications entre Pierre et Paul : il ne pourra, évidemment, pas arrêter le fonctionnement des appareils respectifs qui fonctionnent aux postes des deux correspondants ; mais il pourra rendre inintelligibles les signaux qu'ils s'envoient pour échanger leur correspondance. Il lui suffira, pour cela, d'émettre, à l'aide d'un éclateur, des ondes jaillissant continuellement, se succédant dans un ordre quelconque, et dont il peut varier la longueur à chaque instant ; dans ces conditions, ces ondes affecteront les antennes des deux correspondants, se superposeront aux signaux réguliers qu'ils échangent, et rendront confuse et inintelligible toute communication entre eux.

En somme, on aura une image assez exacte de la télégraphie sans fil en se figurant une salle où se trouve réunie une compagnie nombreuse, dont chaque personne parle à haute voix. Évidemment, les interlocuteurs s'entendent bien les uns les autres, mais tous les assistants peuvent également entendre ce qu'ils se disent. Encore ne

LES INCONVÉNIENTS DE LA T. S. F.

peuvent-ils s'entendre qu'à la condition de n'être pas trop nombreux et de ne discourir ni tous à la fois, ni trop fort. De plus, comme en télégraphie sans fil, un personnage mal intentionné peut empêcher toute conversation régulière : il n'a qu'à faire du bruit d'une façon continue, faire marcher une trompe d'automobile, par exemple, ou pousser des cris d'animaux : personne ne pourra plus s'entendre, et les conversations privées seront rendues impossibles.

LA SYNTONISATION. Pour remédier à ces inconvénients assez graves, il y a deux remèdes actuellement possibles : l'un d'ordre administratif, l'autre d'ordre scientifique.

Si nous reprenons notre comparaison de tout à l'heure, c'est-à-dire l'assimilation de la T. S. F. à une salle de réunion où causent à haute voix de nombreuses personnes, il est certain qu'il y a un premier moyen de pouvoir s'y entendre : c'est d'avoir un président ayant assez d'autorité pour réglementer l'ordre dans lequel se feront les conversations individuelles et les discours, pour limiter la longueur de ceux-ci, empêcher les interruptions, expulser les perturbateurs mal intentionnés et réglementer enfin le timbre de voix des orateurs, en les invitant à ne parler ni trop fort ni trop bas.

C'est ce rôle de « président » que jouent les « conférences internationales de radiotélégraphie », comme celle qui s'est tenue à Berlin en 1906, comme celle qui s'est tenue à Londres en juin 1912. Elles règlent les longueurs d'ondes de chaque poste, les heures d'émission de certains signaux ; leurs décisions, signées par les plénipotentiaires délégués par tous les États du monde civilisé, ont ainsi force de loi, et leur exécution est assurée, sous peine de répression pénale.

Le remède d'ordre scientifique n'est pas encore entièrement trouvé, au moins d'une façon complète, mais il est actuellement en bonne voie d'institution, et l'on peut espérer que, étant donnés les résultats déjà acquis, la solution complète sera donnée d'ici peu. Ce remède comporte

LA TÉLÉGRAPHIE SANS FIL

deux solutions distinctes : la *syntonisation* des appareils les uns avec les autres et la *direction* des ondes électriques dans un sens déterminé.

Le mot de syntonisation indique presque assez de quoi il s'agit : nous en avons, d'ailleurs, déjà dit un mot en décrivant les dispositifs de réception, mais il n'est pas inutile d'y revenir un peu, en envisageant la question à un point de vue plus général. On doit s'efforcer d'« accorder » l'instrument récepteur avec le régime vibratoire de l'instrument expéditeur, de façon qu'il n'entre en vibration que sous l'action des seules ondes qui lui sont envoyées, *à lui*, à l'exclusion absolue de toutes autres.

On a un cas analogue en musique. Ouvrons un piano, mettons à découvert le réseau compliqué de ses cordes, et soulevons les « étouffoirs » en appuyant sur la pédale de droite ; les cordes, libres dès lors sur toute leur longueur, vont pouvoir entrer en vibration sous l'impulsion d'une onde sonore parcourant l'atmosphère et susceptible de les ébranler.

Les choses étant en cet état, supposons qu'à côté de ces cordes tendues un chanteur vienne à faire entendre d'une voix forte une note de la gamme, un *si bémol*, par exemple, aussitôt toutes les cordes qui donnent le *si bémol* dans chaque octave se mettent à vibrer, et l'on entend distinctement cette résonance sympathique des cordes « syntonisées » avec la note émise par le chanteur. Bien plus : seuls les *si bémols* du piano entrent en vibration, à l'exclusion de toutes les autres notes ; seules les cordes accordées sur cette note frémissent sous l'action de l'onde sonore qui est venue les rencontrer et les mettre en vibration.

Deux organes vibrants accordés, « syntonisés » l'un avec l'autre, jouissent donc de la propriété de ne se mettre en vibration chacun que par des ondes de l'espèce spéciale émise par l'autre ; c'est absolument comme une roue d'engrenage qui ne pourra transmettre son mouvement qu'à une roue dont les dents auront exactement le même écartement que les siennes. C'est une matérialisation de deux systèmes « syntonisés ».

LES INCONVÉNIENTS DE LA T. S. F.

Si la syntonisation absolue, rigoureuse, n'est pas entièrement réalisée, du moins a-t-on, comme nous l'avons vu en décrivant la manière d'accorder les antennes de réception, une syntonisation approchée, déjà très suffisante. Grâce à cette syntonisation approchée, un appareil manifeste nettement une « préférence » pour les ondes sur la longueur desquelles il est accordé, et cette préférence, jointe à l'emploi d'étincelles à émission musicale dont il est facile de reconnaître la note caractéristique, permet l'usage courant de la T. S. F. dans le plus grand nombre de cas. La pratique quotidienne le démontre suffisamment.

LA DIRECTION DES ONDES. Il y aurait, évidemment, un autre moyen d'arriver à assurer un plus grand secret de communication : ce serait de pouvoir « diriger » les ondes électriques comme on dirige, à l'aide d'un miroir ou d'un projecteur puissant, un faisceau d'ondes lumineuses dans une direction déterminée.

Nous avons vu, en étudiant les propriétés générales des ondes électriques, que cette direction n'était pas possible à l'aide d'un miroir. A cause de la grande longueur des ondes employées, il faudrait donner au réflecteur quelques centaines de kilomètres de diamètre, ce qui le rendrait pratiquement impossible à construire et à manier.

On a, cependant, continué à travailler la question de la direction des ondes, et, sans être encore arrivé à une solution complète, on a réussi à trouver des dispositifs qui envoient les ondes, non pas exclusivement dans une direction déterminée, mais cependant qui les envoient « de préférence » dans celle-là.

Parmi ces solutions, la plus simple et la plus efficace jusqu'à présent paraît être l'antenne coudée de Marconi, à nappe horizontale.

Cette antenne est constituée de longs fils (fig. 42), tendus à une certaine distance au-dessus du sol, mais de façon à former une nappe horizontale. A l'extrémité où ils sont isolés, ils sont tournés dans la direction opposée à celle

LA TÉLÉGRAPHIE SANS FIL

dans laquelle doivent se propager les ondes ; à l'autre extrémité, tous les fils viennent se réunir en un câble unique, relié aux appareils de la station. Celle-ci est ainsi tournée du côté où les ondes vont se propager.

L'antenne, ainsi réalisée à la station de Clifden, en Irlande, et qui permet de correspondre directement avec Glace-Bay, au Canada, se compose de soixante fils qui sont supportés en nappe horizontale à la hauteur de 300 pieds (90 mètres) au-dessus du sol. Quand cette antenne fonctionne, elle émet, naturellement, des ondes par ses deux extrémités, mais l'expérience a démontré que les ondes qui se dirigent dans le sens de la flèche de la figure ont une portée beaucoup plus grande que celles qui se dirigent en sens contraire, beaucoup plus grande, surtout, que celles qui se dirigent latéralement. Chacune des deux antennes de Clifden et de Glace-Bay est donc orientée en sens contraire de l'autre. Et l'expérience a montré que non seulement les antennes ainsi disposées expédiaient mieux dans la direction indiquée, mais encore qu'elles « recevaient » également mieux dans cette même direction.

Voilà donc un premier pas important fait sur la voie de la solution : on a pu « avantager » une direction donnée. C'est déjà beaucoup. Espérons qu'avant longtemps on fera mieux encore.

LES DANGERS DE LA T. S. F. LA RÉSONANCE. ☠ ☠
Nous avons dû parler des inconvénients que présente la T. S. F : l'indiscrétion dans les communications et la non-syntonisation absolue des appareils, qui facilite des « brouillages » dans le radiotélégramme.

Mais à côté de ces particularités qui sont simplement des « inconvénients », voici qu'il se présente des « dangers », et ces dangers sont inhérents à l'essence même de la télégraphie sans fil, c'est-à-dire au mécanisme des ondes électriques qui en sont le facteur principal. Ce danger consiste dans le phénomène de la *résonance électrique*.

On sait ce qu'est, en acoustique, le phénomène de

LES INCONVÉNIENTS DE LA T. S. F.

la résonance : si l'on dispose d'un corps creux, présentant une cavité suivie d'un orifice, l'air contenu dans cette cavité peut vibrer pour une certaine note musicale et non pour une autre ; de sorte que, si l'on expose ce corps creux dans une salle au milieu de laquelle se fait entendre un orchestre, le corps creux, le « résonateur », renforcera uniquement la note pour laquelle il est accordé, à l'exclusion de toutes les autres. On en fait facilement l'expérience quand on assiste à une représentation de l'Opéra ou de l'Opéra-Comique avec un chapeau haut de forme sur ses genoux : on sent le fond du chapeau vibrer, non pas tout le temps de l'exécution, mais seulement à de certains moments, quand vient à retentir, au milieu de la symphonie des instruments et des voix, la note à l'unisson de laquelle sa dimension et le volume d'air qu'il renferme l'incitent à entrer en vibration sympathique.

Or la brusque décharge d'un condensateur, décharge qui produit l'étincelle oscillante, qui est, elle-même, l'origine des ondes électriques utilisées en T. S. F., est la source d'une énergie rayonnante d'autant plus considérable qu'elle est actionnée par une source d'électricité plus puissante. Au début de ses recherches, Hertz, pour explorer, au point de vue électrique, l'espace qui environnait son excitateur, avait employé un appareil qu'il nommait précisément le *résonateur*.

Ce résonateur était formé simplement d'un circuit métallique d'un fil conducteur formant un cercle coupé en un de ses points, les extrémités de la coupure étant très rapprochées l'une de l'autre, et terminées par deux petites boules placées, par conséquent, à une très petite distance l'une de l'autre (fig. 40).

Dans ces conditions, ce résonateur peut être considéré comme un condensateur dont les armatures seraient réunies en permanence par un conducteur métallique formé par le cerceau de fil interrompu. Quand on introduit

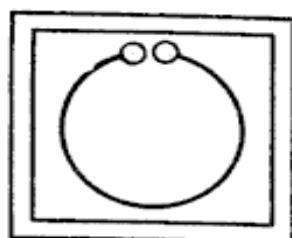


Fig. 40. — Résonateur de Hertz.

LA TÉLÉGRAPHIE SANS FIL

cet appareil dans le champ parcouru par les ondes électriques engendrées par l'éclateur et rayonnées par l'antenne, les variations de ce champ donnent naissance à des forces électromotrices d'induction qui chargent le condensateur ainsi formé. Quand la tension électrique provenant de cette charge est assez grande, le condensateur se déchargera, et une petite étincelle jaillira entre les deux boules.

Cette petite étincelle, elle-même, sera une étincelle oscillante si les dimensions du circuit métallique ont été convenablement déterminées. Ainsi l'on aura, entre les deux petites boules terminales, une série de décharges alternatives. Ces décharges auront leur intensité la plus grande si leur période est la même que celle des ondes qui produisent le courant de charge, car alors le petit condensateur constitué par le résonateur se décharge en entier par l'étincelle qui jaillit entre les boules et non par le fil qui réunit celles-ci.

L'appareil fonctionne alors comme les « résonateurs acoustiques » dont nous avons parlé plus haut, résonateurs qui ne vibrent qu'à l'unisson d'une seule note musicale. De là vient le nom de *résonateur électrique* que lui a donné Hertz, qui s'en servait au début de ses recherches pour étudier la propagation des ondes dans l'espace.

Au début des expériences sur les ondes électriques, on ne se servait, pour les déceler, que du résonateur, dont on réduisait la coupure à un intervalle infinitésimal et dont l'étincelle, dans ces conditions, était tellement petite qu'il fallait l'observer au moyen d'un microscope. C'est même la difficulté de ces observations qui fit le mérite de la découverte du radio-conducteur à limaille, faite par le professeur Branly en 1890. A cette époque, d'ailleurs, la quantité d'énergie mise en jeu dans les appareils producteurs d'ondes électriques était très faible.

Mais, aujourd'hui, les stations importantes de T. S. F. mettent en jeu des quantités d'énergie considérables : de 300 à 400 chevaux-vapeur (300 kilowatts) pour la communication entre Coltano et Massouah, elles seront de 1900 à

LES INCONVÉNIENTS DE LA T. S. F.

2 500 chevaux-vapeur pour les stations du « réseau impérial anglais ». Dans ces conditions, le phénomène de la résonance peut se produire avec plus de facilité. Nous allons même voir qu'il se produit avec « trop de facilité ».

RÉSONANCE ACCIDENTELLE. Pour que cette résonance se produise toute seule, que faut-il, en effet ? Simplement un dispositif, souvent réalisable par le simple hasard, et reproduisant la condition du résonateur électrique, c'est-à-dire un conducteur interrompu en un point. Si, toujours au hasard des dimensions, celles de ce conducteur permettent sa résonance pour une onde de longueur donnée, une petite étincelle éclatera au point de discontinuité, chaque fois qu'une onde, de puissance suffisante, viendra frapper le conducteur jouant le rôle de résonateur.

C'est ainsi qu'au voisinage des stations puissantes de T. S. F. on observe des étincelles, parfois assez importantes, qui prennent naissance par le phénomène de la résonance électrique. On peut en observer, par exemple, entre les mailles d'une chaîne placée sur le pont d'un paquebot, quand le poste de T. S. F. du bord fonctionne pour envoyer une dépêche. Au poste du mont Valérien, qui est à quelques kilomètres de la Tour Eiffel, les signaux émis par cette dernière station font naître, par résonance, des étincelles de plusieurs millimètres de longueur aux extrémités des détecteurs. Enfin rappelons que, par temps d'orage, l'éclair qui éclate entre deux nuages constitue une décharge oscillante et correspond à une très grande quantité d'énergie accumulée. Par conséquent les manifestations orageuses de l'atmosphère peuvent donner lieu à des phénomènes de résonance, c'est-à-dire à des étincelles jaillissant au point où se trouve interrompu le circuit d'un conducteur de dimensions appropriées.

LES EXPLOSIONS PAR RÉSONANCE. Une fois admise la possibilité de production d'une étincelle à distance,

LA TÉLÉGRAPHIE SANS FIL

sous l'action de la résonance provoquée par les ondes électriques, il devient facile de comprendre que ces étincelles puissent provoquer des explosions. Une expérience des plus suggestives, due à M. Frank Duroquier et décrite par lui-même dans *la Nature*, vient lever tous les doutes à ce sujet.

On prend un petit ballon de verre fermé par des bouchons de paraffine (fig. 41). On emplit ce ballon d'un « mélange détonant » formé de 2 volumes d'hydrogène, et, à travers les bouchons, on fait passer deux aiguilles d'acier dont

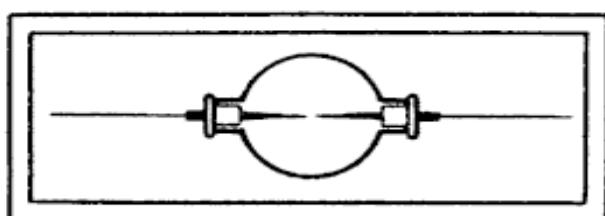


Fig. 41. — *Expérience du ballon explosant.*

les pointes, polies, arrivent très près l'une de l'autre. On relie ensuite chacune de ces deux aiguilles à un long fil isolé que l'on étend horizontalement à terre ou que l'on supporte près du sol, les deux fils étant orientés dans deux directions opposées : il est clair que le système des fils et des aiguilles constitue un *résonateur*.

Eh bien, le résultat ne se fera pas attendre longtemps : soit que l'on fasse l'expérience un jour d'orage, soit qu'on la fasse au voisinage d'un poste puissant d'émissions d'ondes électriques, le résonateur vibrera, ce qui se traduira par une étincelle jaillissant entre les deux pointes d'aiguille, et le ballon, sous l'explosion de son mélange détonant produite par l'étincelle d'induction, sautera comme le classique « pistolet de Volta ».

Or les conditions d'une étincelle jaillissant accidentellement dans un milieu explosif sont, malheureusement, plus fréquentes qu'on ne le croit.

Voici, par exemple, un paquebot avec son immense provision de charbon accumulée dans ses soutes. On sait les précautions que l'on prend pour pénétrer dans ces soutes, on n'y entre qu'avec des lampes dites « de mineur », garnies

LES INCONVÉNIENTS DE LA T. S. F.

de toiles métalliques, afin que les gaz inflammables qui pourraient faire explosion dans la lampe, au contact de la flamme, ne propagent pas leur explosion au dehors.

Or, qu'il y ait dans cette soute à charbon un paquet de chaînes, entre les mailles desquelles se trouvent forcément des solutions de continuité ? Voilà les éléments d'un résonateur. Je ne dis pas que ce résonateur « devra » fonctionner, mais il « pourra » fonctionner, soit sous l'action des ondes électriques provenant d'un orage, soit sous l'action des ondes électriques émanant d'une puissante station lointaine, soit simplement sous l'action des ondes lancées par le poste de T. S. F. du navire lui-même. Et, s'il fonctionne, c'est une étincelle qui jaillit dans un milieu inflammable ; c'est donc une cause d'incendie possible pour le navire, et peut-être est-ce à cette cause qu'il faut attribuer le récent incendie du *Voltarno* à mi-chemin des côtes d'Amérique et d'Europe, en plein milieu de l'océan Atlantique Nord. Si cette étincelle éclate dans la soute à munitions d'un cuirassé, c'est une catastrophe plus terrible encore qui peut avoir lieu, puisque alors c'est l'explosion du navire qui peut en être le résultat ; les explosions mal expliquées de l'*Iéna* et de la *Liberté*, en rade de Toulon, n'ont peut-être pas d'autre cause.

Si, dans l'armature métallique d'un ballon dirigeable, remplie de gaz inflammable, une coupure, infiniment petite fût-elle, existe entre deux pièces métalliques, cela suffit pour permettre à l'étincelle de résonance de jaillir, et de jaillir au sein même du milieu inflammable constitué par le gaz léger qui gonfle l'enveloppe de l'aéronef : c'est alors l'explosion et la perte de l'engin. Peut-être quelques-unes des catastrophes qui ont amené la destruction de plusieurs dirigeables allemands du type *Zeppelin*, dans lesquels une armature rigide se trouve au milieu de l'enveloppe, n'ont-elles pas d'autre raison.

Enfin, n'oublions pas les galeries de mines, ces galeries dont l'atmosphère renferme toujours, en quantité plus ou moins considérable, le terrible « grisou », dont l'explosion

LA TÉLEGRAPHIE SANS FIL

fait toujours tant de victimes et amène de si effroyables catastrophes. Dans ces galeries de mines existent des pièces métalliques nombreuses, à commencer par les rails sur lesquels les mineurs font rouler les wagonnets contenant la houille qu'ils arrachent au sein de la terre. Qu'une discontinuité existe sur ces rails, ce qui peut arriver aisément par suite d'un contact imparfait à la jonction de deux rails consécutifs ; aussitôt voilà un résonateur constitué, et, soit par temps d'orage, soit par suite des courants induits provoqués par de puissantes ondes électriques, une étincelle peut y jaillir, y jaillir au sein même du mélange explosif qui remplit la mine, et alors c'est la catastrophe terrible et inévitable.

LES ÉTINCELLES PAR « INTERFÉRENCES ». ☠ ☠
Il y a, d'ailleurs, des conditions « privilégiées » (si l'on peut employer cette expression) pour la production maxima de ces étincelles de résonance. Et ces conditions, M. Duroquier croit les avoir trouvées à la suite d'observations qu'il a faites personnellement, dans une station de T. S. F., qu'il a installée au lieu de sa résidence, dans l'Indre-et-Loire, à Anché. Cette station se trouve sensiblement à égale distance des postes radiotélégraphiques de Rochefort et de la Tour Eiffel, sur le milieu de la ligne droite qui joint ces deux centres puissants d'émissions d'ondes électriques. Or, il a constaté que, chaque fois que la Tour Eiffel et Rochefort transmettaient simultanément, il y avait des étincelles parasites sur les instruments récepteurs, et il a pu même renouveler, dans ces conditions, l'expérience du ballon explosant dont nous avons précédemment donné la description.

A quoi tient cette amplification des courants induits au milieu de la distance qui sépare deux postes puissants d'émission ? Sans doute à un phénomène d'« interférences » des deux ondes, interférences qui donnent naissance à des mouvements électriques particulièrement intenses, analogues aux « ventres » de tension que détermine par

(122)

LES INCONVÉNIENTS DE LA T. S. F.

endroits, le long d'un conducteur isolé par une de ses extrémités, le passage des courants alternatifs à haute fréquence.

Et alors, après avoir maintes fois constaté le phénomène dans la station d'Anché, M. Duroquier s'est préoccupé de rechercher sur la carte les situations des stations où des explosions avaient eu lieu : toutes sont situées au milieu de la distance qui sépare deux postes importants de T. S. F. C'est ainsi qu'il trouva que sa station personnelle était juste au milieu de la distance qui sépare Rochefort de Paris ; que Toulon, où deux cuirassés ont successivement sauté, était placé à mi-chemin des postes radiotélégraphiques de la Tour Eiffel et de Bizerte ; que Cardiff, où eut lieu récemment une effroyable explosion de grisou, occupait une situation exactement intermédiaire entre les postes puissants de la Tour Eiffel et de Clifden, en Irlande, et enfin que, si l'on prenait le milieu de la ligne droite qui, à travers l'Atlantique, réunit les deux stations de Clifden et de Glace-Bay, en Amérique, on constatait que ce point était exactement celui où brûla, d'une façon encore inexplicable, le navire *Volturno*. La carte ci-jointe montre, plus clairement que tout discours, la réalité de ces affirmations.

Ainsi, voilà la question posée et posée nettement. Y a-t-il là une simple coïncidence ? C'est possible, après tout. Cependant l'expérience du ballon détonant apporte un poids tout à fait particulier à l'explication de ces catastrophes par les étincelles de résonance.

Il y a donc lieu de prendre toutes les précautions nécessaires pour prévenir les accidents, dans les locaux où une explosion peut être à craindre, et d'écartez la présence de résonateurs dans tout réduit possédant des chances d'incendie, surtout à bord des navires sur lesquels fonctionne un poste de télégraphie sans fil. On aura ainsi évité qu'une découverte faite pour être une découverte « de salut » devienne une découverte « de perdition ».

CHAPITRE IX

LA TRANSMISSION DE L'HEURE PAR T. S. F.

La notion de l'heure. || L'heure universelle. || Les fuseaux horaires. || La transmission de l'heure par T. S. F. || Envoi automatique des signaux horaires. || Technique de la transmission des signaux horaires.

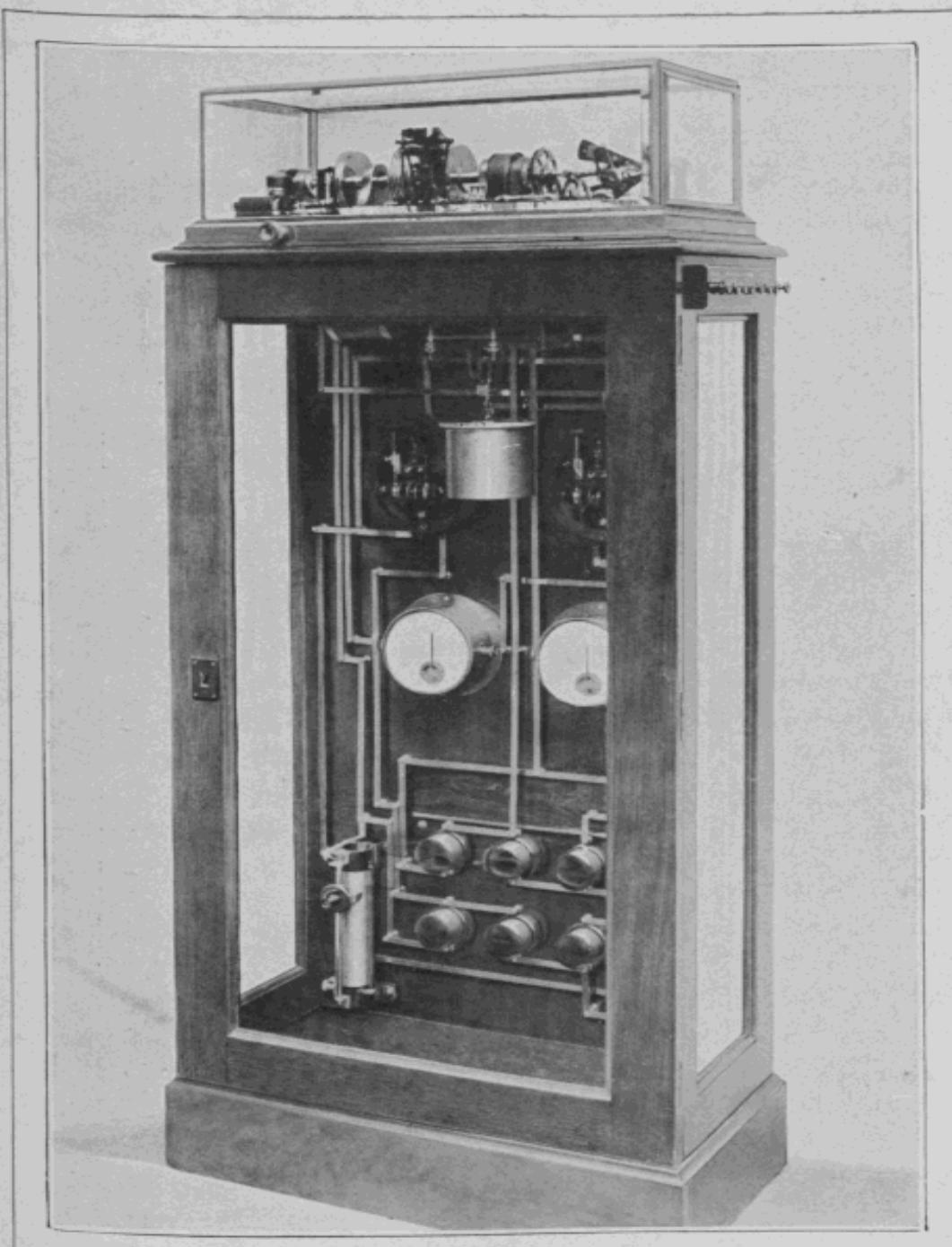
LA NOTION DE L'HEURE. ☠ ☠ La notion de l'heure, c'est-à-dire de la subdivision du temps, est aussi ancienne que l'homme : elle a dû s'imposer à son esprit dès qu'il s'est aperçu que les choses ont une « durée » et que la nuit succède au jour. Aussi, est-ce aux astres, régulateurs de la succession des jours, des mois et des années, c'est-à-dire au soleil et à la lune tout d'abord, qu'il s'est adressé pour mesurer le temps. Les cadrans solaires, les clepsydres ou « horloges d'eau » furent ses premiers chronomètres.

Le problème de l'heure est capital pour les conditions mêmes de la vie courante : il est essentiel de savoir subdiviser le temps que l'on doit consacrer à son travail, à ses plaisirs, à son sommeil. Aussi le problème, dès que la construction mécanique se fut perfectionnée suffisamment, se posa-t-il sous ses deux faces bien distinctes : la *détermination* de l'heure et la *conservation* de l'heure.

La détermination de l'heure se fait dans les observatoires astronomiques. Grâce à la précision toujours croissante avec laquelle sont construits les instruments, on peut garantir l'heure exacte à un dixième de seconde près, et l'on peut espérer l'obtenir avec la précision d'un centième de seconde.

Quant à la conservation de l'heure, c'est un problème tout à fait différent de celui de sa détermination : il se résout par les horloges.

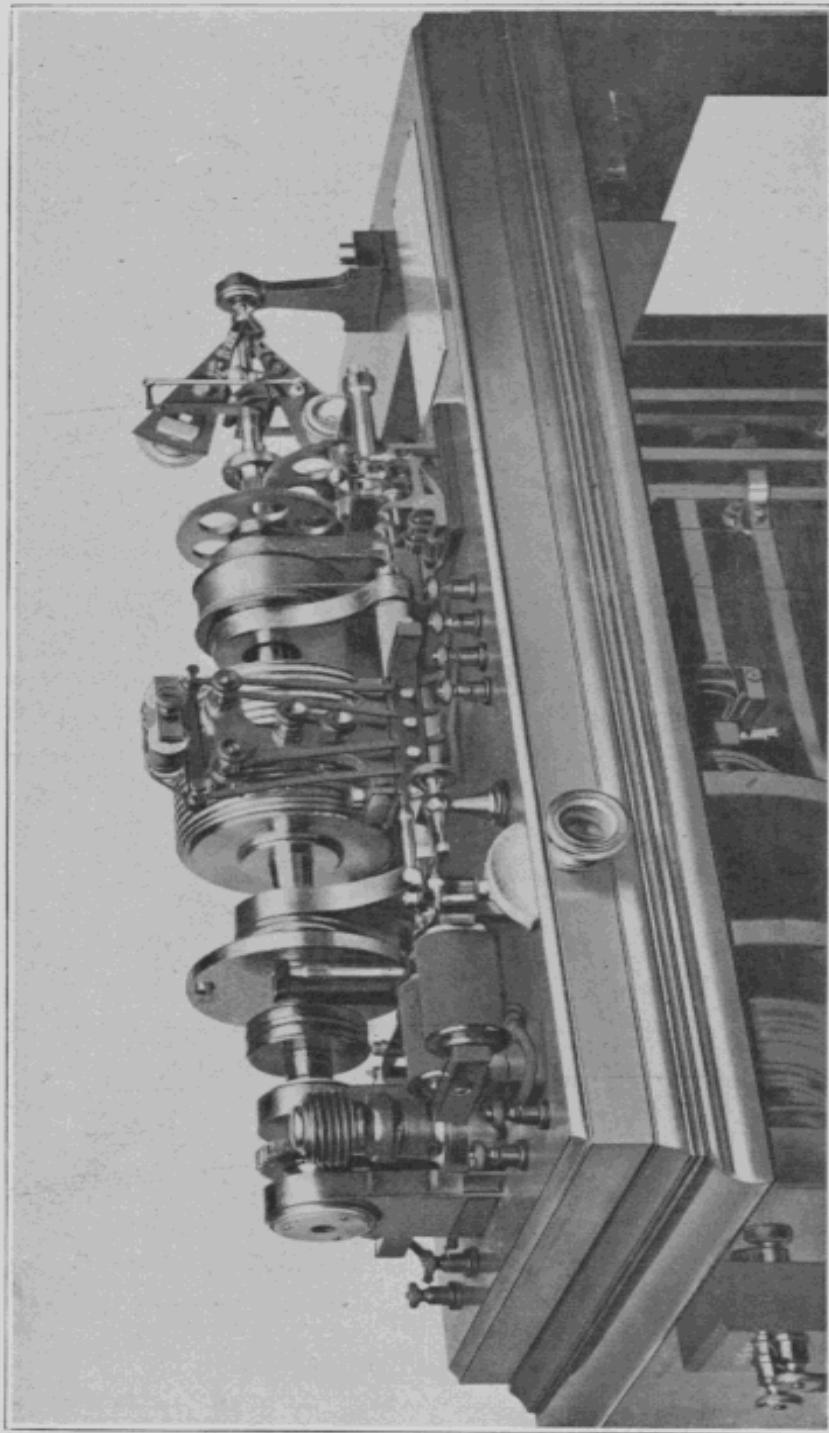
(124)



VUE DE L'APPAREIL BELIN
L'appareil Belin sert à l'émission des signaux horaires.
(Cl. E. Belin.)

La Télégraphie sans fil.

Pl. 28. Page 124.



La Télégraphie sans fil.

Pl. 29. Page 125.

APPAREIL BELIN POUR L'ÉMISSION DES SIGNAUX HORAIRES (détail)

On voit à droite le régulateur de vitesse à ailettes.

(Cl. E. Belin.)

TRANSMISSION DE L'HEURE

Toutefois, celles-ci ont un inconvénient, elles sont essentiellement fixes et ne sont pas portatives : elles doivent être fixées sur un mur. Aussi leur emploi était-il impossible à bord d'un navire, et les horlogers cherchèrent-ils de tous côtés à réaliser des « horloges portatives » dans lesquelles le poids moteur se trouvait remplacé par un ressort. Ce n'est qu'au commencement du XVII^e siècle que la construction de ces « montres » devint assez précise pour qu'on pût les employer à des usages astronomiques. A partir du XVIII^e siècle, grâce à l'émulation suscitée entre les horlogers par le concours qu'avait institué l'Académie des sciences de Paris, on voit apparaître de véritables « chronomètres », qui illustreront les noms de leurs constructeurs, Leroy et Berthoud ; au XIX^e, au XX^e siècle, ces chronomètres, jusque-là très coûteux, devinrent d'un prix plus abordable, et l'on peut avoir aujourd'hui, pour 300 francs, une « montre de torpilleur » assez portative pour être mise dans le gousset, et assez précise pour être un excellent « garde-temps ».

C'est en « transportant l'heure » par des chronomètres que les marins, jusqu'à ces derniers temps, pouvaient déterminer la longitude en mer, que les compagnies de chemins de fer réglaient, au début de leurs exploitations, les horloges de leurs gares, qui doivent toutes indiquer la même heure et la même minute pour assurer la précision du service des trains.

L'HEURE UNIVERSELLE. ☿ ☿ La forme même de la terre, qui est, à très peu de chose près, une sphère, le mouvement de rotation dont elle est animée autour de son axe, font que chaque point de la terre défile à son tour devant le soleil. Au moment où il passe devant l'astre, il est *midi vrai*, et il en résulte forcément qu'il ne peut être midi que pour un seul point de la terre à la fois. Chaque point du globe a donc son *heure locale* ; quoi que l'on puisse faire ou penser, quand il est midi à Paris, il y a cinquante-cinq minutes que la ville de Vienne, en Autriche, a passé devant le soleil au cours du mouvement diurne de la

LA TÉLÉGRAPHIE SANS FIL

terre, et il ne peut être à la fois midi dans ces deux stations.

Tant que les communications entre les peuples furent peu rapides, tant que les voyages sur terre se faisaient par des véhicules marchant lentement, ayant leurs itinéraires indépendants les uns des autres et assez clairsemés sur les routes, on se contenta de l'heure locale de chaque endroit. Mais, quand l'invention et la généralisation des chemins de fer vinrent poser le problème de la circulation rapide des trains sur une voie unique, il fallut songer à unifier l'heure des diverses stations. Ce fut l'époque où l'on avait, dans chaque ville de France, deux « heures » différentes : l'« heure de la ville » et l'« heure de la gare », qui était celle de Paris, transmise télégraphiquement. L'heure de la ville avançait sur l'heure de la gare pour les stations situées à l'Est de Paris ; elle retardait, en sens contraire, pour les stations situées à l'Ouest. La différence des heures n'était pas d'ailleurs sans atteindre une valeur relativement importante pour les points extrêmes du territoire : elle atteignait vingt-sept minutes à Brest et vingt minutes, en sens contraire, à Nice.

Les inconvénients de cette double numération furent si manifestes que, dès 1891, une loi rendit réglementaire pour toute la France l'heure de Paris. Les divers États du monde avaient d'ailleurs pris des mesures analogues, chacun pour l'étendue de son territoire. Cela allait très bien tant qu'on ne sortait pas d'un État déterminé, mais l'inconvénient devenait grave quand il fallait passer d'un État dans un autre, et, pour en citer un cas typique et demeuré classique, sur le bord du lac de Constance, dont les rives baignent cinq États différents : la Suisse, le Duché de Bade, la Bavière, la Wurtemberg et l'Autriche, on ne comptait pas moins de cinq heures différentes ! De là une confusion, tout au moins une complication extrême dans les horaires des bateaux et des chemins de fer.

Ainsi l'heure *nationale*, suffisante pour un même pays de peu d'étendue, devient insuffisante quand il s'agit de plusieurs États ; elle le devient même pour un seul pays, si l'étendue de celui-ci de l'Est à l'Ouest est considérable.

(126)

TRANSMISSION DE L'HEURE

C'est le cas pour les États-Unis en Amérique, pour l'Empire Russe sur l'ancien continent : pour ce dernier pays, il serait midi à l'est de la Sibérie, quand il ne serait que deux heures du matin à Saint-Pétersbourg : une heure unique y serait donc en contradiction avec les conditions mêmes de la vie, conditions réglées sur le lever et le coucher du soleil.

LES FUSEAUX HORAIRES. En présence de l'impossibilité de trouver une heure vraiment « universelle », on pensa alors à se plier aux exigences solaires : puisque les points de la terre défilent en vingt-quatre heures devant le soleil, divisons le globe, comme un énorme melon, en vingt-quatre tranches égales ; décidons que, dans chacune de ces tranches, on emploiera une seule heure, celle de son méridien central. Dans ces conditions, quand on passera d'un fuseau dans un autre, la différence sera exactement d'une heure « ronde ». Il suffira d'avancer ou de reculer d'une heure exactement la petite aiguille de sa montre : la grande aiguille restera en place, et les minutes seront les mêmes sur toute l'étendue de la terre.

C'est ce système, appelé système des *fuseaux horaires*, qui a prévalu pour l'heure universelle : la France l'a adopté officiellement depuis 1911. La carte de la planche hors texte en montre la réalisation sur la surface de la terre entière. Chaque fuseau occupe 15° de longitude et prend l'heure du méridien qui est à son centre, le méridien originaire étant celui de Greenwich. Les pays de petite ou de moyenne étendue adoptent, pour tous les territoires, l'heure du fuseau correspondant ; ceux qui sont coupés par plusieurs fuseaux répartissent leurs provinces suivant les diverses heures des fuseaux qui en coupent la surface la plus grande.

Mais il restait à « réaliser » cette conception de l'heure universelle, à assurer qu'effectivement, sur toutes les horloges précises de la Terre, l'aiguille des minutes et celle des secondes indiqueraient, au même instant, le même chiffre.

La première idée qu'on avait eue était d'unifier l'heure

LA TÉLÉGRAPHIE SANS FIL

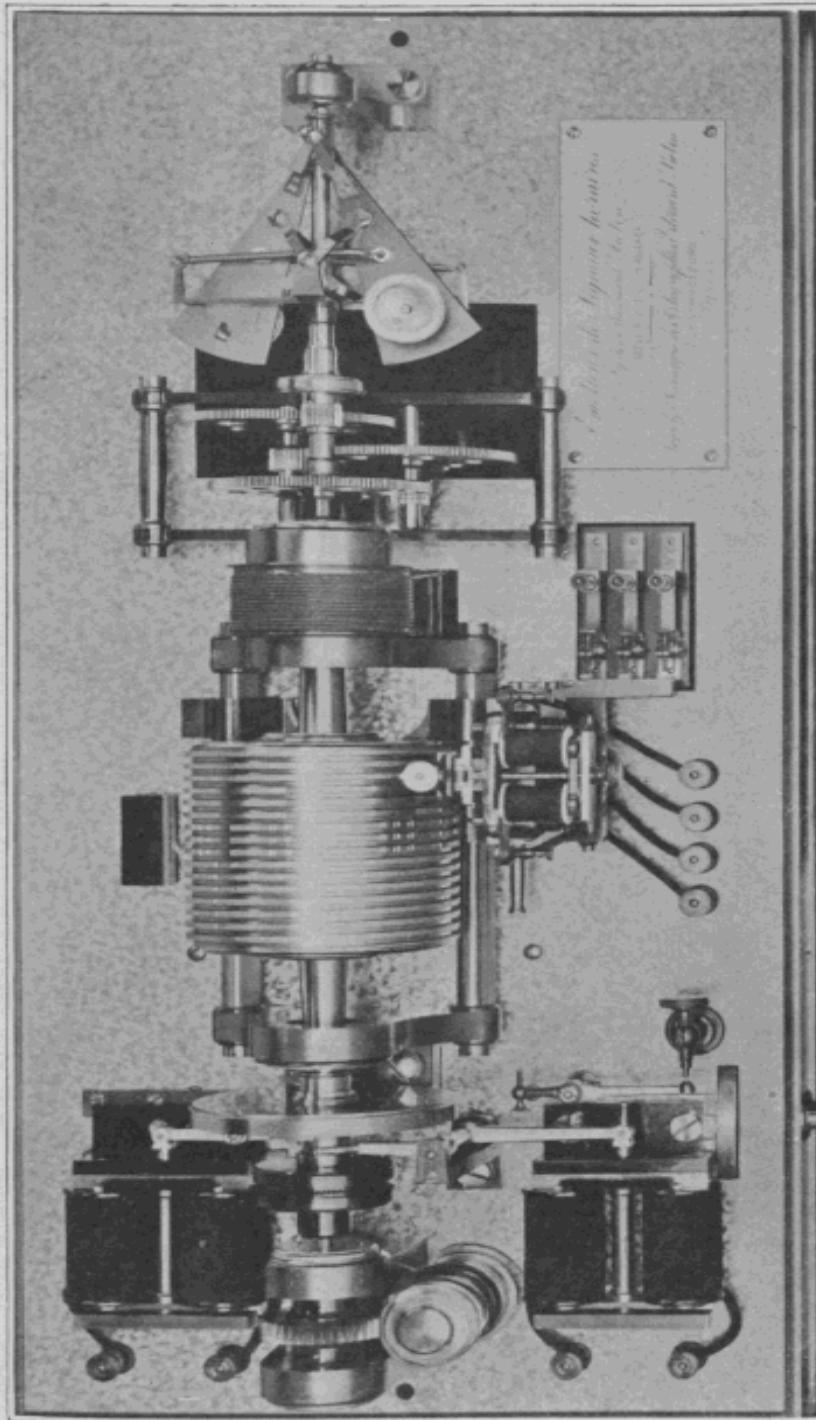
par le télégraphe électrique. A cet effet, la pendule de l'Observatoire est munie d'un dispositif qui envoie dans des lignes télégraphiques des signaux très courts, à des heures convenues. Ces signaux sont reçus dans les stations intéressées ; suivant les cas, ils sont enregistrés graphiquement ou simplement perçus à l'oreille, et permettent aux observateurs de ces stations de connaître exactement la « marche » de leur pendule ou de leur chronomètre, c'est-à-dire l'écart qu'ils présentent avec la pendule type du premier méridien.

Ce procédé permet la précision du dixième de seconde, ce qui est déjà bien ; mais il a l'inconvénient d'exiger un « fil », et, par conséquent, de ne pouvoir s'appliquer ni à l'envoi de l'heure aux navires en mer, ni à cet envoi aux explorateurs qui parcourrent des contrées inconnues. De plus, en ce qui concerne la distribution de l'heure, celle-ci ne pouvait être faite qu'à quelques centres importants, qui devaient, à leur tour, la transmettre à des stations secondaires. De là des complications et des introductions de cause d'erreurs inévitables.

LA TRANSMISSION DE L'HEURE PAR T. S. F. ☎ ☎

C'est alors que le Bureau des Longitudes eut l'idée de proposer aux États civilisés la transmission de l'heure par télégraphie sans fil. Déjà, depuis 1910, des essais plus que concluants avaient été faits par le poste de la Tour Eiffel. Aussi décida-t-il de réunir à Paris, en octobre 1912, une *Conférence internationale de l'heure*, qui réglementerait la distribution de l'heure à l'aide de signaux émis par des stations de télégraphie sans fil.

On voit immédiatement les avantages de cette méthode. La portée actuelle des ondes émises par la Tour Eiffel est de 6 500 kilomètres environ. Les signaux envoyés par la Tour pourront donc rayonner, non dans une direction unique, mais dans toutes les directions dans la limite de cette portée considérable. La généralisation du service de l'heure, de cette façon, ne comporte plus de limite, les signaux étant reçus par les observatoires, par les sta-

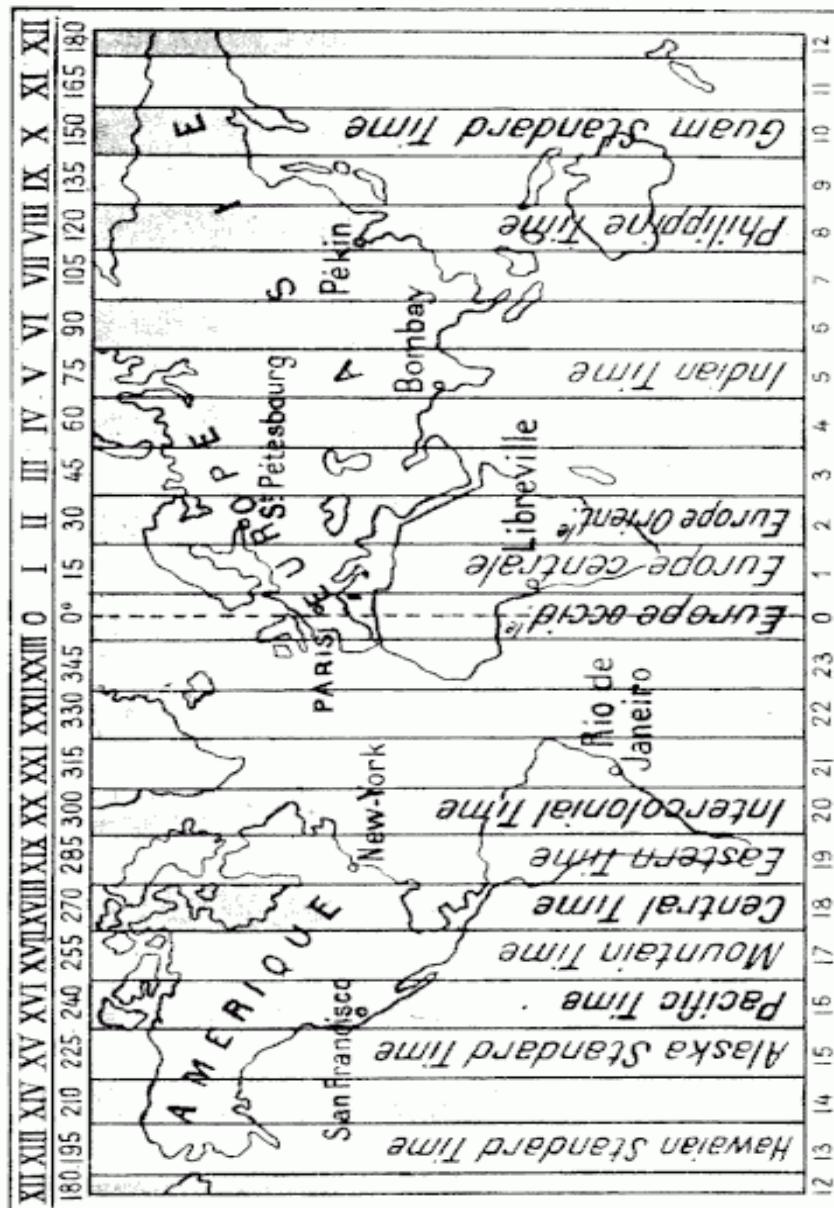


La Télégraphie sans fil.

Pl. 30. Page 128.

APPAREIL BELIN POUR L'ÉMISSION DES SIGNAUX HORAIRES (vue en plan)

On voit le cylindre avec ses rainures cannelées qui établissent ou interrompent les contacts suivant le rythme déterminé.
(Cl. E. Belin.)



La Télégraphie sans fil.

Pl. 31. Page 129.

CARTE DES 24 FUSEAUX HORAIRES

La surface de la terre est partagée en 24 tranches dont chacune met une heure à défile devant le soleil. Quelques-uns de ces fuseaux sont universellement désignés par un nom télégraphique déterminé qui servira à les reconnaître : Ex. Europe occidental, Pacific Time, etc.

TRANSMISSION DE L'HEURE

tions de T. S. F., par les navires et même par les simples particuliers. Les résultats en furent confirmés par la détermination précise des différences de longitude entre Paris et Bizerte et entre Paris et Washington.

Dès lors, il ne restait plus qu'à réglementer l'envoi de l'heure par T. S. F. C'est ce que fit la Conférence de 1912 et celle qui vient de se réunir à nouveau en octobre 1913. Il a été décidé, d'abord, de créer à Paris un *Bureau international de l'heure*, qui devra centraliser les observations faites par tous les observatoires correspondants.

Ce n'est pas trop, en effet, de plusieurs observatoires pour avoir, à chaque instant, l'heure la plus exacte. Si l'observatoire de Paris pouvait, chaque jour, observer les astres, il connaîtrait rigoureusement la marche de sa pendule. Mais les jours nombreux où le ciel est couvert de nuages empêchent alors les observations astronomiques. Heureusement, le ciel n'est pas couvert à la fois sur toute la terre, et les observatoires plus favorisés peuvent envoyer par télégramme, à Paris, le résultat de leur observation d'heure : le Bureau central en déduit, alors, l'heure la plus probable, et, à son tour, par l'intermédiaire de la Tour Eiffel, il la fera connaître aux stations correspondantes.

A cet effet, on a désigné un certain nombre de postes radio-télégraphiques puissants pour émettre, une ou deux fois par jour, à des heures « rondes » déterminées, des signaux horaires analogues à ceux de la Tour, dont ils auront, eux-mêmes, reçu l'heure exacte :

Voici ces stations, avec l'indication des heures où elles émettent leurs signaux :

	Heures.		Heures.
Paris (Tour Eiffel), mi-nuit ou.....	0	Norddeich (Allemagne), midi ou.....	12
San-Fernando (Brésil).	2	San-Fernando (Brésil).	16
Arlington (États-Unis).	3	Arlington (États-Unis).	17
Mogadiscio (Somalie italienne).....	4	Massaouah (Érythrée).	18
Manille (Philippines).	5	San-Francisco (États-Unis).....	20
Tombouctou (Soudan).	6	Norddeich (Allemagne).	22
Paris (Tour Eiffel)....	10		

LA TÉLÉGRAPHIE SANS FIL

Quant aux modes d'émission des signaux, ceux-ci sont faits dans les trois dernières minutes de l'heure qui précède l'heure indiquée ci-dessus, conformément au schéma que nous avons donné sur la planche hors texte, par des séries de points et de traits. Voici les raisons qui ont milité en faveur de cette combinaison.

Évidemment, un point bref et sec est un signal facile à percevoir et à noter exactement, surtout quand on est prévenu de son arrivée prochaine par une série de signaux dits « d'avertissement ».

Mais nous avons vu qu'il existe en permanence, dans l'atmosphère, des signaux parasites dus aux orages, aux manifestations électriques, aux courants telluriques et à d'autres causes sans doute inconnues ou même insoupçonnées. Le résultat pratique de ces causes dépendantes d'ondes diverses se traduit, dans le téléphone, par des crachements, des bruits rauques, analogues au bruit de « friture » des téléphones. Ces crachements, secs et brefs eux-mêmes, peuvent parfaitement masquer les signaux formés eux-mêmes d'un point sec et bref, tandis qu'ils ne masqueront pas un trait, d'une durée d'une seconde, qui continuera d'être perçu nettement, surtout s'il provient d'un poste à émission musicale, c'est-à-dire donnant une note de hauteur donnée. L'opérateur apprécie alors soit le commencement, soit la fin du trait, et si celui-ci dure exactement une seconde, l'appréciation du signal horaire se fait avec toute la précision désirable.

ENVOI AUTOMATIQUE DES SIGNAUX HORAIRES.

¤ ¤ Quand la Conférence de l'heure décida d'émettre des signaux horaires suivant le schéma que nous avons reproduit, page 69, il devint évident qu'il était difficile de charger un observateur unique d'émettre, à la main, cette longue série de signaux : cela eût exigé de lui qu'il observât, d'une part, la pendule et que, d'autre part, il actionnât un manipulateur. Il fut donc décidé que des appareils spéciaux seraient mis à l'étude, pour permettre à la pendule directrice de l'Obser-

TRANSMISSION DE L'HEURE

vatoire d'envoyer elle-même, automatiquement, les signaux radiotélégraphiques suivant la règle adoptée pour le service international de l'heure.

C'est l'ingénieur français Édouard Belin qui a résolu le problème de la façon la plus élégante et la plus précise, par son appareil émetteur de signaux horaires, qui fonctionne à l'Observatoire de Paris depuis le 31 juillet 1913.

Cet appareil met en jeu une énergie locale : celle d'un poids moteur, qui est simplement déclenché par la pendule, à l'aide d'un contact électrique, au moment voulu. La chute de ce poids met en marche, avec une vitesse rigoureusement uniforme, maintenue constante par un régulateur centrifuge de haute précision, un cylindre sur lequel sont des disques « distributeurs de signaux ». Ces disques portent, sur leur circonference, des dents espacées suivant les intervalles qui séparent les points et les traits des signaux horaires, et un contact, au moment où ces dents passent devant lui, actionne un relais et émet directement les signaux horaires par l'intermédiaire des ondes électriques de la Tour Eiffel avec laquelle l'appareil est relié par une ligne télégraphique directe.

Ce qu'il y a de remarquable dans cet appareil, c'est qu'il n'est ni une pendule, ni un garde-temps. C'est un engin automatique qui se met en mouvement par la commande précise d'une pendule directrice ou intermédiaire synchronisée, munie de dispositifs convenables de déclenchement. Il ne nécessite normalement aucune mise à l'heure spéciale, et son fonctionnement est exact si la pendule directrice est, elle-même, rigoureusement mise à l'heure.

Le système, purement mécanique, est synchronisé toutes les dix secondes par une pendule produisant une rupture de circuit toutes les deux secondes : le moment de la fonction de synchronisme a été choisi entre les signaux, et l'arrêt qui se produit à cet instant n'est perceptible que pendant les appels. On peut ainsi s'assurer de la régularité de marche de l'appareil avant l'émission des signaux horaires proprement dits. Du reste, bien que le régime de

LA TÉLÉGRAPHIE SANS FIL

marche des cylindres distributeurs de signaux ne soit pas modifié, il a cependant été tenu compte du temps d'arrêt de synchronisme lors de la construction, et la précision exacte est rigoureusement entretenue.

L'émission est produite par l'ouverture brusque d'un interrupteur de haute précision, dont le fonctionnement ne nécessite qu'un effort négligeable, incapable d'apporter à la marche de l'appareil la plus petite perturbation. Quand cette émission est terminée, le poids moteur est automatiquement remonté par un moteur électrique dont la mise en route est réglée par un contact de « fin de course », et l'appareil revient de lui-même à sa position d'origine. À ce moment, tous les circuits sont automatiquement coupés, et l'appareil, remis à l'heure pour l'envoi suivant, ne consomme, entre temps, absolument rien. Ramené à l'insensibilité complète, il ne risque, entre deux séries d'émission, ni dérangement ni déréglage.

La mise à l'heure peut être assurée avec une précision toute particulière de l'ordre du millième de seconde. Elle peut être effectuée soit à l'arrêt, soit pendant la marche, par la manœuvre d'un bouton extérieur, et la lecture se fait sur un tambour micrométrique. La durée absolue des signaux peut, s'il est nécessaire, être modifiée par un bouton à division micrométrique.

Le fonctionnement de l'appareil est assuré par deux petites batteries d'accumulateurs, qui, pour une capacité de 20 ampères-heure, doivent être chargées seulement deux ou trois fois par mois. La première, de 8 volts, est destinée aux relais ; la seconde, de 12 volts, est destinée à l'électro-aimant de synchronisme ainsi qu'au moteur qui sert à remonter le poids.

Enfin, ajoutons que, indépendamment des signaux d'appel et des signaux horaires prévus par la Conférence, l'appareil peut envoyer, pendant la minute précédente, des signaux préalables facultatifs ayant chacun la durée d'une seconde ronde. Ces signaux, destinés au contrôle des relais et aux réglages qui pourraient sembler nécessaires, ne sont émis

TRANSMISSION DE L'HEURE

que si l'on presse sur un bouton extérieur à l'appareil, et tant que l'on presse sur ce bouton : il est ainsi impossible de commettre le moindre oubli, et ces signaux spéciaux ne risquent, en aucun cas, d'être émis involontairement.

Tel est, dans ses grandes lignes, l'appareil émetteur de signaux de l'ingénieur Édouard Belin. Il a été placé à l'Observatoire de Paris, le 28 juillet 1913 ; une vérification de son fonctionnement fut faite le lendemain, 29 juillet, et, en raison de la précision du résultat, l'appareil fut mis en service effectif le 31 juillet. Depuis ce jour, l'appareil a assuré le service de l'heure sans nécessiter la moindre retouche.

TECHNIQUE DE LA TRANSMISSION DES SIGNAUX HORAIRES. Enfin, disons un mot des conditions techniques dans lesquelles ces signaux sont envoyés : car il ne suffisait pas d'unifier le mode de leur envoi, mais il fallait réglementer du même coup les caractéristiques de leur émission au point de vue radiotélégraphique.

Il fallait, d'une part, faciliter à tous la réception de l'heure en permettant l'installation de récepteurs aussi simples que possible et d'un prix de revient aussi réduit que possible. Il était nécessaire, d'autre part, afin d'éviter la perturbation provenant d'ondes similaires, de décider l'adoption d'une ou de plusieurs longueurs d'onde déterminées pour transmettre les signaux horaires. La Conférence de l'heure s'est rangée à l'avis le plus simple : celui de l'adoption d'une longueur d'onde unique de 2 500 mètres.

Certes il eût pu paraître désirable d'employer, pour les signaux horaires, une longueur d'onde plus courte, dans le but de faciliter leur réception par les navires qui fonctionnent habituellement avec la longueur d'onde de 600 mètres ; mais il faut bien remarquer que le matériel radiotélégraphique s'est grandement perfectionné pendant les dernières années : on ne peut plus considérer l'emploi d'ondes de grande longueur comme une complication, et l'on peut toujours organiser à bord les dispositifs nécessaires

LA TÉLÉGRAPHIE SANS FIL

à leur réception. D'autre part, ces ondes de grande longueur ont bien des avantages : elles se propagent plus loin et mieux, surtout dans les pays tropicaux, où, au cours de la journée, les ondes courtes sont vite atténuées.

Enfin, grâce à l'étude que nécessite la transmission précise des signaux horaires à grande distance, des expériences décisives vont être instituées pour élucider diverses parties encore obscures en matière de T. S. F., en particulier sur le rôle, encore bien mal connu, de l'antenne : les expériences faites en Allemagne, où l'on a pu recevoir les ondes de Glace-Bay, au Canada, simplement avec des fils nus couchés par terre, montrent qu'il y a encore beaucoup à apprendre dans cette voie.

Ce sera la Conférence de l'heure qui aura eu le mérite de tracer la route à suivre.

Quoi qu'il en soit, les avantages de la transmission radio-télégraphique de l'heure commencent à éclater à tous les yeux ; on commence à s'en préoccuper dans divers pays, et notamment chez nos voisins les Belges : à la date du 21 février dernier, le ministre des postes et télégraphes vient de décider l'organisation régulière de la transmission de l'heure effective deux fois par jour par la station de la Tour Eiffel. A cet effet, trente-quatre bureaux de télégraphe vont être munis d'antennes et de postes de réception des signaux. Ces bureaux pourront ainsi recevoir les signaux horaires leur fournissant l'heure exacte et transmettre cette heure, télégraphiquement cette fois, aux bureaux secondaires.



CHAPITRE X

LES REGLEMENTS DE LA T. S. F.

La nécessité d'un règlement. || L'intercommunication obligatoire. || Les stations fixes. || Organisation des émissions. || Cas de détresse. || Télégraphistes. || La réglementation intérieure de la T. S. F. || Peut-on se passer de l'autorisation ?

LA NÉCESSITÉ D'UN RÈGLEMENT. Parmi toutes les merveilles qu'aura fait naître la T. S. F., l'une des plus remarquables, assurément, sera d'avoir amené tous les États du monde à s'entendre pour édicter, à son sujet, une réglementation commune.

Cette réglementation, en effet, s'imposait. Au début de la T. S. F., en 1899, les communications à courte distance ne permettaient pas de prévoir le rapide développement que devait prendre si rapidement le nouveau mode de communication. Mais, quand la portée des messages fut augmentée, quand le nombre des radiotélégrammes échangés devint considérable, quand certaines compagnies prétendirent exercer un véritable monopole sur la transmission des messages en n'acceptant de transmettre que ceux qui émaneraient d'appareils de leur système, il parut indispensable de grouper les représentants des diverses nations civilisées pour arriver à une entente commune.

Une première conférence internationale fut tenue à Berlin en 1906. On ne put y faire admettre le principe de l'intercommunication *obligatoire* : on se trouvait en présence de contrats déjà signés entre divers États et des compagnies de T. S. F., de sorte qu'il fut impossible de réglementer définitivement ce point, capital pourtant au double point de vue du développement de la T. S. F. et surtout de la sécurité de la navigation.

(135)

LA TÉLEGRAPHIE SANS FIL

On décida donc de réunir à Londres, en 1912, une deuxième conférence. Dans l'espace de six années, d'ailleurs, les progrès de la radiotélégraphie avaient été rapides ; on communiquait d'une rive à l'autre de l'Atlantique, et un désastre maritime sans précédent, le naufrage du *Titanic*, arrivé en avril de cette même année 1912, avait fortement ému l'opinion publique, qui avait manifesté, par la voix de la presse, le désir universel de voir réglementer la T. S. F. au point de vue de l'intercommunication des navires, afin d'assurer la sécurité de ceux-ci en cas de détresse.

C'est dans ces conditions que s'ouvrit la Conférence de Londres, en juin 1912.

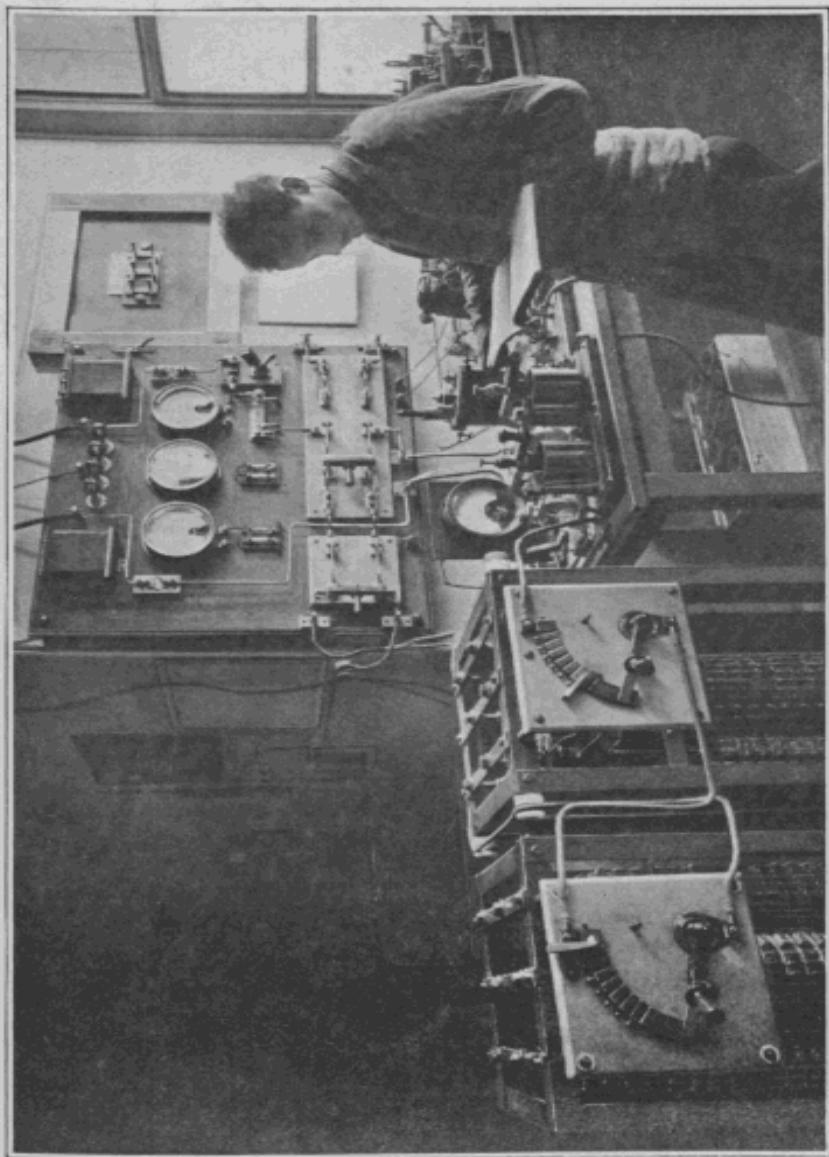
L'INTERCOMMUNICATION OBLIGATOIRE. Aussi, la première chose que décida la Conférence internationale de Londres fut-elle de rendre obligatoire l'intercommunication entre les postes des navires, et ceci, à l'honneur des délégations des États réunis, a été voté à l'unanimité :

« Les stations côtières et les stations de bord sont tenues d'échanger réciproquement les radiotélégrammes, sans distinction du système radiotélégraphique employé par ces stations.

« Chaque station de bord est tenue d'échanger les radiotélégrammes avec toute autre station de bord, sans distinction du système radiotélégraphique employé par ces stations. »

C'était donc la fin du monopole auquel prétendait, en particulier, une puissante compagnie anglaise.

De plus, pour ne pas entraver les progrès, toujours en train de se produire surtout en matière de T. S. F., la Conférence a examiné le cas où il viendrait à surgir un système nouveau, s'imposant par des qualités exceptionnelles, mais tel, cependant, que ses messages ne pussent être reçus par les postes ordinaires. Fallait-il interdire un tel système ? C'eût été mettre par avance un obstacle au progrès à venir. Fallait-il obliger les stations qui posséderaient ce nouveau système à être munies, en outre,

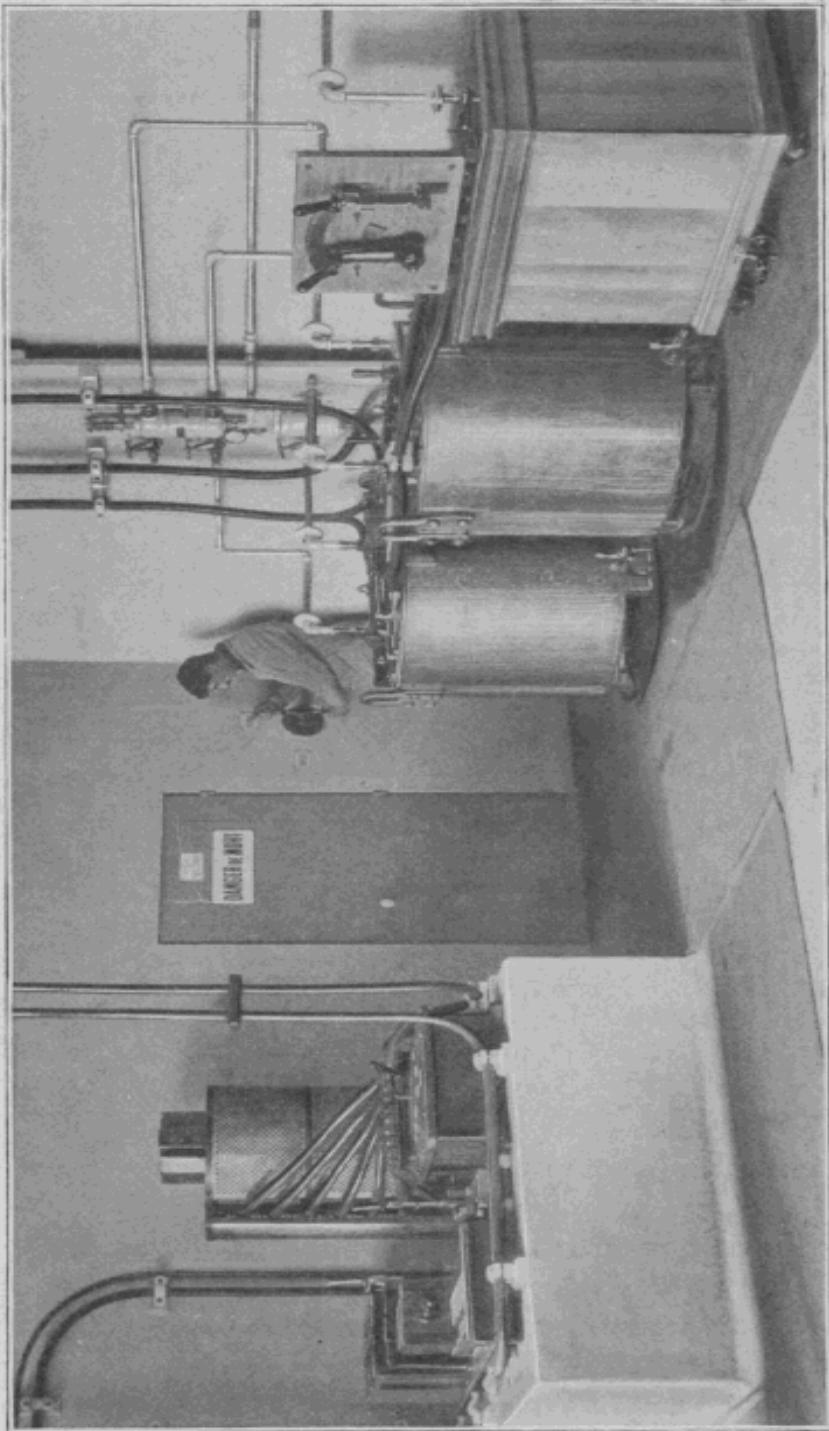


La Télégraphie sans fil.

Pl. 32. Page 136.

LE POSTE DE LA TOUR EIFFEL

Le manipulateur pour l'envoi des signaux. Sur le mur se voient les appareils de mesure.



La Télégraphie sans fil.

PI. 33. Page 137.

LE POSTE DE LA TOUR EIFFEL
Les enveloppes contenant les selfs de résonance et la porte des condensateurs.

(Cl. Boyer.)

LES RÈGLEMENTS DE LA T. S. F.

d'appareils des modèles couramment usités? La Conférence a admis l'emploi éventuel d'un système radiotélégraphique non susceptible de communiquer avec les autres systèmes, pourvu que cette incapacité ne soit pas l'effet de dispositifs imaginés en vue uniquement d'empêcher l'intercommunication. En ce faisant, elle a pris une décision aussi sage que libérale.

LES STATIONS FIXES. ☠ ☠ Depuis la Conférence de Berlin, depuis que des stations radiotélégraphiques à longue portée avaient été construites un peu partout, il était nécessaire de régler les communications entre postes fixes établis à terre ; à Berlin, on ne s'était occupé que des communications entre les stations côtières et les navires, ou entre ceux-ci seulement.

C'était d'autant plus nécessaire que deux puissances, l'Angleterre et la France, projetaient et projettent encore, chacune de son côté, l'installation d'un « réseau mondial » de radiotélégraphie, réunissant la métropole à toutes ses possessions coloniales, y compris celles qui sont situées à peu près aux Antipodes, comme la Nouvelle-Calédonie, ou la Nouvelle-Zélande, par exemple.

La Conférence de Londres a laissé toute latitude aux États d'établir, en toute liberté, des communications entre stations fixes, sous la réserve que ces communications seraient instituées de façon à ne pas troubler les services des autres stations du même genre, et sous réserve, aussi, qu'elles accepteraient, par droit de priorité absolue, les appels de détresse qu'elles pourraient recevoir, et y donneraient la suite qu'ils comportent. Et ici encore a été affirmé le principe de l'obligation de l'intercommunication, quel que soit le système d'appareils employé.

La reconnaissance de ce droit des États, par la Conférence de Londres, a été un point d'une extrême importance, car c'est la consécration officielle de l'entrée de la télégraphie sans fil dans les services publics autres que les services maritimes : il est inutile d'insister sur l'importance de cette

LA TÉLÉGRAPHIE SANS FIL

décision. Évidemment, il faudra qu'une entente s'établisse entre États voisins qui voudraient installer des postes « terrestres » puissants pour éviter l'emploi d'ondes susceptibles de se brouiller réciproquement ; mais l'essentiel était que le principe fût posé, et il l'est.

ORGANISATION DES ÉMISSIONS. ☠ ☠ La pratique de la T. S. F. a surabondamment démontré l'intérêt, sinon la nécessité qu'il y avait à ce que chaque station de bord pût disposer, à sa volonté, de plusieurs longueurs d'onde afin de pouvoir, en cas de besoin, éviter des brouillages avec des transmissions semblables. La Conférence a adopté une mesure transactionnelle, en imposant aux stations côtières et aux stations de bord d'avoir deux longueurs d'onde : l'une de 600 mètres, l'autre de 300. De cette façon, les appareils établis par construction pour deux longueurs d'onde déterminées ne seront pas plus compliqués, mais les stations auraient, en cas de perturbation ou de brouillage, la ressource précieuse de passer de la première longueur d'onde à la seconde. Toutefois, pour les navires de petit tonnage : caboteurs ou chalutiers à vapeur, dont la longueur d'antenne est trop courte pour permettre la réalisation efficace d'ondes de 600 mètres, la longueur exclusive d'ondes de 300 mètres a été rendue réglementaire.

Enfin, dans le but de diminuer les perturbations que peuvent se causer les uns aux autres les postes de T. S. F., dont le nombre va sans cesse en croissant, la Conférence a décidé d'interdire le montage par excitation directe, qui donne des oscillations à grand amortissement et qui rend difficile l'accord des appareils récepteurs avec les ondes de l'appareil émetteur : l'emploi de ces dispositifs ne sera plus toléré que sur les petits navires dont l'énergie disponible pour la T. S. F. ne dépasse pas 50 watts, c'est-à-dire un quinzième de cheval environ. En outre, il a été décidé que les stations ne devraient transmettre à pleine puissance que pour les correspondants très éloignés : elles devront être

(138)

LES REGLEMENTS DE LA T. S. F.

munies de dispositifs réduisant la portée dans les cas où une grande portée n'est plus nécessaire.

En ce qui concerne la transmission des dépêches d'un navire avec les stations de bord, et pour éviter les perturbations provenant des croisements des messages, il a été décidé que toute station de bord devait transmettre ses messages à la station côtière *la plus rapprochée*, exception faite pour un navire qui communique avec son pays d'origine; et, dans ce cas, les deux postes correspondants doivent faire usage de la longueur d'onde de 1 800 mètres : de cette façon, on évitera les troubles que ces communications auraient pu apporter à celles des pays ou des postes par-dessus lesquels elles passent.

Enfin, pour les *radiophares*, c'est-à-dire pour les stations côtières de faible portée destinées uniquement à émettre des signaux ayant pour but de guider, dans la brume, les navires qui naviguent à proximité des côtes, on a fixé la longueur d'onde à la valeur uniforme de 150 mètres.

CAS DE DÉTRESSE. C'est un peu sous l'impression du récent désastre du *Titanic* que la Conférence de Londres a examiné ce qui concerne les signaux de détresse. Sans imposer la T. S. F. à bord de tous les navires, mesure qui sera adoptée dans une autre conférence de sauvetage maritime réunie sous l'initiative du gouvernement allemand, elle s'est préoccupée de régler le service à bord des bâtiments qui sont, actuellement, pourvus de postes de T. S. F.

Il est certain que, si la réglementation du service eût été mieux faite, les appels de l'opérateur de T. S. F. du *Titanic* eussent été mieux entendus, par un plus grand nombre de navires, et que l'on eût pu sauver beaucoup plus de vies humaines, peut-être même toutes celles des personnes présentes à bord. Il était donc essentiel de réglementer les services de la radiotélégraphie à bord de navires munis de postes de T. S. F.

Sur beaucoup de navires, sur les grands paquebots notam-

LA TÉLÉGRAPHIE SANS FIL

ment, le poste de radiotélégraphie est ouvert nuit et jour : plusieurs télégraphistes se relaient aux écouteurs et peuvent ainsi entendre les appels de détresse qui leur parviennent. Mais, sur d'autres bâtiments, de beaucoup plus nombreux, les postes restent sans opérateur pendant des heures de suite : il en résulte que les appels d'un navire en détresse situé dans le voisinage et demandant du secours ne seraient pas entendus.

La Conférence de Londres a imposé à toute station de bord soit un service « d'écoute » permanent pour les navires ayant un nombreux personnel, soit, pour ceux où le personnel est plus réduit, un service d'écoute limité aux dix premières minutes de chaque heure. De cette façon, comme les signaux de détresse sont en général répétés pendant longtemps, ils seront sûrement recueillis à temps pour que le secours apporté puisse être efficace.

En outre, il fallait éviter que les appels de détresse fussent couverts par les signaux que certaines puissantes stations côtières envoient aux navires en route, sous forme de télegrammes de presse, pour leur donner les nouvelles de la journée, car, pendant l'émission de ces télegrammes souvent très longs, les appels de détresse seraient dans l'impossibilité d'être perçus. Aussi la Conférence a-t-elle décidé que les postes côtiers qui enverraient ainsi des « dépêches de presse » seraient tenus de faire silence pendant les trois dernières minutes de chaque quart d'heure. On voit, par ces obligations, combien sera utile et même nécessaire la répartition de l'heure exacte par T. S. F. : il faudra que les minutes de silence soient les mêmes pour tout le monde, et seule la distribution radiotélégraphique de l'heure permet d'arriver à ce résultat.

Enfin, la Conférence de Londres s'est préoccupée d'une chose au moins aussi grave que le service « d'écoute » nécessaire à assurer la réception des signaux de détresse, c'est de réglementer les conditions matérielles d'émission desdits signaux.

Dans beaucoup de navires, en effet, l'énergie nécessaire

(140)

LES REGLEMENTS DE LA T. F. S.

au fonctionnement des appareils de T. S. F. est empruntée à la machine même du bateau. Survienne un accident, une collision à la suite de laquelle une voie d'eau se déclare dans la chambre des machines : voilà celle-ci paralysée, et toute l'installation de T. S. F. dans l'impossibilité de fonctionner, faute d'énergie électrique pour fournir le courant nécessaire à l'émission des signaux de détresse.

Aussi la Conférence, justement émue de cet état de choses, a-t-elle décidé que les navires pourvus d'installations radiotélégraphiques seraient dans l'obligation d'être pourvus également d'un « poste de secours » dont tous les éléments soient disposés de façon à rester émergés aussi longtemps que possible en cas de submersion partielle du bâtiment. De plus, ces postes de secours doivent avoir leur source d'électricité propre, c'est-à-dire doivent être munis d'une source d'énergie indépendante de la force motrice générale du navire, par exemple d'un groupe électrogène actionné par un moteur à explosion, facile à mettre en route instantanément, et cette source doit être équipée pour pouvoir fonctionner pendant six heures au moins. De plus, la portée de ces postes de secours devra être, suivant l'importance du navire, de 80 ou de 50 milles marins (le mille marin valant 1852 mètres).

TÉLÉGRAPHISTES. Enfin la Conférence s'est justement inquiétée des capacités que devait présenter le personnel affecté, à bord des navires, à la conduite et à l'entretien des appareils de télégraphie sans fil.

Elle a décidé la création de deux classes de télégraphistes : ceux de la première classe doivent être assez expérimentés pour recevoir ou transmettre des radiotélégrammes à la vitesse de vingt mots par minute : elle a rendu obligatoire, sur tous les grands paquebots qui sont ouverts au service de la correspondance publique, la présence d'au moins deux télégraphistes de cette première classe.

Mais, par contre, on a tenu compte des besoins spéciaux

LA TÉLEGRAPHIE SANS FIL

des petits navires, comme les caboteurs ou les chalutiers à vapeur, où la T. S. F. n'est employée qu'à titre exceptionnel. Il eût été abusif d'imposer à ces navires la présence d'un télégraphiste de profession, et l'on ne pouvait, d'autre part, les priver des avantages de la T. S. F. Aussi la Conférence a-t-elle institué la *seconde classe* de télégraphistes, capables de recevoir ou d'expédier seulement douze mots par minute, et qui pourront être employés soit comme seuls opérateurs sur ces petits navires, soit comme aides d'un télégraphiste de première classe sur un navire plus important.

En ce qui concerne la « transmission » des radiotélégrammes, la Conférence, pour ne pas multiplier la comptabilité des taxes qui devient vite très compliquée, a limité à deux le nombre des retransmissions, effectuées soit d'une station de bord, soit d'une station côtière, quand la communication ne peut avoir lieu directement entre le poste émetteur et le poste destinataire.

Tels sont, dans leurs grandes lignes, les règlements internationaux adoptés par la Conférence de Londres en 1912. La prochaine conférence doit se réunir à Washington en 1917 : d'ici là, sans doute, de nouveaux et très grands progrès auront été établis dans la technique de la T. S. F., et c'est sur des « faits nouveaux » que la nouvelle conférence aura à discuter et à décider.

LA RÉGLEMENTATION INTÉRIEURE DE LA T. S. F.

Mais, puisque la T. S. F. a, maintenant, sa réglementation internationale, il n'est pas inutile de nous demander ce qu'est sa réglementation dans l'intérieur même de notre pays, et de savoir quels sont, vis-à-vis de l'État, les droits et les devoirs des possesseurs d'appareils de radiotélégraphie.

Hâtons-nous de dire que, autant, en ce qui concerne les règlements internationaux, nous nous trouvons en face d'une situation claire et limpide, autant, dans le cas présent, nous sommes en présence d'une sombre « bouteille à l'encre ».

LES REGLEMENTS DE LA T. S. F.

Il y a, tout d'abord, les prétentions de l'Etat, et ces prétentions sont quelque peu contradictoires avec l'esprit dans lequel fut convoquée la Conférence internationale de l'heure, dans la convocation de laquelle il était dit, au premier paragraphe, qu'il était intéressant de donner l'heure, par T. S. F., aux observatoires, administrations..., aux horlogers et aux particuliers.

Or, afin que les *particuliers* fussent à jamais détournés de pouvoir user de la façon de recevoir l'heure par T. S. F., voici le résumé du décret ministériel qui avait été pris un an auparavant :

« Toute installation radiotélégraphique devra être soumise à l'approbation préalable de l'Administration des Postes et Télégraphes. Les postes seront installés et entretenus aux frais et par les soins des pétitionnaires.

« Les postes de réception ne pourront être utilisés que pour la réception des signaux horaires transmis par la Tour Eiffel. Toute transmission de signaux sera formellement interdite. Le contenu des télégrammes transmis par T. S. F., et qui seraient perçus par les postes de réception des signaux horaires, ne devra être divulgué à qui que ce soit.

« L'Administration des Postes et Télégraphes se réserve le droit d'exercer, sur les postes autorisés, un contrôle permanent ou temporaire à son gré, et de la façon qui lui semblera la plus convenable. *Les frais de toute nature auxquels ce contrôle pourrait donner lieu seront remboursés par le pétitionnaire* (art. 4).

« Ce contrôle pourra être exercé dès le moment où commence l'édification des postes.

« *Les agents de l'Administration auront le droit de pénétrer à toute heure dans les locaux où sont installés les appareils pour exercer toute opération de contrôle jugée nécessaire.*

« Les autorisations d'installer des postes de T. S. F. destinés à la réception des signaux horaires ne sont accordées qu'à titre essentiellement précaire et révocable. Elles ne comportent aucun privilège et ne sauraient faire obstacle

LA TÉLÉGRAPHIE SANS FIL

à ce que des autorisations de même nature fussent accordées ultérieurement à qui que ce soit.

« A la première réquisition de l'Administration, le pétitionnaire devra immédiatement mettre son poste hors d'état de fonctionner.

« Le pétitionnaire devra se soumettre à toutes les dispositions d'actes législatifs, réglementaires et administratifs à intervenir en matière d'échange de signaux par ondulations électriques ou d'établissement de postes de T. S. F. »

On voit, par ce qui précède, que tout infortuné citoyen qui aurait l'imprudence de demander l'autorisation d'installer une antenne de T. S. F. pour recevoir les signaux horaires serait livré, pieds et poings liés, à la merci de l'Administration des P. T. T., qui aurait, en vertu de l'article 4, le droit de pénétrer à toute heure du jour et de la nuit dans ses locaux et de faire payer par lui les frais de déplacements de ses employés!

C'est pourquoi nous avons tenu à mettre sous les yeux des lecteurs cette « merveille » de l'administration.

PEUT-ON SE PASSER DE L'AUTORISATION ? ☠ ☠
Heureusement, à côté des prétentions, administratives, il y a le bon sens d'abord, le droit ensuite, et enfin les ondes électriques.

Voyons d'abord ce que dit le bon sens.

Le bon sens reconnaît que la télégraphie est un monopole de l'État : c'est bien entendu et bien admis. Mais qu'est-ce que c'est que la *télégraphie*? C'est, si je ne me trompe, l'art d'échanger des signaux au loin par un procédé quelconque. Or échanger signifie transmettre et recevoir. Si l'on ne fait que recevoir les signaux horaires, on ne transmet, en revanche, rien du tout, et par conséquent on n'échange pas de correspondance. On ne tombe donc pas sous le coup de la définition de la télégraphie.

Les choses sont exactement les mêmes que ce qui se passe au bord de la mer, où l'État a installé des phares dont les signaux sont réservés aux navires de

LES RÈGLEMENTS DE LA T. S. F.

guerre qui passent au large. Il m'est interdit d'installer un séma-phore analogue sur la terrasse de ma villa : c'est parfait ; mais de quel droit et comment m'empêcher de mettre l'œil à ma longue-vue et de regarder, d'observer, d'enregistrer même si cela me plaît, les signaux que fait le séma-phore voisin ? Cela est mon droit imprescriptible. Si l'État veut que ces signaux ne soient pas compris, qu'il les transmette en langage conventionnel, chiffré, dont les intéressés auront seuls la clef ; mais quant à m'empêcher de les voir et de les observer, le bon sens le plus élémentaire l'en met au défi.

Quant à l'argument *de droit*, il a été développé, en France et en Belgique, par des jurisconsultes éminents. Le décret que nous avons reproduit n'est qu'un simple *décret*, et il est en contradiction formelle avec une *loi*, celle du 27 décembre 1851, qui dit que « ... aucune ligne télégraphique ne peut être établie ou employée à la *transmission des correspondances* que par le gouvernement. Quiconque *transmettra* sans autorisation des signaux d'un lieu à un autre soit à l'aide de machines télégraphiques, soit par tout autre moyen, sera puni d'un emprisonnement d'un mois à un an et d'une amende de 1000 à 10 000 francs ».

Le texte de la loi est donc clair et lumineux : ce qui est interdit, ce n'est pas de *recevoir*, mais bien de *transmettre*. Nos postes de réception sont donc à l'abri de la loi ; quant au décret précité, n'étant qu'un décret, il ne saurait aller contre cette loi qui ne pourrait être modifiée que par une autre loi votée par les Chambres. Or, jusqu'à présent, il n'en a pas été voté : c'est donc la loi de 1851 seule qui règle la question.

Il y a bien le décret du 9 février 1901, qui dit que « l'Administration des Postes et Télégraphes est seule chargée de l'établissement des postes de T.S. F. destinés à l'échange de la correspondance ». Mais, outre que ceci n'est encore qu'un *décret*, il y est question d'*échanges* de correspondance, c'est-à-dire de pouvoir alternativement *transmettre* et *recevoir*, alors que nos postes individuels ne peuvent que

LA TÉLÉGRAPHIE SANS FIL

recevoir, sont impuissants à transmettre, et, par conséquent, ne pouvant échanger de correspondance, ne tombent pas sous le coup du décret en question.

Enfin, et surtout, il y a la meilleure raison de se passer de l'autorisation, et elle nous est fournie par les merveilleuses qualités des ondes électriques elles-mêmes. N'oublions pas qu'elles passent à travers murs, briques, tuiles et ardoises. On veut me défendre d'installer une antenne sur un mât, dans mon jardin ? Qu'à cela ne tienne : je l'installeraï dans mon grenier, au moyen de fils tendus d'un bout à l'autre, au moyen de quelques mètres d'un grillage métallique, au moyen, au besoin, de ma charpente métallique. Et là, chez moi, tranquillement dans ma chambre, je puis installer, sans aucun signe extérieur, toutes les bobines d'accord, tous les détecteurs, tous les téléphones qu'il me plaira d'installer.

On a même été plus loin encore en vue de la simplification du matériel : un petit appareil, l'*«ondophone»*, formé d'un téléphone et d'un détecteur à cristaux fixé au dos même de l'instrument, est assez sensible pour permettre, dans toute l'étendue de la banlieue parisienne, de recevoir les signaux horaires de la Tour Eiffel en prenant simplement comme antenne «un parapluie tenu à bout de bras». Vraiment, oserait-on poursuivre «à toute heure du jour» le détenteur d'un parapluie qui le porterait au bout de son bras ?

«*Là où il n'y a rien, le roi perd ses droits*», disait un vieux proverbe français. Je sais qu'en matière de T. S. F. l'Administration, en ce qui concerne la réception des signaux qu'elle ne peut pas et ne pourra jamais empêcher, n'a qu'à fermer les yeux ; c'est d'ailleurs ce qu'elle a fait jusqu'à présent, malgré les décrets comminatoires et, en ce faisant, je trouve qu'elle a bien fait. Qu'elle réserve ses droits pour surveiller l'établissement des postes d'émission de radiotélégrammes, rien de mieux ; mais quant à la réception des signaux horaires, dont l'émission est faite justement pour profiter à tous, laisser à la disposition de «tous» la possibilité de les recevoir librement.

(146)

LES REGLEMENTS DE LA T. S. F.

Il semble, d'ailleurs, qu'elle l'ait compris, car on parle d'un projet de règlement qui autoriserait la libre installation des postes de réception moyennant le payement d'une « légère taxe ». S'il en est ainsi, tant mieux. Mais pourvu que cette « légère taxe » ne devienne pas très vite un impôt trop lourd !



CHAPITRE XI

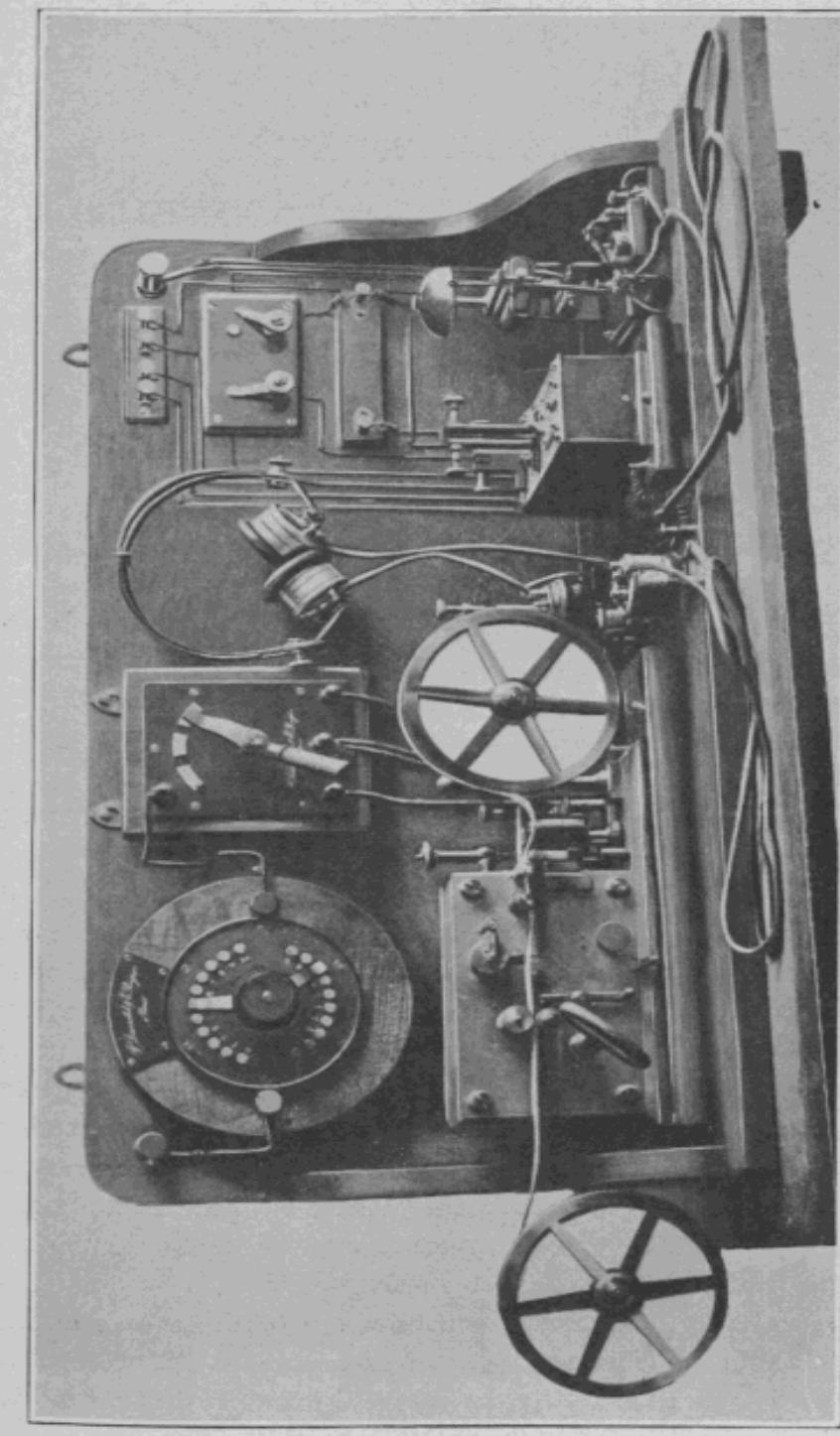
LA TÉLÉPHONIE SANS FIL

Le problème de la radiotéléphonie. || Les ondes sonores et la fréquence. || Emploi des alternateurs à haute fréquence. || Emploi de l'« arc chantant ». || Les premiers résultats. || Propriétés des veines liquides. || Le générateur Moretti. || Le microphone à liquide. || Les résultats. || L'avenir de la téléphonie sans fil.

LE PROBLÈME DE LA RADIOTÉLÉPHONIE. Nous venons de voir bien des merveilles dues à la T. S. F., mais celle-ci ne veut pas être en reste avec nous, et, avant que nous ayons pu nous habituer à ses conquêtes pourtant si brillantes, voici qu'elle nous met en présence d'une conquête nouvelle : la *téléphonie sans fil*.

Nous avons vu, au chapitre II, quels étaient les principes de la téléphonie ordinaire : un appareil microphonique (fig. 42), devant lequel on parle, est en circuit avec une pile et la bobine primaire d'un appareil d'induction. Le secondaire est en relation avec la ligne à l'autre extrémité de laquelle se trouve un autre récepteur téléphonique : quand on parle devant le microphone, les modulations de la voix changent la résistance du microphone ; les courants envoyés dans le primaire varient d'intensité, ce qui amène une variation correspondante du courant induit, et celui-ci, agissant sur les bobines du téléphone, fait varier l'aimantation de ses pôles et, par suite, attire inégalement la plaque de fer qui vibrera synchroniquement avec la vibration de la voix qui parle devant le microphone.

Le problème que nous proposons, en radiotéléphonie, est d'actionner, à distance, la membrane d'un téléphone à l'aide des vibrations de la voix émise devant un micro-



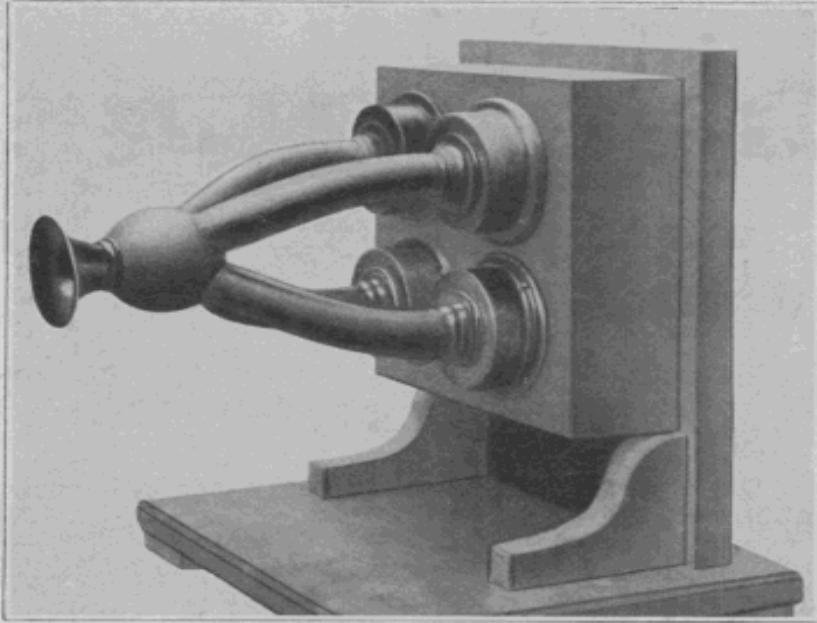
La Télégraphic sans fil.

Pl. 34. Page 148.

APPAREIL TAULEIGNE POUR L'ENREGISTREMENT DES DÉPÈCHES DE T. S. F.

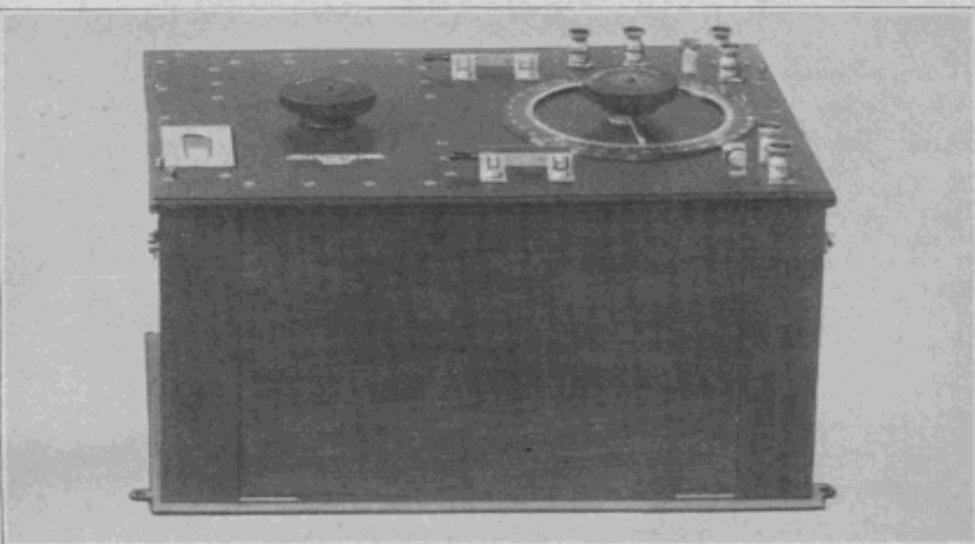
A droite, le relais ; à gauche, l'enregistreur Morse.

(Cl. Ducretet et Roger.)



MICROPHONE MULTIPLE

Cet appareil peut supporter les courants [intenses utilisés par la télégraphie sans fil.] (Cl. Ducretet.)



LE RADIO-COMPAS BELLINI-TOSI

(Appareil récepteur) (Cl. de la Cie Marconi.)

TÉLÉPHONIE SANS FIL

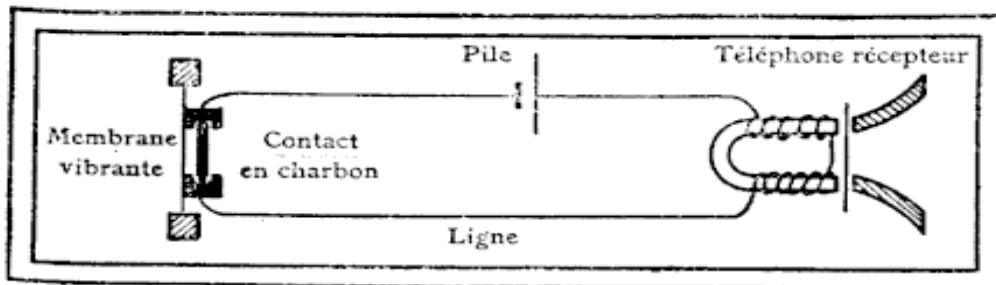


Fig. 42. — Principe du microphone.

phone, mais en transmettant ces vibrations non pas par des courants induits transportés par des fils, mais bien à l'aide des ondes électriques.

Tel est le problème à résoudre : malgré ses difficultés presque insurmontables, nous allons voir qu'il est résolu et de quelle manière relativement simple il l'a été. Mais, auparavant, il nous faut faire une petite digression sur les ondes sonores et la fréquence des courants alternatifs.

LES ONDES SONORES ET LA FRÉQUENCE. Quand un son se produit, il est toujours dû à des vibrations d'un corps matériel. Les sons les plus graves correspondent à un nombre de vibrations faibles, quelques dizaines, tandis que les sons aigus correspondent à des nombres de vibrations très élevés, qui peuvent atteindre la valeur de plusieurs milliers par seconde. La limite des sons perceptibles à l'oreille est de 20 000 à 30 000 vibrations : il faut donc que les ondes électriques produisent des fréquences de vibration nettement supérieures à ce nombre-là, et que, de plus, ces ondes soient « entretenues ».

En effet, figurons par une courbe (fig. 43) les vibrations acoustiques qui affectent le microphone. Si nous voulons que ces vibrations puissent être transmises par des ondes électriques, il faut que celles-ci soient en nombre suffisant pour ne laisser passer aucune des inflexions de la courbe sonore. Par suite, si elles ont la forme et la fréquence indiquées par la courbe supérieure, leur combinaison avec les

LA TÉLÉGRAPHIE SANS FIL

ondes sonores envoyées par le microphone donnera l'aspect de la courbe (3) dont toutes les sinuosités sont recouvertes également par celles de la courbe des oscillations électriques.

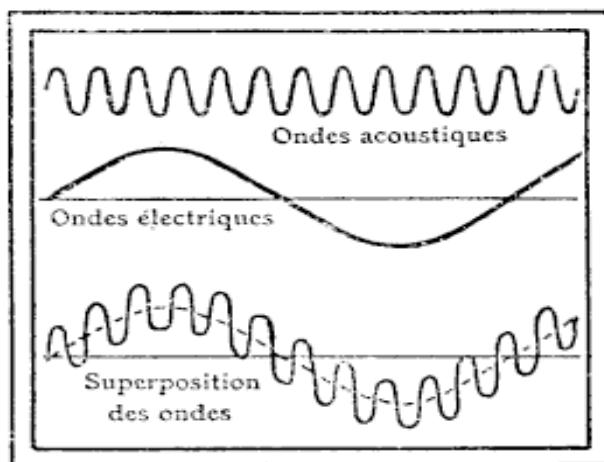


Fig. 43. — *Ondes électriques et ondes acoustiques.*

De plus, il faut que celles-ci soient « entretenues », car, si elles étaient simplement composées de « trains » d'ondes, dans l'intervalle de deux trains consécutifs, toutes les vibrations de la voix passeraient inaperçues et ne seraient, par

suite, pas transmises. Il faut donc avoir des ondes « entretenues » et de grande fréquence : 80 000 ou 100 000 à la seconde.

Il y a, à cela, une autre nécessité : à la réception, en supposant qu'on puisse recevoir ces ondes au téléphone, chaque fréquence donne une vibration à la membrane. Si donc le nombre de ces vibrations était seulement de 3 000 ou de 4 000, ce qui correspond à un son perceptible à l'oreille, on entendrait d'une façon continue ce son dans le téléphone, et cela gènerait la réception de la parole ; si, au contraire, la fréquence dépasse 30 000, ce qui est la limite du nombre de vibrations correspondant à des sons perceptibles à l'oreille humaine, le « son de fréquence » ne sera plus transmis et seules les vibrations de la voix se feront entendre dans le téléphone.

Ainsi, pour pouvoir faire utilement de la téléphonie sans fil, il faut pouvoir produire des ondes de haute fréquence et qui soient « entretenues ».

On a, pour cela, deux moyens qui ont été successivement

(150)

TÉLÉPHONIE SANS FIL

employés avec succès : les alternateurs à haute fréquence et l' « arc chantant ».

EMPLOI DES ALTERNATEURS A HAUTE FREQUENCE. Ces alternateurs sont des machines d'induction qui produisent naturellement le courant induit avec changement de signe, quand on les fait tourner très rapidement. Mais on se heurte, pour leur construction, à des difficultés considérables, et si la réalisation des alternateurs à fréquence courante, de 50 à 100 par seconde, est chose aisée, il n'en est plus de même quand on cherche à réaliser des fréquences de l'ordre de 100 000. Pour augmenter la fréquence, il faut augmenter le nombre des pôles de la machine et la vitesse de rotation.

Mais, en ce qui concerne cette dernière, on est vite arrêté : il faut, en effet, atteindre des vitesses circonférentielles de 300 à 400 mètres par seconde, ce qui correspond à une vitesse de rotation de 300 à 400 tours, également par seconde. Il est difficile, à de pareilles vitesses, de réaliser un équilibrage parfait des pièces tournantes.

Cependant, la persévérance, l'ingéniosité des ingénieurs, l'habileté des ouvriers sont venues à bout de ces difficultés, et l'on construit, aujourd'hui, des alternateurs à haute fréquence tout à fait remarquables. Citons ceux d'Alexander, qui a obtenu la fréquence de 200 000 à la seconde, tout en débitant une énergie de plusieurs chevaux-vapeur, avec la vitesse de rotation de 20 000 tours à la minute.

En France, M. Béthenod a réalisé des alternateurs de haute fréquence qui ont donné d'excellents résultats, non seulement en téléphonie, mais même en télégraphie sans fil, et l'ingénieur Goldschmidt, de son côté, a construit une machine parfaite.

C'est avec des alternateurs de ce genre que sont faits la plupart des essais de radiotéléphonie tentés en Amérique.

EMPLOI DE L' « ARC CHANTANT ». — Mais on arrive au même résultat d'une manière plus simple

LA TÉLÉGRAPHIE SANS FIL

encore, en utilisant les propriétés de l' « arc chantant ».

Tout le monde connaît cette éclatante lumière blanche qui jaillit entre deux crayons de charbon réunis aux pôles d'une dynamo : cette lumière admirable, qui éclaire nos avenues, nos places publiques, les halls de nos gares de chemins de fer, s'appelle l'*arc électrique*.

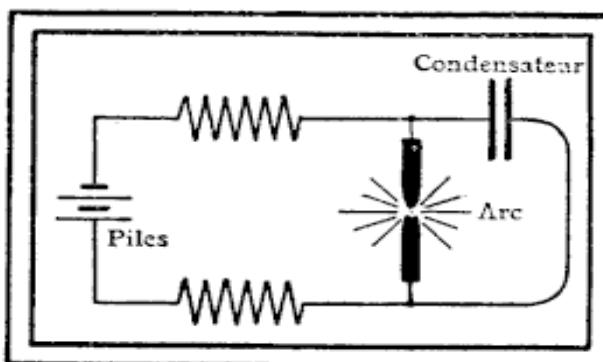


Fig. 44. — *Principe de l'arc chantant.*

bobines de self-induction et un condensateur : aussitôt un phénomène curieux se produit, l'arc voltaïque devient le siège de vibrations très rapides qui font entendre un son musical continu. C'est au savant anglais Duddel qu'est due cette remarquable découverte.

Mais ce qu'elle a de plus remarquable encore, au point de vue spécial qui nous intéresse, c'est que l'arc « chantant » ainsi produit devient également un centre d'émission d'ondes électriques ; et, alors que les ondes sonores correspondant au « chant » de l'arc cessent d'être perçues à petite distance, les ondes électriques, au contraire, se propagent à de très grandes distances. Et, de plus, comme l'arc est alimenté par le courant continu d'une machine dynamo, on obtient, tant que ce courant passe, la constance des ondes ainsi émises, qui sont, du même coup, des ondes « entretenues ». L'arc chantant de Duddell est donc un moyen très simple et très sûr de transformer un courant continu en courants de très haute fréquence.

Cependant cet arc de Duddel, tel qu'il avait été réalisé par son inventeur, ne permettait pas de produire plus de 30 000 fréquences par seconde, et nous avons vu que ce

TÉLÉPHONIE SANS FIL

nombre était insuffisant pour la téléphonie sans fil. Il fallait donc accroître la fréquence de l'arc chantant : c'est à quoi est arrivé le professeur Poulsen (de Copenhague), qui est parvenu à produire des ondes entretenues, non plus à la fréquence de 30 000, mais bien à celle de 500 000 par seconde. A cet effet, il a produit l'arc, non plus à l'air libre, mais dans l'atmosphère « conductrice », formée d'hydrogène et d'hydrocarbures, analogues au gaz de l'éclairage.

Dans ces conditions (fig. 45), en intercalant des bobines de self-induction et un condensateur sur le circuit de l'arc, d'une part, d'autre part en excitant indirectement, par induction, une antenne dans le circuit de laquelle est intercalé un microphone, on obtient des ondes d'assez haute

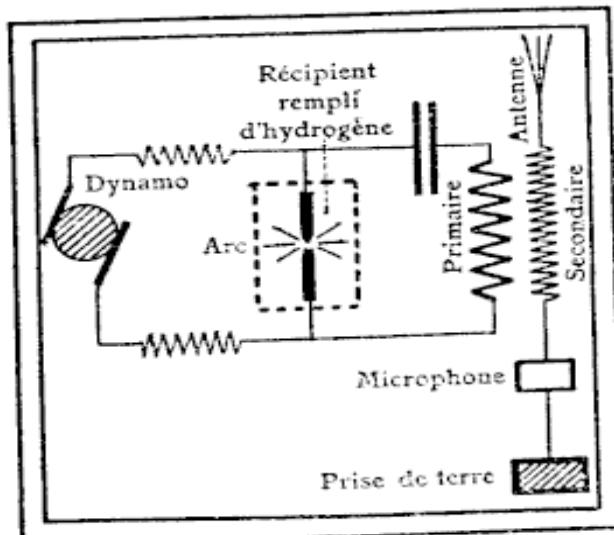


Fig. 45. — Montage d'un poste de téléphonie sans fil avec l'arc chantant (émission).

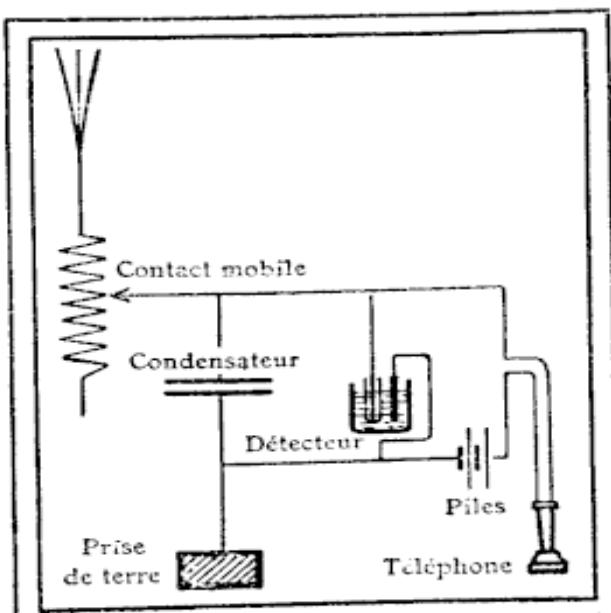


Fig. 46. — Montage d'un poste de téléphonie sans fil avec l'arc chantant (réception).

LA TÉLÉGRAPHIE SANS FIL

fréquence et assez bien entretenue pour transmettre à distance toutes les modulations de la voix humaine, tous les mots de la parole articulée. Ce sont les vibrations, communiquées par la voix à la membrane du microphone, qui modifient ainsi les ondes sur le circuit secondaire du transformateur de transmission.

Quant à la réception, elle se fait par les moyens ordinaires : on relie l'antenne (fig. 46) à une bobine de self-induction dont on peut, par un contact mobile, régler le nombre de spires utilisées. On emploie alors, dans le circuit de réception, une pile, un récepteur électrolytique, un téléphone et un condensateur, groupés comme le montre la figure 46 ; et l'on entend, dans le téléphone, la voix de celui qui parle, à grande distance, dans le microphone du poste expéditeur.

LES PREMIERS RÉSULTATS. Tel est le principe de la téléphonie sans fil : c'est à un savant français, M. Blondel, membre de l'Institut, que sont dus les premiers travaux théoriques sur cette question ; c'est lui qui démontra le premier la nécessité d'avoir des ondes de très haute fréquence et entretenues si l'on voulait pouvoir transmettre la parole sans fil à de très grandes distances.

Les résultats des premières tentatives vinrent encourager leur auteur : en employant des alternateurs à haute fréquence, l'ingénieur américain Fessenden avait, dès 1906, pu faire franchir à la parole la distance de 18 kilomètres, puis en 1907 celle de 350 kilomètres, avec une antenne de 65 mètres seulement. Enfin les expériences se firent en Europe en 1909. MM. Collin et Jeance, deux officiers de la marine française, firent des expériences décisives entre Toulon et Port-Vendres, à la distance de 250 kilomètres, et les répétèrent entre la Tour Eiffel et Melun (50 kilomètres) et entre Paris et Dieppe (150 kilomètres).

Dès lors, la possibilité de la téléphonie sans fil était pratiquement démontrée. Il restait à « mettre au point » certains détails, notamment le microphone destiné à

TÉLÉPHONIE SANS FIL

recueillir la vibration de la voix et à les transmettre aux ondes électriques émises par l'antenne du poste expéditeur.

Ce microphone, en effet, doit pouvoir supporter un courant d'intensité assez forte : celle de plusieurs « ampères », ou unités de mesure d'intensité : or, ce n'est pas ce que peuvent supporter les microphones ordinaires, dans lesquels on ne peut faire passer que des courants assez faibles. Aussi a-t-il fallu imaginer et construire des appareils microphoniques capables de résister à ces intensités.

La première idée que l'on ait eue a été de grouper « en quantité » ou « en parallèle » plusieurs microphones ; devant la membrane des pôles un seul cornet acoustique distribuait la vibration de la voix à transmettre. L'intensité du courant total se divise ainsi entre les divers éléments microphoniques, et chacun d'eux n'a à en supporter qu'une fraction ; il peut donc fonctionner, et cependant l'ensemble de microphones supporte l'intensité totale nécessaire.

PROPRIÉTÉS DES VEINES LIQUIDES. Mais ces résultats ont été bien dépassés par le microphone à veine liquide ; voici sur quel principe il repose.

Tout d'abord, rappelons que, toutes les fois qu'un fluide s'échappe par un mince orifice, il constitue un « filet », une « veine » : ainsi s'échappe un filet d'eau par un tout petit trou, ainsi s'échappe un jet de gaz comprimé par un minuscule orifice.

Mais ce qu'il y a de particulier, c'est l'extrême sensibilité de ces « veines » ou de ces « filets » aux vibrations sonores. On la met bien en évidence avec un jet de gaz d'éclairage, sorti d'un tube très étroit, et qu'on allume à sa sortie : on a ainsi une flamme, très longue et très mince, qui rend le jet gazeux absolument visible. Eh bien si dans le voisinage de cette flamme longue, on vient à parler, on la voit aussitôt s'agiter, se trémousser suivant les modulations de la voix ; certains sons paraissent l'exciter plus particulièrement : par exemple, un sifflement aigu. Enfin, si l'on frappe sur un timbre, ou si l'on agite un trousseau de clefs, les

LA TÉLÉGRAPHIE SANS FIL

soubresauts de la flamme passent par un véritable paroxysme.

La « veine liquide » jouit des mêmes propriétés ; elles sont moins visibles que sur la « flamme chantante » de tout à l'heure, mais elles ont un avantage, c'est que, si la veine liquide est formée avec un liquide bon conducteur de l'électricité, les ronflements et les changements que subit la veine sous l'action des vibrations de la voix pourront modifier la conductibilité du filet liquide, et la modifier suffisamment pour transmettre à des ondes électriques le régime des modulations sonores qu'elles auront reçues.

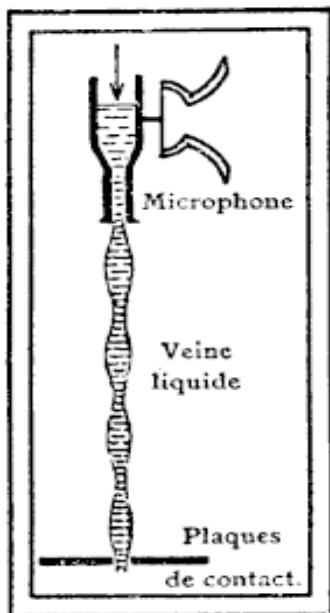


Fig. 47. — Principe de la veine liquide vibrante.

la section transversale du filet liquide dont la « résistance électrique » suit, ainsi, le régime vibratoire de la plaque microphonique. Le filet liquide tombe entre deux plaques de contact avec lesquelles il forme un véritable « pont ».

Tel est le principe du nouveau microphone à veine liquide. Nous allons voir quel merveilleux parti l'ingénieur italien Vanni en a su tirer pour réaliser, non plus des communications radio-téléphoniques à courte distance, mais bien la téléphonie sans fil de Rome à Tripoli, c'est-à-dire à mille kilomètres de distance.

TÉLÉPHONIE SANS FIL

Pour cela, il a utilisé un autre producteur d'ondes à haute fréquence : je veux parler du générateur Moretti.

LE GÉNÉRATEUR MORETTI. ☠ ☠ Celui-ci est également basé sur un écoulement continu d'eau acidulée à travers un orifice, et entre deux tubes conducteurs (fig. 48).

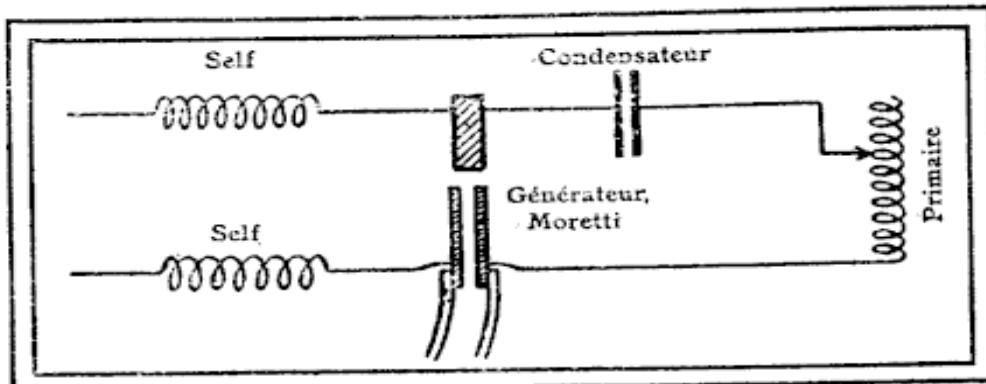


Fig. 48. — Schéma du générateur Moretti.

Un courant continu, d'une force électro-motrice de 500 volts environ, est en communication, par l'intermédiaire d'une bobine de self-induction, avec le générateur proprement dit, constitué d'un tube de cuivre inférieur, par où s'écoule un jet d'eau acidulée, à faible débit, que l'on règle avec des vis, et par une électrode supérieure en cuivre, massive et à surface plane. En dérivation sur ces deux armatures se trouve le circuit oscillant, comprenant un condensateur et une bobine réglable de self-induction formant le circuit primaire d'un transformateur, dont le circuit secondaire communique avec l'antenne.

Comment cet appareil si simple peut-il transformer le courant continu en un courant à haute fréquence ? Voici la théorie qu'on peut en donner.

Au contact du liquide conducteur, sorti du tube inférieur et allant à la plaque, un arc électrique tend à se former. Mais, aussitôt, sous l'action de cet arc, l'eau s'évapore, et, à sa chaleur intense, se dissocie en hydrogène et en oxy-

LA TÉLÉGRAPHIE SANS FIL

gène. Il se forme ainsi une série de petites explosions qui ouvrent et ferment le circuit un très grand nombre de fois par seconde, nombre qui peut s'évaluer, d'après des déterminations faites par M. Vanni, à l'aide d'un miroir tournant très rapidement, à plusieurs centaines de mille par seconde, c'est-à-dire à une fréquence bien supérieure à la limite du nombre de vibrations qui peut être perçu par l'oreille humaine.

L'expérience confirme cette manière de voir et montre qu'on a créé, sur l'antenne, un courant qui peut arriver à une dizaine d'ampères, une fois qu'on a réglé convenablement la vitesse de l'eau, la distance des électrodes et les constantes électriques du circuit d'alimentation.

Un grand avantage de cette méthode sur celle de Poulsen est que, dans le cas de ce dernier appareil, l'eau doit jaillir dans une atmosphère confinée d'hydrogène : tandis que, dans le générateur de Moretti, l'eau, ou plutôt l'innombrable série des petits arcs minuscules formés comme nous venons de le dire, jaillit à l'air libre, ce qui simplifie énormément les conditions d'installation et de fonctionnement des appareils. Ce générateur permet donc de faire passer dans l'antenne un courant électrique de forte intensité, ce qui est le « desideratum » des générateurs d'ondes.

LE MICROPHONE A LIQUIDE. ☠ ☠ Maintenant que nous connaissons l'appareil générateur des ondes entretenues, voyons en détail la construction du microphone.

Comme le générateur, celui-ci est à liquide ; mais, au lieu d'utiliser la décomposition de ce liquide sous l'influence de la chaleur de l'arc, nous allons utiliser la propriété vibrante de la veine, jaillissant par un orifice étroit. Nous avons indiqué comment la veine liquide pouvait participer, par ses contractions et ses spasmes, aux vibrations sonores effectuées dans son voisinage : voici comment on utilise cette propriété pour combiner un véritable microphone hydraulique (fig. 49).

TÉLÉPHONIE SANS FIL

Le microphone est formé par un pavillon, devant lequel on parle. Au centre de la membrane de ce pavillon est fixé un petit levier qui porte, à son extrémité libre, le tube étroit par lequel s'écoule le filet d'eau acidulée. De cette façon, toutes les vibrations de la voix seront transmises, par l'intermédiaire du petit levier, à l'orifice de sortie du jet liquide. Celui-ci tombe alors sur le collecteur.

Ce collecteur est formé de deux lames de platine à inclinaison variable ; on fait varier cette inclinaison de façon que les gouttes liquides, tombées sur l'une des lames, s'étalent sur l'autre sous la forme d'une pellicule excessivement mince.

Il est dès lors facile de comprendre le fonctionnement de l'appareil microphonique : les ondes sonores, recueillies par le pavillon du cornet acoustique dans lequel on parle, y subissent une première amplification « acoustique » ; cette amplification devient « mécanique » par l'intermédiaire du petit levier qui communique sa vibration à l'orifice de sortie du jet, qui amplifie ainsi, par résonance hydro-dymanique, la vibration sonore qu'il reçoit, à cause du mouvement vibratoire ainsi subi par le jet.

Mais, à cause même de ce mouvement vibratoire, l'épaisseur de la couche très mince de liquide compris entre les deux lames du collecteur varie également suivant

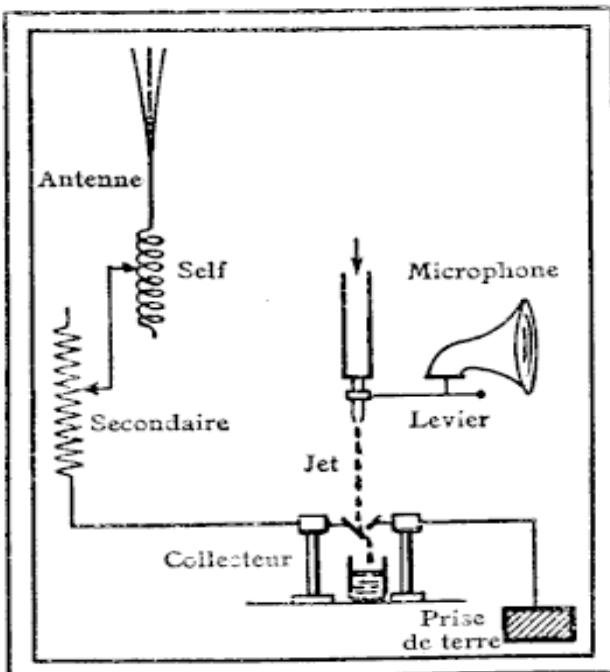


Fig. 49. — Schéma du microphone à liquide.

LA TÉLÉGRAPHIE SANS FIL

la modulation de la voix, et ainsi varie, en même temps, la résistance électrique de cette couche mince.

Si donc celle-ci est intercalée dans le circuit secondaire antenne-terre, dont le circuit primaire soit parcouru par un courant oscillant du générateur Moretti décrit précé-

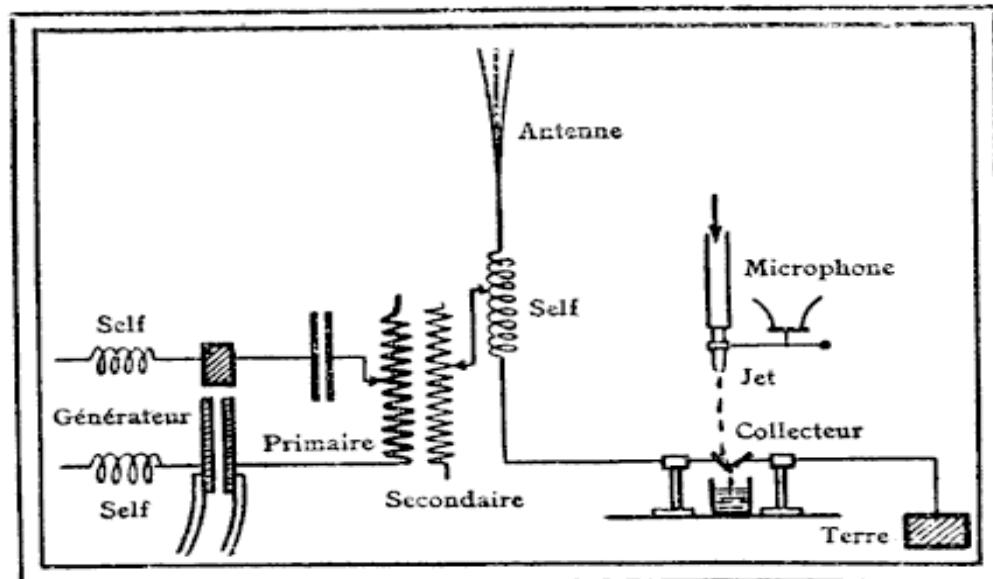


Fig. 50. — Schéma du poste d'émission de téléphonie sans fil.

demment (fig. 50), l'intensité du courant qui parcourt l'antenne et par conséquent la région des ondes électriques émises par celle-ci variera en concordance parfaite avec les modulations de la voix.

Dans un autre dispositif, M. Vanni a interverti la position du microphone : il a laissé le jet jaillir par un orifice fixe, et c'est l'une des lames du collecteur qui suit, par l'intermédiaire d'une petite tige métallique rigide, les vibrations de la membrane du microphone. Afin d'avoir un régime d'écoulement absolument régulier, une petite pompe centrifuge reprend le liquide écoulé et le comprime dans le tube d'où ; il doit s'échapper pour former la veine liquide sensible (fig. 51). Cet appareil a été construit par la Société française radio-électrique ; il a l'avantage de supprimer les longs tuyaux nécessités par la pression de

TÉLEPHONIE SANS FIL

charge, qui doit être de 4 mètres ou de 5 mètres environ ; il a, en outre, l'avantage important de pouvoir utiliser presque indéfiniment le même liquide microphonique dont la préparation, assez délicate, exige des soins tout particuliers.

LES RÉSULTATS.

¶ C'est avec ces dispositifs que l'ingénieur Vanni a fait son essai de téléphonie sans fil, d'abord à l'Institut militaire de télégraphie sans fil d'Italie, à Rome, puis à la station de la marine italienne située à quelques kilomètres de la capitale, à Santo Celle. Les réceptions ont été faites successivement à l'île de Ponza (120 kilomètres), à la Maddalena (250 kilomètres), à Palerme (420 kilomètres), à Vittoria (600 kilomètres), et enfin à Tripoli, à 1000 kilomètres de la station d'émission.

Ce qui résulte de ces expériences, et ce qui en est, peut-être, la conséquence la plus remarquable, c'est que, avec les dispositifs adoptés, on ait pu réussir non seulement à transmettre à des distances aussi considérables que celle de Rome à Tripoli les sons faibles d'un gramophone, mais encore, et surtout, qu'on ait pu aux mêmes distances distinguer et reconnaître le timbre de la voix spéciale de la personne qui parlait à ce moment devant le microphone.

Cette circonstance est importante au point de vue théorique aussi bien qu'au point de vue pratique, car elle montre que la propagation des sons par le moyen des

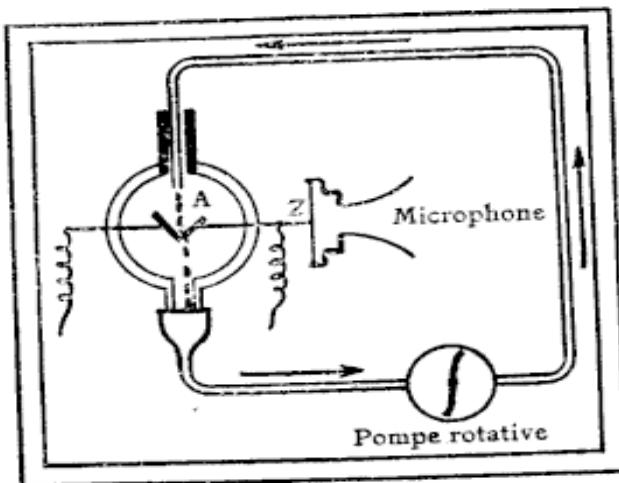


Fig. 51. — Microphone Vanni à jet fixe et collecteur vibrant.

Z, membrane.

A, plaque vibrante du collecteur.

LA TÉLÉGRAPHIE SANS FIL

ondes électriques s'accomplit sans le moindre phénomène de déformation. Or on sait que cette déformation est caractéristique des transmissions téléphoniques ordinaires à grande distance, quand celles-ci se font *avec fil conducteur*, surtout avec les câbles, et qu'elle en limite la portée. Ceci démontre la supériorité incontestable de la radiotéléphonie sur le téléphone ordinaire avec fils : cette supériorité est due au fait que la première s'accomplit sans changement appréciable des vitesses et des phases des ondes élémentaires correspondant à ce que l'on appelle, en acoustique, les « harmoniques » de la voix humaine, harmoniques qui accompagnent toujours le son fondamental et qui caractérisent le « timbre » de la voix à transmettre.

Ainsi, la téléphonie sans fil n'est plus une simple curiosité de laboratoire ; elle a fait ses débuts, elle est entrée triomphalement dans la voie de la pratique et, pour son coup d'essai, a fait un coup de maître.

L'AVENIR DE LA TÉLÉPHONIE SANS FIL. ☙ ☙
Cet avenir est immense, et beaucoup plus important que celui de la télégraphie sans fil ordinaire, et il apparaît tellement brillant que l'on peut prévoir, dans un avenir très prochain, la réalisation des espérances que nous allons énumérer ici.

La première, et la plus importante de toutes, sera la téléphonie à de très grandes distances, par-dessus l'Atlantique, par exemple, entre l'Europe et l'Amérique. On sait, en effet, que la téléphonie par câble, par suite de phénomènes électriques complexes, n'est pas possible à ces énormes distances ; elle l'est, au contraire, par l'intermédiaire des ondes électriques.

Certes, il ne faut pas se dissimuler les difficultés d'une pareille entreprise ; il faudra, à coup sûr, mettre en jeu de formidables quantités d'énergie, ce qui rend très coûteuse l'installation de stations de départ et d'arrivée. Mais il faut réfléchir aussi que, quel que soit le prix que coûtera l'installation des deux stations, ce prix sera, en tout cas, beau-

TÉLÉPHONIE SANS FIL

coup moins élevé que celui de la construction et de l'immersion d'un câble transatlantique sous-marin.

De plus l'entretien, les réparations se feront, s'il y a lieu, aux postes même de départ et d'arrivée, c'est-à-dire sur terre, et avec la plus grande facilité : tandis que, dans le cas d'un câble sous-marin, la recherche d'une avarie au câble lui-même est une opération longue, qui nécessite l'armement d'un navire spécial, qui ne peut même, matériellement, pas être pratiquée par mauvais temps. Il y aura donc tout avantage à réaliser la radiotéléphonie transatlantique, et déjà on s'en préoccupe activement, tant en Amérique qu'en Europe.

En ce qui concerne les communications de la terre avec les navires, on peut dire que ces communications seront rendues infiniment plus aisées que par la T. S. F. ordinaire, et que, par conséquent, cela multiplierait le nombre des stations de bord, c'est-à-dire que cela augmenterait, du même coup, dans des proportions considérables, la sécurité de la navigation.

En effet, actuellement, réduits que nous sommes à la T. S. F., qui est déjà une bien merveilleuse chose, d'ailleurs, que faut-il pour communiquer avec un navire au large ? Il faut un poste côtier et un poste « de bord » ; mais celui-ci reçoit, au téléphone, les dépêches en signaux longs et brefs de l'alphabet Morse, ce qui exige, pour la réception, un opérateur exercé, habitué à « lire au son », comme on dit, en langage de télégraphiste. Il est certain que, dans le cas de petits bateaux, cette obligation d'avoir un télégraphiste exercé est une charge très lourde ; aussi n'a-t-on pas osé imposer la T. S. F. à bord des navires ayant moins de cinquante personnes à bord.

Mais tout serait changé le jour où les messages seraient reçus non plus en signaux, mais en langage « parlé ». Alors tout le monde peut les recevoir. Quant à répondre, même avec des signaux Morse ordinaire, dans le cas où le navire n'aurait pas d'installation encore un peu délicate pour émettre des signaux de radiotéléphonie, c'est beaucoup

LA TÉLÉGRAPHIE SANS FIL

plus aisé : on peut tout à son aise transcrire à l'avance sur un papier les combinaisons de traits et de points qui forment les signaux Morse devant constituer la réponse et alors la transmettre à l'aide du manipulateur. Le capitaine ou le second de tout navire pourra faire cela sans difficulté.

En ce qui concerne les relations entre navires munis tous deux de postes de radiotéléphonie, entre navires de guerre, par exemple, on aura un progrès inestimable. Les officiers de divers navires qui constituent une escadre se trouveront ainsi en communication constante ; l'échange des ordres ne se fera plus par des signaux qui peuvent être plus ou moins fidèlement interprétés ou même plus ou moins loin aperçus, mais se fera à la voix même, c'est-à-dire dans les meilleures conditions de fidélité et de précision. De plus, ces communications n'exigeront aucun personnel spécial pour transmettre ou traduire les dépêches. En outre, les téléphonistes des différentes unités, connaissant leurs voix après quelque temps de service, il serait facile de déceler des ordres envoyés à faux, dont le caractère inconnu de l'organe qui parle décèlerait l'origine.

Certes, il sera là plus facile qu'ailleurs de commettre des indiscretions, et c'est surtout en radiotéléphonie que les ondes électriques manifesteront « le défaut de leurs qualités ». Mais n'oublions pas les grands progrès qu'a déjà faits la syntonisation ; ces progrès seront sans doute, dans peu de temps, plus grands encore. En outre, on pourra probablement, avant qu'il soit longtemps, « diriger » les ondes électriques avec précision, et alors la radiotéléphonie sera, à volonté, universelle ou spécialisée, destinée à tous ou à un seul.



CHAPITRE XII

LES DERNIERS PROGRÈS DE LA T. S. F.

Les ondes dirigées. || Réception des ondes sans antenne. || Le système Bellini-Tosi. || Le radiogoniomètre. || Le monotéléphone. || Enregistrement des signaux de T. S. F. || La T. S. F. sans étincelles.

LES ONDES DIRIGÉES. Nous avons vu que Marconi avait employé, pour ses communications transatlantiques, entre les Iles Britanniques et l'Amérique, des antennes horizontales : il nous reste à dire comment il est arrivé à cette ingénieuse et simple conception.

Il a employé, à cet effet, une antenne transmettrice horizontale d'environ 60 mètres de longueur, et placée à 1 m. 80 du sol. L'extrême « d'expérience » de cette antenne aboutissait à un éclateur relié à la terre, l'extrême opposée, complètement libre, pouvait être orientée dans toutes les directions (fig. 52).

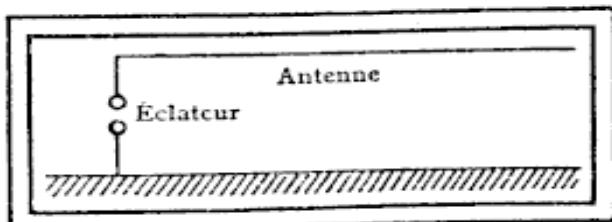


Fig. 52. — Antenne horizontale de Marconi.

On excitait l'éclateur à l'aide d'une source d'énergie électrique que l'on s'efforçait de maintenir aussi constante que possible, et, au moyen d'une antenne réceptrice verticale, dont la position relativement à l'antenne horizontale changeait, par conséquent, avec les changements de direction que l'on donnait successivement à celle-ci, on déterminait la quantité d'énergie reçue dans chaque direction choisie.

LA TÉLÉGRAPHIE SANS FIL

Or, voici les résultats obtenus, et obtenus non pas « théoriquement », mais « expérimentalement », c'est-à-dire indépendamment de toute théorie.

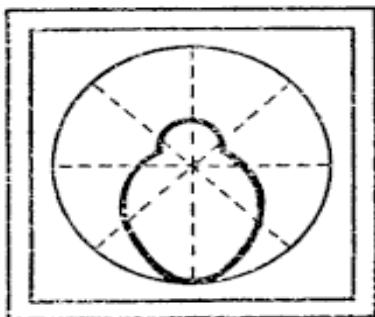


Fig. 53. — *Répartition de l'énergie dans les diverses divisions avec l'antenne horizontale.*

Si l'on représente par A (fig. 53), sur un graphique, la position de l'éclateur de l'antenne horizontale, si l'on trace autour du point A des rayons de circonférence équidistants et si, sur chacun d'eux, on porte une longueur proportionnelle à la quantité d'énergie reçue dans la direction correspondante par l'antenne réceptrice verticale, on obtient le graphique représenté par la figure 53, graphique qui montre bien

qu'il y a une « direction privilégiée » dans laquelle l'énergie se transmet au maximum, et une « direction désavantagee » dans laquelle elle se transmet au minimum. La première est dirigée dans le sens opposé à l'extrémité libre de l'antenne ; la seconde est à peu près perpendiculaire à la première.

C'est cette expérience qui a suggéré à Marconi l'idée d'employer ses antennes en nappes horizontales dont nous avons déjà parlé, et qui lui ont permis de correspondre directement, par-dessus l'Atlantique, entre Clifden et Glace-Bay.

Les antennes horizontales n'ont, d'ailleurs, pas dit leur dernier mot. Récemment, en Allemagne, le docteur Kiebitz a pu, en prenant comme antennes simplement un fil nu, fixé à des piquets plantés en terre, ou même simplement posé sur le sol, et long d'un millier de mètres, recevoir, près de Berlin, les signaux de la Tour Eiffel, de Norddeich, de Clifden et même de Glace-Bay.

On le voit, les progrès de la direction des ondes, en matière de T. S. F., tiennent beaucoup moins au perfectionnement des appareils d'émission et de réception, sur

DERNIERS PROGRÈS

lesquels on semble s'archarner, qu'aux propriétés spéciales de l'antenne, qui est la cheville ouvrière de la radiotélégraphie. C'est donc du côté de l'antenne que doivent porter les efforts des chercheurs.

RÉCEPTION DES ONDES SANS ANTENNE. ☙ ☙ Cette question de l'orientation des antennes a donc une importance capitale, puisqu'elle fournit un moyen d'augmenter l'énergie transmise ou reçue dans une direction déterminée, au détriment des autres.

Aussi est-il intéressant de signaler aux amateurs de T. S. F. le dispositif suivant, basé sur l'*« orientation »*, et que M. Dosne, dans *la Nature*, vient de décrire avec détail. On verra qu'on peut recevoir, grâce à l'orientation, des dépêches de T. S. F. sans qu'il soit besoin d'employer ni antennes ni fil de terre, pourvu que l'on soit à une petite distance (6 à 8 kilomètres) d'un poste puissant d'émission, comme la Tour Eiffel, par exemple.

Il suffit, pour cela, de constituer une bobine avec un simple tube de carton sur lequel on aura embobiné environ 60 mètres de fil isolé, de six dixièmes de millimètre d'épaisseur, de façon que

(167)

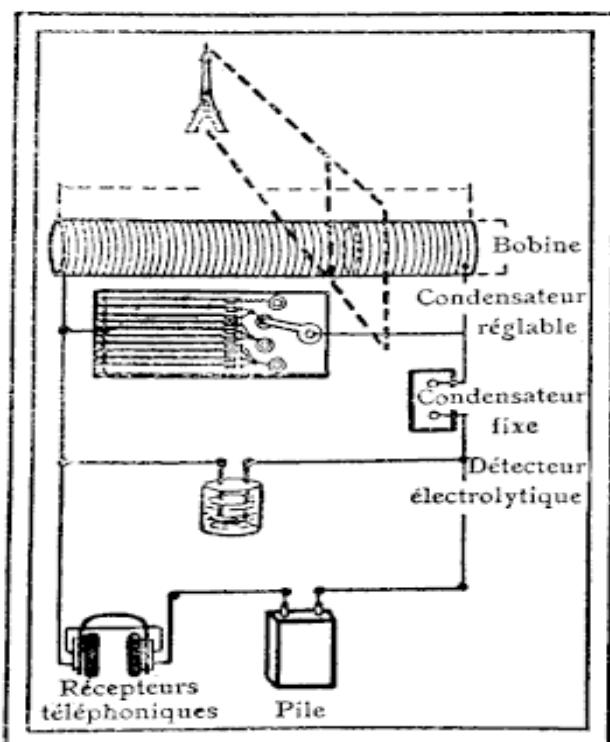


Fig. 54. — Schéma de la disposition d'un poste récepteur de T. S. F. sans antenne ni fil de terre (*« la Nature, »* n° 422, 25 juin 1914.).

LA TÉLÉGRAPHIE SANS FIL

le plan d'une spire de cette bobine passe par le poste émetteur de signaux, comme le montre la figure 54.

Afin de permettre aux amateurs de réaliser aisément cette expérience, voici, d'après l'auteur, les dispositifs à employer pour obtenir les meilleurs résultats.

Tout d'abord, employer de préférence un tube de carton long et étroit, plutôt qu'un cylindre court et gros : les meilleures réceptions ont été obtenues avec une bobine enroulée sur un tube de carton long de 50 centimètres et ayant 5 centimètres de diamètre.

Comme détecteur d'ondes, le détecteur électrolytique est le seul qui ait donné de bons résultats : les détecteurs à cristaux de galène n'ont fourni aucune réception acceptable.

Comme récepteur téléphonique, il est essentiel d'employer une paire de téléphones de haute résistance, 4 000 ohms chacun, montés en série : l'audition est impossible dans les téléphones dits d'appartement, dont la résistance intérieure est trop faible.

Enfin il faut intercaler dans le circuit des « condensateurs » convenables. La figure 54 montre leur disposition et la façon de les relier à la bobine. En dérivation sur cette dernière, on met d'abord un condensateur « réglable », dont on peut faire varier la capacité à l'aide d'une manette mobile sur des « plots ». De plus, un condensateur fixe, à lame d'étain, sera intercalé sur l'un des pôles de la bobine.

Cette disposition, on le voit, ne comporte ni antenne ni fil de terre : elle est donc, par excellence, à recommander aux amateurs, pas trop éloignés d'un poste émetteur puissant, surtout au moment où l'on nous annonce que l'Administration des postes et télégraphes élaboré un projet de loi tendant à interdire aux citoyens français non seulement l'émission, mais encore la « réception » des signaux horaires et des signaux météorologiques. A l'aide de ce dispositif, la réception pourra être faite dans l'intérieur d'un appartement, et même dans l'intérieur d'une boîte fermée, dont,

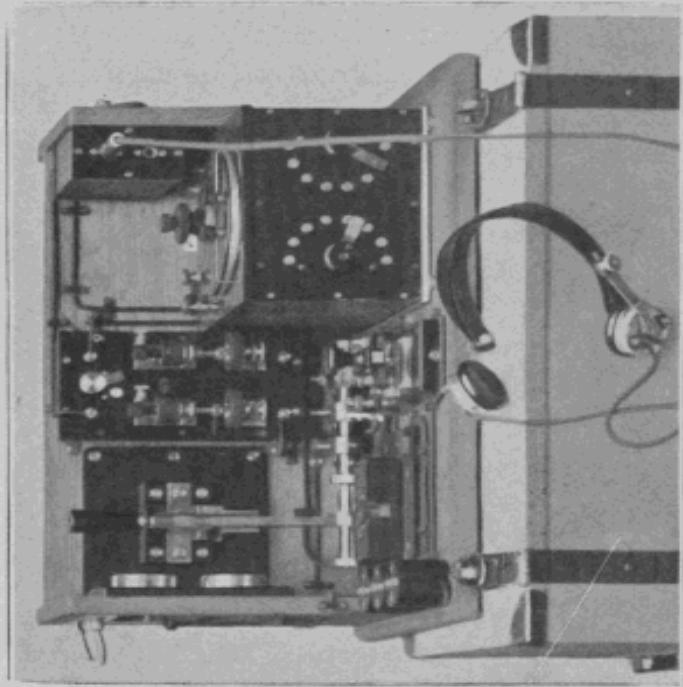


UN POSTE PORTATIF DE T. S. F. AUX MANŒUVRES

Le mât "télescopique" à créidence sert de support à l'antenne. Les appareils sont dans la voiture automobile. (Cl. Branger.)

La Télégraphie sans fil.

Pl. 36. Page 168.

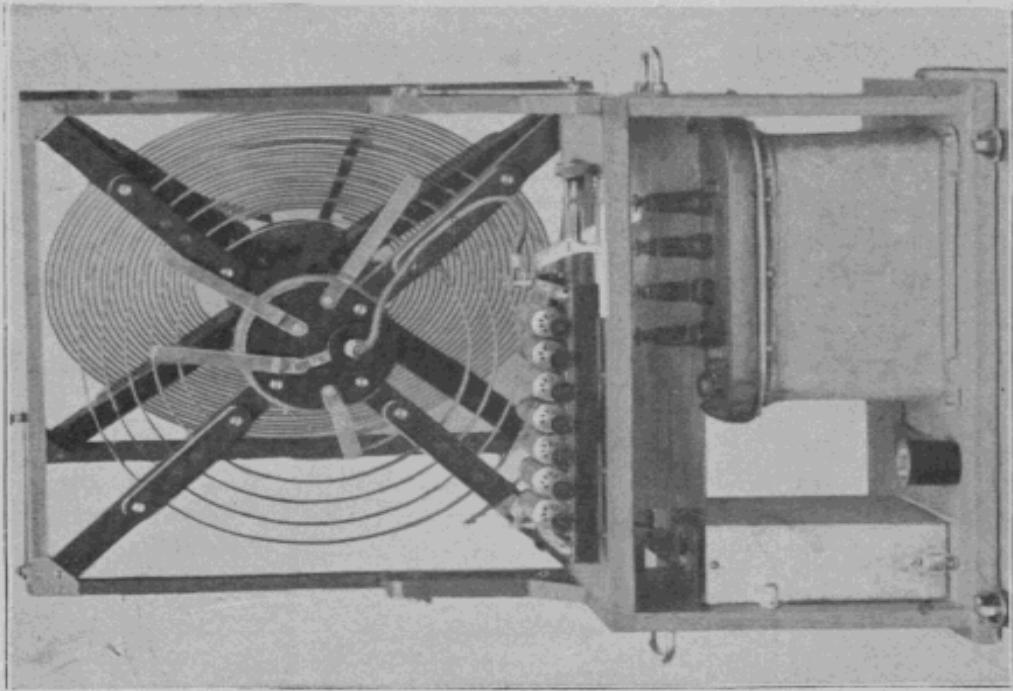


UN POSTE DE T. S. F. DE BORD

A gauche : les spirales d'accouplement que l'on peut écartier plus ou moins l'une de l'autre, et, sur la table, l'éclateur ;

A droite : les appareils de réception et le téléphone.

(Cl. Société Fse Radioélectrique.)



La Télégraphie sans fil.

P1 37. Page 169.

DERNIERS PROGRÈS

seuls sortiront les deux fils qui aboutiront aux récepteurs téléphoniques. La seule condition du bon fonctionnement est, comme nous l'avons vu et comme le montre la figure, d'orienter le plan d'une des spires de la bobine dans la direction du poste émetteur. C'est chose facile, d'ailleurs.

LE SYSTÈME BELLINI-TOSI. Mais le système le plus remarquable, à l'heure actuelle, basé sur l'orientation de la propagation des ondes, est celui qu'ont imaginé deux officiers italiens, MM. Bellini et Tosi. Il est remarquable surtout par l'application importante que l'on en a faite à la navigation près des côtes, en temps de brume. Nous allons en donner les principes essentiels.

Ce dispositif permet, avec deux couples d'antennes fixes, de communiquer dans n'importe quelle direction, choisie arbitrairement par l'expéditeur du message. A cet effet, le système des antennes, ou des « aériens », est formé de deux cadres fermés égaux ou de deux couples d'antennes identiques, mais montés sur leurs supports de façon que leurs plans soient perpendiculaires entre eux (fig. 55). Ces antennes, isolées à leurs parties supérieures, sont réunies deux à deux, par leurs bases, à des bobines reliées par induction aux circuits, soit récepteur, soit transmetteur. En pratique, et ainsi que cela a été utilisé dans les postes établis à Boulogne-sur-Mer, les cadres aériens sont rectangulaires au lieu d'être triangulaires, cette dernière disposition

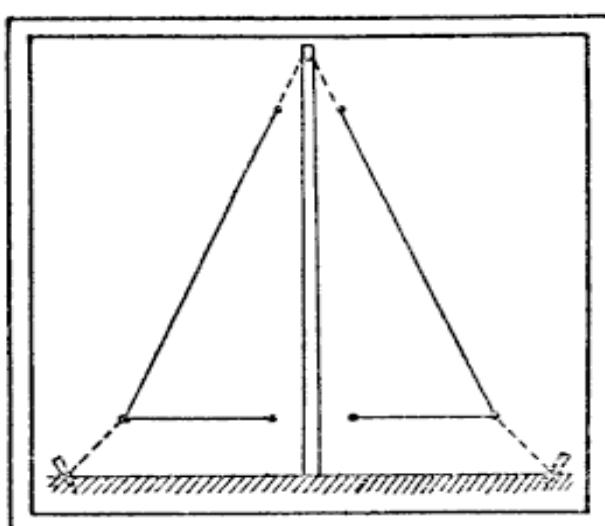


Fig. 55. — *Principe du dispositif Bellini-Tosi.*

LA TÉLÉGRAPHIE SANS FIL

n'ayant été adoptée ici que pour la simplicité de la figure.

Les choses étant ainsi disposées, si l'on met en vibration électrique, à l'aide de décharges de condensateurs produites par un éclateur, l'un des deux circuits « aériens », l'énergie rayonnée présente un maximum dans le plan de son cadre et est nulle dans la direction perpendiculaire. Si, maintenant, on met en vibration électrique les deux aériens à la fois, les ondes émises par chacun d'eux vont se combiner, comme cela se voit en acoustique, ou même simplement sur les ondes liquides produites à la surface d'un bassin, par « interférence » : en certains points où les mouvements vibratoires sont de même sens au même moment, l'amplitude sera augmentée, tandis que l'amplitude sera réduite à rien aux points où les mouvements vibratoires sont, au même instant, de sens contraire.

Il en résulte que l'émission des ondes produites simultanément par les deux « aériens » présentera un maximum dans un plan situé dans l'angle des deux circuits formés par les couples d'antennes. Si les excitations des deux aériens sont rigoureusement égales, le maximum aura lieu dans la direction exactement intermédiaire et sera nulle dans la direction perpendiculaire à celle-ci. Si les excitations des deux aériens sont différentes l'une de l'autre, la direction correspondant au maximum d'énergie rayonnée occupera une position comprise entre celle des deux plans

des aériens, et qui sera plus ou moins inclinée suivant la différence des excitations qui font vibrer ceux-ci.

Dans le cas où les excitations des deux « aériens » sont égales, on peut tracer une figure représentative de l'énergie transmise dans les diverses directions, comme nous l'avons fait dans le cas de l'antenne horizontale. On trouve ainsi une courbe à double boucle (fig. 56), dont la

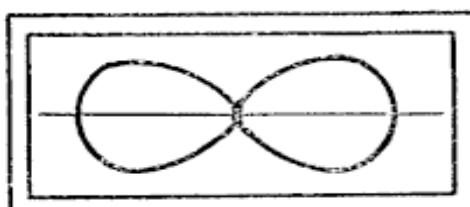


Fig. 56. — Répartition des énergies dans le système Bellini-Tosi.

DERNIERS PROGRES

partie allongée figure dans la direction de laquelle l'énergie rayonnée est maximum.

On comprend, dès lors, facilement que, pour envoyer ce maximum d'énergie rayonnée dans une direction que l'on a choisie, il suffise de modifier convenablement les excitations respectives de deux aériens, de façon à faire naître entre elles la différence nécessaire pour que le plan du maximum coïncide avec la direction demandée.

LE RADIOGONIOMÈTRE. Comment donc réaliser cette différence, variable à volonté, entre les excitations des deux aériens ?

Voici la façon, aussi simple qu'ingénieuse, dont MM. Bellini et Tosi ont résolu ce difficile problème.

Chacun des couples d'antennes constituant les aériens est relié, par la partie inférieure de ses antennes, à deux bobines fixes, identiques l'une à l'autre, et dont les axes sont perpendiculaires entre eux (fig. 57).

A l'intérieur de ces deux bobines qui sont fixes, peut se mouvoir une troisième bobine, plus petite, qui peut pivoter autour de l'axe commun aux deux bobines fixes, axe qui est en même temps l'axe de symétrie des deux « aériens ». Cette bobine mobile est reliée à un circuit oscillant contenant un éclateur et une bobine de réglage : elle agit donc comme « primaire » sur chacune des bobines fixes, qui constituent ainsi deux « secondaires ». Quand la bobine mobile est parcourue par les courants oscillants, les deux aériens

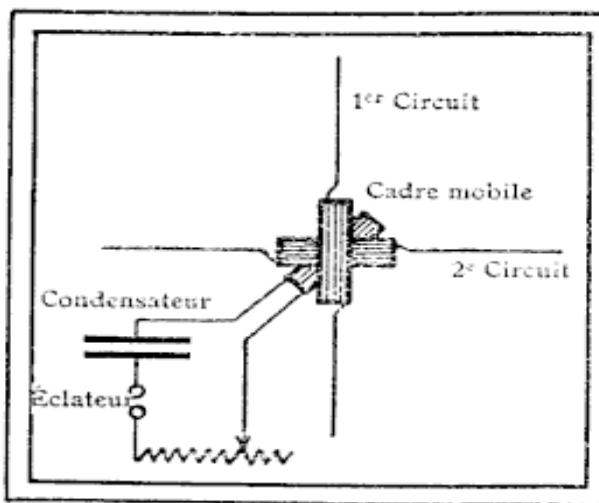


Fig. 57. — Dispositif Bellini-Tosi (émission).

LA TÉLÉGRAPHIE SANS FIL

entrent en vibration et émettent chacun des ondes électriques, mais avec l'intensité qui dépend de l'inclinaison de la bobine mobile sur la bobine fixe qui lui correspond. Il en résulte que la direction du maximum d'énergie rayonnée se déplace, et qu'elle coïncide constamment avec le plan même de la bobine mobile : en orientant celle-ci dans la direction choisie, on sera donc certain d'envoyer, dans cette direction-là, le maximum d'énergie. Voilà pour l'expédition des ondes.

Pour la réception, le dispositif est analogue ; les deux aériens sont réunis à deux bobines fixes entre lesquelles se déplace, également, une bobine mobile (fig. 58) ; mais, à la différence de ce qui se passe dans le dispositif d'émission, où c'est la bobine mobile qui constitue le primaire et les bobines fixes les secondaires, ici c'est l'inverse ; le courant qui parcourt les « aériens » récepteurs parcourt les bobines fixes qui jouent le rôle de primaires, tandis que la bobine mobile constitue le secondaire.

Les oscillations électriques développées par induction dans la bobine mobile auront donc une intensité d'autant plus considérable que son plan sera plus voisin de la direction de celui du poste émetteur. Les téléphones reliés au détecteur accuseront donc une intensité d'autant plus grande que la bobine mobile sera orientée plus exactement dans la direction même du poste expéditeur et accuseront une intensité minima dans la direction perpendiculaire à celle-ci.

Il résulte de là que l'on peut, avec cet appareil récepteur, que ses inventeurs ont appelé « radiogoniomètre » ou « radio-compas », déterminer, avec une précision qui atteint 2 degrés d'angle, la direction dans laquelle arrive un signal radiotélégraphique.

Si donc on dispose, le long d'une côte, des postes émetteurs du système Bellini-Tosi, à des distances connues et portées sur les cartes marines, un navire naviguant par la brume pourra reconnaître la direction respective des divers signaux qu'ils émettent et pourra, par conséquent,

DERNIERS PROGRÈS

trouver sa position exacte, absolument comme il la trouverait par ciel clair, en voyant les lumières émises par les phares optiques : la seule condition est que les postes constituant les « radio-phares » émettent des signaux différents les uns des autres et qui ne soient pas susceptibles d'être confondus entre eux. On voit par là les services immenses que ces « radio-phares », complétés par les « radio-compas » placés à bord des navires, pourront rendre à la navigation, dont ils augmenteront, dans des proportions incalculables, la sécurité, précisément dans les circonstances où celle-ci est, d'ordinaire, plus compromise.

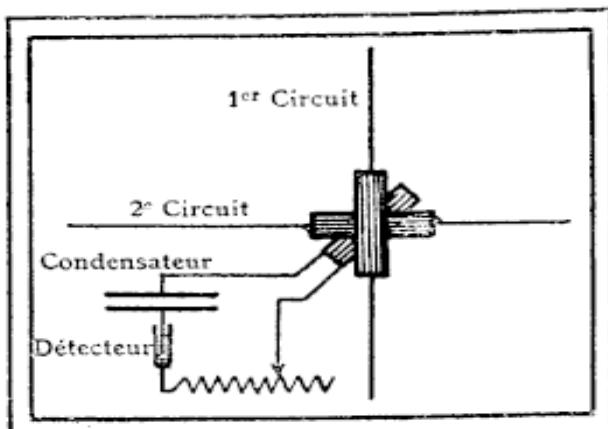


Fig. 58. — Dispositif Bellini-Tosi (réception).

En général, dans ce système Bellini-Tosi, quand on reçoit les signaux à l'aide du radio-compas, on n'observe pas le moment où le téléphone donne son indication d'intensité maxima, indication assez difficile à saisir. On préfère observer le moment où l'intensité du son perçu est, au contraire, minimum. A cet effet, on observe les deux positions où l'on reçoit le son le plus faible, et la direction exactement intermédiaire de ces deux directions ainsi observées est précisément la direction du maximum, c'est-à-dire celle d'où émane le signal perçu.

Une caractéristique du système d'ondes « dirigées » de MM. Bellini et Tosi, c'est l'utilisation excellente de l'énergie électrique mise en jeu dans l'installation.

Ainsi, lors des essais à Boulogne-sur-Mer, des communications eurent lieu, d'abord avec le poste de Folkestone, assez rapproché, puisqu'il n'est situé qu'à 40 kilomètres

LA TELEGRAPHIE SANS FIL

environ de la station d'émission ; mais, ensuite, des essais eurent lieu avec le poste des Saintes-Maries-de-la-Mer, près de Marseille, et même avec celui du Fort-de-l'Eau, près d'Alger, c'est-à-dire à plus de 1600 kilomètres de distance : les transmissions ont été moins bien reçues avec l'antenne verticale ordinaire qu'avec le système des deux « aériens ». Ce résultat est d'autant plus remarquable que, sur les 1600 kilomètres parcourus, il y en avait 1100 au-dessus des terres, que la longueur d'onde employée n'était que de 300 mètres et que l'énergie mise en jeu n'atteignait pas trois quarts de cheval (500 watts).

On peut donc dire que le système Bellini-Tosi possède, à énergie électrique égale, une portée supérieure à celle des autres systèmes ; qu'il assure, grâce à la direction qu'il permet d'imprimer aux ondes et de changer instantanément, une plus grande indépendance pour les communications, et enfin qu'il permet à un navire de déterminer la direction d'où émanent les signaux qu'il reçoit.

LE MONOTÉLÉPHONE. ↗ ↘ Parmi les progrès que la T. S. F. a faits dans la voie de la syntonisation, nous avons eu à constater le grand pas en avant dû à l'emploi des émissions par étincelles musicales. Celles-ci donnent dans le téléphone une note de caractère musical et de hauteur déterminée, ce qui permet à l'auditeur de la station réceptrice de la distinguer de préférence à tous les autres bruits qui viendraient à se faire entendre dans le téléphone de réception. Ceci, joint à l'« accord » que l'on réalise avec les ondes émises, assure une syntonisation, sinon théoriquement parfaite, du moins pratiquement suffisante.

Mais on a cherché à aller plus loin encore dans la voie de la sélection des sons téléphoniques à la réception, et l'on s'est demandé s'il n'y aurait pas moyen, avec les étincelles musicales, de les recevoir avec des téléphones, non seulement qui permettraient d'entendre la note attendue, que l'on reconnaîtrait aisément parmi les autres, mais encore de n'entendre que celle-là.

DERNIERS PROGRES

C'est ce à quoi on est arrivé par l'emploi des « monotéléphones ».

Qu'est-ce donc qu'un « monotéléphone » ? C'est un téléphone dont la membrane vibrante peut être accordée pour se mettre en vibration à l'unisson d'une note déterminée, et uniquement de celle-là. De sorte que, si l'on dispose d'un instrument de ce genre, accordé sur la note de l'émission musicale que l'on veut recevoir, non seulement on entendra bien les signaux correspondant à cette note, mais encore on n'entendra sensiblement que ceux-là, les autres étant sans action appréciable sur la membrane du récepteur.

Le monotéléphone consiste en une plaque très petite dont on peut faire varier la tension à l'aide de fils d'acier commandés par des vis; cette membrane se trouve occuper la place de la membrane ordinaire du téléphone, en face des pôles de son aimant entourés de bobines. On agit sur les vis de façon à modifier la tension de la membrane de tôle mince jusqu'à ce qu'elle vibre à l'unisson de la note voulue : alors elle « sélectionnera » cette note parmi toutes les autres, pour lesquelles elle sera muette.

Mercadier avait même été plus loin, et il avait réalisé un véritable « relais » monotéléphonique : pour cela, il mettait en contact avec la membrane du téléphone ainsi accordée une pointe de platine iridié qui appuyait sur elle avec une extrême légèreté. La membrane et la pointe sont mises dans le circuit d'une pile contenant également un relais très sensible. Quand la membrane vibre, le contact est modifié, et il se produit à la pointe une variation de résistance électrique suffisante pour actionner le relais.

Dès lors, celui-ci peut fermer le circuit d'autres appareils permettant d'enregistrer les signaux, quand ils ont une intensité suffisante.

ENREGISTREMENT DES SIGNAUX DE T. S. F. ☙ ☙
L'enregistrement des signaux est le grand *desideratum* de la T. S. F. En effet, ceux-ci sont simplement reçus « au

LA TÉLÉGRAPHIE SANS FIL

son ». Il faut donc s'en rapporter complètement à la fidélité de mémoire ou de transcription de l'employé qui les reçoit. De plus, il ne reste aucune trace écrite de la dépêche ainsi transmise, et cela peut avoir les plus graves inconvénients. Aussi a-t-on cherché à enregistrer les signaux reçus par T. S. F. comme le sont ceux que transmet le télégraphe ordinaire.

Il faut bien remarquer que, à ce point de vue, le progrès a été un peu rétrograde. Si, d'une part, on a augmenté considérablement la portée des messages radiotélégraphiques à l'aide du détecteur électrolytique et des téléphones employés comme organe de réception, d'autre part on a perdu l'immense avantage que donnait le cohéreur de Branly, uniquement employé au début : avec le cohéreur, en effet, le courant d'une pile était fermé au passage de chaque signal d'ondes, et le courant de cette pile pouvait, soit directement, soit par l'intermédiaire d'un relais, actionner un récepteur de télégraphie Morse, sur la bande bleue duquel s'imprimaient à l'encre les traits et les points qui formaient les mots de la dépêche envoyée.

Mais, avec le téléphone, rien de tout cela. On reçoit bien, il est vrai, les messages de distances six ou huit fois plus considérables, mais ces messages sont fugitifs : il n'en reste pas la moindre trace. Aussi les efforts des constructeurs se sont-ils portés sur la réception, par enregistrement graphique, des messages de T. S. F. reçus par le téléphone.

Une première solution a été suggérée par l'extrême petitesse des courants mis en jeu dans le téléphone : pour les rendre « inscripteurs », pour leur faire actionner un appareil d'enregistrement quelconque, on a renoncé à munir celui-ci d'un contact matériel. On s'est basé à prendre un galvanomètre ultra-sensible dont le cadre mobile portait un miroir ; sur ce miroir on lance un rayon étroit de lumière qui, réfléchi, vient former une tache sur une bande de papier photographique au gélatino-bromure d'argent. Si le galvanomètre reste en repos, la tache reste à la même place sur le papier, et si celui-ci est déroulé d'une façon

DERNIERS PROGRÈS

continue par un mouvement d'horlogerie, la tache lumineuse y trace une ligne droite.

Mais si le galvanomètre dévie sous l'action des courants qui actionnaient le téléphone et qui parcoururent son cadre, l'image du rayon lumineux se déplace à droite et trace une dent très courte si le signal était un point, une dent plus longue si c'était un trait. On aura donc, après le développement et le fixage de la bande de papier photographique, une trace écrite de la dépêche, en signaux brefs ou longs, figurant absolument les points et les traits de l'alphabet Morse.

Tel est le principe de la méthode d'enregistrement « photographique », qui a été réalisée en France par M. le professeur Turpain, en Roumanie par le docteur Giurgéa, en Belgique par le R. P. Lucas ; la Société Marconi, d'ailleurs, en avait déjà, en 1912, à la conférence de Londres, un modèle en parfait fonctionnement.

Cette méthode a, toutefois, un inconvénient, et cet inconvénient, c'est précisément d'être « photographique », c'est-à-dire d'exiger une chambre noire et des opérations. L'appareil de la Compagnie Marconi exécutait, il est vrai, automatiquement, les opérations de développement, de fixage et de lavage de l'épreuve, mais au prix de dispositifs compliqués.

Aujourd'hui, on revient à l'enregistrement direct, à l'aide d'un récepteur Morse, et cela est possible grâce à l'application, que l'on commence à faire, d'une méthode générale de renforcement téléphonique indiquée dès 1899 par le professeur A. Berget, dans une communication qu'il fit, à cette date, à l'Académie des sciences.

Cette méthode consiste à installer, sur la membrane du téléphone récepteur, un microphone qui est intercalé dans le circuit d'une pile et d'un second téléphone. Celui-ci vibre alors avec assez d'intensité pour pouvoir rompre ou établir un contact et par conséquent actionner l'électro-aimant d'un appareil Morse ordinaire.

C'est sur ce principe qu'ont été construits les appareils

LA TELEGRAPHIE SANS FIL

renforçateurs de Ducretet et Roger, qui permettent d'enregistrer directement la dépêche, reçue au son, sur un cylindre de phonographe : on peut ainsi la faire répéter aussi souvent que l'on veut, et l'on en conserve une trace écrite.

Citons encore l'appareil inscripteur de l'abbé Tauleigne, construit également par Ducretet et Roger, et qui, lui, inscrit directement sur une bande de papier bleu télégraphique les points et les traits qui forment les mots de la dépêche transmise au téléphone.

On voit donc que, aujourd'hui, la T. S. F. peut traiter sur le pied d'égalité avec la télégraphie ordinaire : on ne peut plus lui adresser le reproche qu'on lui faisait si volontiers de ne conserver aucune trace écrite des messages qu'elle transmet. Soit par la méthode photographique, soit par la méthode du renforçateur de Berget, les signaux peuvent être aujourd'hui enregistrés, comme ils le sont par les appareils ordinaires de la télégraphie « avec fils ».

Mais la T. S. F. conserve toujours son immense supériorité, que lui donne l'absence de toute attache matérielle : elle permet de communiquer avec un train en marche, avec un navire en pleine mer. Elle dirige déjà ses ondes ; déjà aussi elle accorde suffisamment ses appareils pour qu'ils marquent une « préférence » pour les ondes qui leur sont destinées. Bientôt sans doute, dans un avenir probablement très prochain, la direction et la syntonisation deviendront parfaites.

Et alors la télégraphie sans fil, inscrivant ses messages en caractères alphabétiques ordinaires, sera la reine des transmissions de la pensée humaine à travers et par-dessus tous les obstacles.

LA T. S. F. SANS ÉTINCELLES. ☠ ☠ Toutefois, parmi les progrès les plus marquants qui sont en train de se faire jour dans le domaine déjà si vaste de la T. S. F., il en est un qui mérite une mention toute particulière à cause de son immense portée pratique : je veux parler de la radio-télégraphie « sans étincelles ».

(178)

DERNIERS PROGRÈS

Pour réaliser ce rêve, il fallait imaginer et construire des alternateurs mis directement par les machines motrices, produisant, non plus une fréquence de 50 à 100 périodes par seconde, comme les alternateurs ordinaires employés au service courant, mais bien des fréquences de 30 000, de 50 000, de 100 000 périodes par seconde, correspondant à des longueurs d'onde de 10 000 mètres, de 6 000 mètres, de 3 000 mètres. Dans ces conditions, le courant d'un tel alternateur étant envoyé directement dans l'antenne d'émission, y produira les oscillations nécessaires, et l'antenne émettra dans l'espace des ondes de longueur correspondante.

Il est inutile d'insister sur les difficultés de construction de pareils alternateurs : elles sont énormes. Il faut, en effet, se rappeler que la fréquence est proportionnelle au nombre de tours que fait la machine par seconde, c'est-à-dire à la vitesse de rotation de l'induit. Or on ne peut songer à augmenter indéfiniment cette vitesse de rotation, car on est vite arrêté par des conditions de résistance à la rupture en ce qui concerne les pièces tournantes.

Malgré ces difficultés, différents ingénieurs ont abordé la solution du problème. Alexanderson, en Amérique, a construit des alternateurs à 100 000 périodes, pouvant néanmoins débiter plusieurs kilowatts, en tournant à la vitesse énorme de *vingt mille tours à la minute*! En France, M. Béthenod, ingénieur de la Société française radio-électrique, a réalisé des alternateurs de ce genre qui envoient leur courant directement dans les antennes d'émission des ondes, par conséquent sans qu'il soit besoin d'étincelles oscillantes pour les produire.

Les avantages de ces ondes sont considérables : d'abord, elles sont, par définition, « entretenues »; elles se prêtent donc à la téléphonie sans fil aussi bien qu'à la télégraphie sans fil. Ensuite, comme elles atteignent facilement une très grande longueur; comme, d'autre part, nous avons vu que le son des de grande longueur sont moins influencées que les autres par les vicissitudes des agents

LA TÉLÉGRAPHIE SANS FIL

atmosphériques, il en résulte une portée plus grande et une propagation plus régulière.

De plus, ces ondes, rigoureusement entretenues au même régime vibratoire, ont toujours la même longueur, la même amplitude, et permettent une syntonisation beaucoup plus parfaite que les ondes qui proviennent des appareils à étincelles rares ou même à étincelles musicales. On voit donc qu'il y a là un perfectionnement considérable, un des progrès les plus marquants de la T. S. F., un progrès qui va peut-être même la révolutionner complètement dans un délai assez court.

Dans cet ordre d'idée de la syntonisation rigoureuse, il faut, d'ailleurs, citer le système dit « à onde unique », également employé par la Société française radio-électrique. Ce système consiste, essentiellement, dans l'emploi d'un circuit primaire, d'un circuit secondaire et d'un circuit d'accouplement rigide entre les deux : de la sorte, le système oscille d'un seul bloc, avec une fréquence unique et parfaitement déterminée. On a donc bien un système « à onde unique », permettant une syntonisation beaucoup plus parfaite que les autres.



CHAPITRE XIII

LE PASSÉ ET L'AVENIR DE LA T. S. F.

Les premiers pas de la T. S. F. || Les progrès. || La T. S. F. à bord des dirigeables et des aéroplanes. || L'émission et la réception à bord des aéronefs. || La « télémécanique ». || La vision à distance. || La transmission de l'énergie.

LES PREMIERS PAS DE LA T. S. F. Comme nous l'avons dit en commençant ces pages, c'est à la combinaison de deux découvertes que l'on doit la télégraphie sans fil : celle des ondes électriques, dues au physicien allemand Hertz, et celle du cohéreur à limaille, l'appareil permettant de déceler la présence et l'arrivée des ondes, due, celle-ci, à notre illustre compatriote le professeur Branly; ces deux découvertes furent, d'ailleurs, faites simultanément en 1890.

Dès que le tube à limaille fut découvert, on conçut la possibilité de l'utiliser à la réception de signaux formés d'émissions rythmées d'ondes électriques, et cette possibilité fut signalée, dès 1892, par le professeur Sir Oliver Lodge, de Manchester. En 1893, Tesla indiquait la possibilité de transmettre des signaux intelligibles et « peut-être même de l'énergie ». En 1895, Popoff se servait du tube à limaille de Branly pour étudier l'électricité atmosphérique.

Mais ce n'est qu'en 1896 que l'ingénieur italien Marconi réalisa la première installation réelle de télégraphie sans fil, en dressant dans l'air une « antenne » destinée soit à émettre, soit à recueillir les ondes électriques, et l'organe essentiel, nécessaire de son installation, fut le tube à limaille de Branly, grâce auquel le service put être assuré et les dépêches inscrites sur un récepteur Morse ordinaire. Avec une courtoisie à laquelle on est heureux de rendre hom-

LA TÉLÉGRAPHIE SANS FIL

image, M. Marconi voulut que la première dépêche transmise par ses appareils fût destinée au professeur Branly.

C'est en 1899 que, vraiment, la première installation « effective » de T. S. F. fut faite, entre la France et l'Angleterre. Les stations étaient à Wimereux, près de Boulogne-sur-Mer, sur la côte française, et à South-Foreland, sur la côte anglaise. La distance entre les deux postes était de 47 kilomètres. Les antennes étaient supportées par des mâts de 45 mètres de hauteur. Les expériences furent décisives, non seulement pour les communications entre les deux stations, mais encore pour les communications avec des navires en marche parallèlement à la côte.

Encouragé par ce succès, M. Marconi tenta, en 1901, des communications entre Antibes, sur la côte française de la Méditerranée, et Calvi, en Corse, à la distance de 170 kilomètres. Indépendamment des communications directes, des expériences, couronnées de succès, furent tentées avec le navire de S. A. S. le Prince de Monaco, la *Princesse-Alice*, à des distances supérieures à 160 kilomètres. La longueur d'onde qui se montra la plus avantageuse dans ces premiers essais fut de 300 mètres ; à partir de ce moment, on peut dire que la télégraphie sans fil était créée. Aussi, dès 1902, le service français de la télégraphie militaire fut chargé d'installer une communication radiotélégraphique entre la Guadeloupe et la Martinique, pour remplacer le câble sous-marin que l'éruption de la montagne Pelée avait détruit : l'installation fut faite et fonctionna à la perfection jusqu'en 1903, époque à laquelle le câble fut rétabli. La distance franchie par les ondes était de 180 kilomètres.

La difficulté d'avoir de hautes antennes fit adopter, par le service militaire, les antennes supportées par des ballons captifs : avec ce perfectionnement, les portées atteignirent et dépassèrent 400 kilomètres, en 1903. C'est alors qu'on eut l'idée d'utiliser, pour remplacer le ballon captif, la Tour Eiffel comme support d'antennes : les essais furent des plus heureux, et l'on sait aujourd'hui que les messages envoyés par la Tour parcoururent plus de 6 000 kilomètres. Déjà, en

L'AVENIR DE LA T. S. F.

1908, avec une énergie de 10 kilowatts seulement, la Tour Eiffel communiquait avec Casablanca, par le croiseur *Kléber*.

LES PROGRÈS. Mais alors les progrès furent rapides. Nos cuirassés furent munis d'appareils de T. S. F., qui, dès 1902, permettaient de communiquer à plus de 500 kilomètres, et depuis 1907 le matériel installé à bord de nos navires leur permet de communiquer à plus de 1 000 kilomètres. Et aujourd'hui cette portée est dépassée largement, car le *Kléber* et le *Dupuy-de-Lôme* assurent le service entre Casablanca et la Tour Eiffel à une distance de 2 250 kilomètres environ, en passant par-dessus la France, les Pyrénées, l'Espagne et l'Atlas marocain. Partout d'importantes compagnies se sont formées qui assurent la construction des appareils, leur installation et leur fonctionnement.

Des stations puissantes ont été installées : nous avons décrit celle de la Tour Eiffel. Disons un mot des stations installées par la Compagnie Marconi à Clifden et à Glace-Bay.

Les deux stations possèdent chacune deux moteurs de 500 chevaux-vapeur, qui fonctionnent alternativement. Les antennes sont de la disposition horizontale, que nous avons déjà décrite : elles comprennent 60 fils parallèles de 330 mètres de longueur, installés sur des supports qui les soutiennent à une hauteur de 100 mètres au-dessus du sol. La longueur d'onde employée à ces stations est de 4 000 mètres.

Ainsi les progrès ont consisté dans l'emploi d'antennes dirigées, dans l'emploi de grande longueur d'ondes et dans l'amélioration de la syntonisation, amélioration due surtout à l'utilisation des étincelles dites « musicales ».

Mais ces améliorations vont être singulièrement augmentées dans les installations projetées par la Compagnie Marconi pour le Réseau impérial anglais. Le Gouvernement Britannique a, en effet, résolu de relier, par un vaste réseau de T. S. F., l'ensemble de ses nombreuses colonies

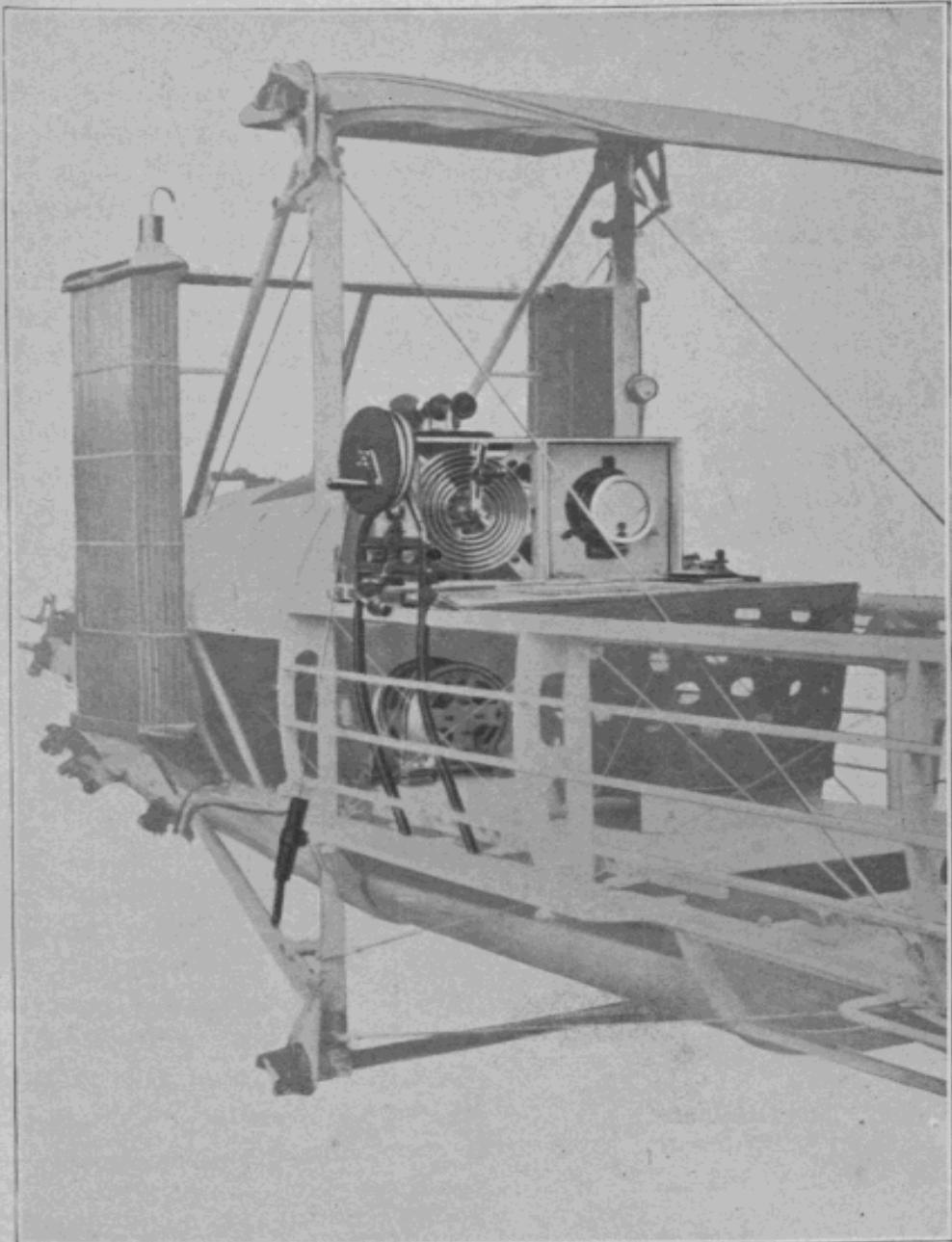
LA TÉLÉGRAPHIE SANS FIL

qui s'étendent, comme on le sait, sur la surface de la terre entière. Les cinq premières stations seront installées en Angleterre, en Égypte, dans l'Est-Africain anglais, dans l'Afrique du Sud et à Singapoor. Chaque installation doit être montée en double et comprendre deux appareillages distincts, un pour la transmission, l'autre pour la réception, et les longueurs d'onde pourront atteindre jusqu'à 15 000 mètres ! Les antennes des stations de transmission seront du type à fils horizontaux, comme l'antenne de Clifden, avec cette différence que, pour la station sise en territoire anglais et qui emploiera une longueur d'onde de 9 000 mètres, les fils auront 900 mètres de longueur. Quant à l'énergie motrice mise en jeu dans ces stations, elle sera de 1 500 chevaux à la station terminus et de 2 500 chevaux pour les stations intermédiaires.

On voit donc que nos voisins d'outre-Manche sont en pleine marche, en ce qui concerne la T. S. F. Ne nous laissons pas trop devancer : nous aussi, nous avons un vaste réseau colonial à réaliser ; nous avons des possessions au Nord, au Centre, au Sud de l'Afrique, aux Indes, aux Antilles, à Terre-Neuve, en Indo-Chine, en Océanie. Il n'est que temps de songer à les relier entre elles par un *réseau national français*.

D'ailleurs, l'industrie privée, chez nous, se met en mouvement. Déjà de puissantes Compagnies se sont formées, parmi lesquelles on peut citer la Compagnie universelle de télégraphie et de téléphonie sans fil, la Compagnie générale radio-électrique et la Société française radio-électrique, qui ont déjà fait leurs preuves en fournissant à divers États des postes de grande puissance qui fonctionnent à la satisfaction entière des intéressés. Ce mouvement se répand dans le monde entier : c'est ainsi qu'il y a actuellement 330 stations radiotélégraphiques *ouvertes au service public*, ainsi réparties : Canada, 32 ; Angleterre, 25 ; Russie, 22 ; Allemagne, 20 ; Italie, 20 ; Brésil, 16 ; Indes orientales, 11 ; Espagne, 9 ; France, 8. En outre, environ 1 200 navires de commerce sont pourvus de postes radiotélégraphiques,

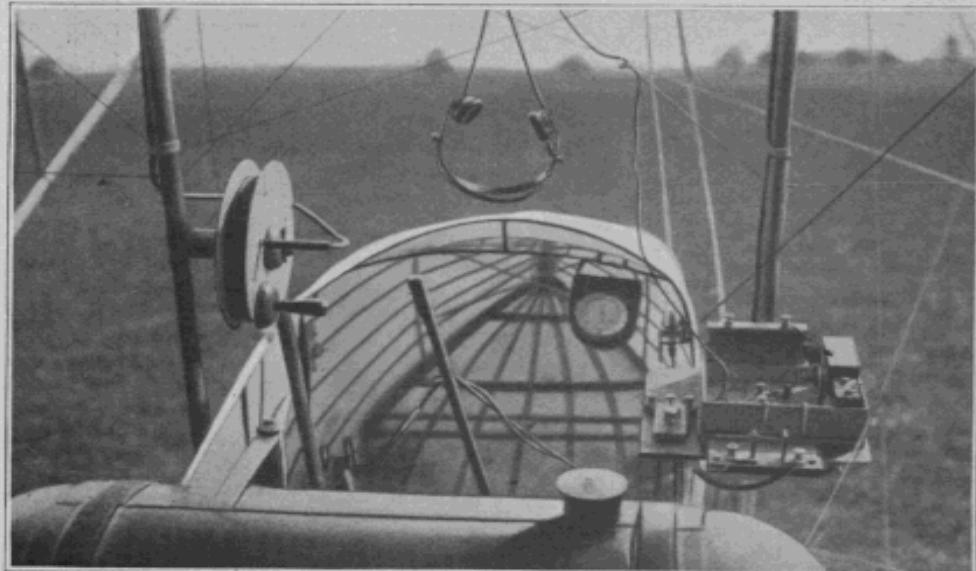
(184)



LA T. S. F. A BORD DES NAVIRES AÉRIENS
L'installation d'un poste complet à bord d'un aéroplane Breguet.
(Cl. Société Fse Radioélectricique.)

La Télégraphie sans fil.

Pl. 38. Page 184.



LA T. S. F. A BORD DES NAVIRES AÉRIENS
Installation d'un poste complet à bord d'un biplan Farman.

(Cl. RoL.)



LA T. S. F. MILITAIRE
Un poste de campagne : les appareils de réception et d'émission de T. S. F. à l'intérieur d'un automobile.

(Cl. Branger.)

La Télégraphie sans fil.

Pl. 3g. Page 185.

L'AVENIR DE LA T. S. F.

dont 590 bateaux anglais, 253 allemands et seulement 90 navires français.

Enfin, rappelons, comme dernier progrès de la T. S. F., la téléphonie sans fil, à laquelle nous avons consacré un chapitre de ce livre. Là seront, peut-être, les applications les plus merveilleuses des ondes électriques.

LA T. S. F. A BORD DES DIRIGEABLES ET DES AÉROPLANES. ☠ ☠ Une application de la T. S. F., qui commence à peine, mais qui est certainement appelée, dans l'avenir, à prendre une extension considérable, est son application à la navigation aérienne.

On sait, en effet, l'essor prodigieux pris par l'aéronautique au cours des dernières années : soit sous la forme de dirigeables que l'on construit de plus en plus volumineux, de plus en plus puissants, soit sous la forme d'aéroplanes que l'on fait de plus en plus nombreux et de plus en plus rapides, la navigation aérienne a pris, au point de vue militaire, une importance qui l'a fait appeler la « cinquième arme ». Et bientôt, il faut l'espérer, avec les perfectionnements incessants dont l'aéroplane est l'objet, ce ne sera plus seulement au point de vue de son application à l'art de la guerre, mais au point de vue de son utilisation à la vie civile que l'aéronautique affirmera son importance croissante.

Mais il est essentiel pour l'aéronaute de se tenir en contact avec la terre, et cela par la télégraphie sans fil. Pour les applications militaires, il est de première importance que le commandant d'un dirigeable ou le pilote d'un avion puisse transmettre à l'état-major du corps d'armée dont il dépend le résultat des observations qu'il peut faire du haut des airs relativement aux mouvements et aux positions de l'ennemi. D'autre part, il est utile, également, qu'il puisse recevoir du commandant en chef les messages nécessaires, par exemple les questions qui peuvent lui être posées au sujet des évolutions des armées adverses. Au point de vue des applications de l'aéronautique à la vie civile, quand on

LA TÉLÉGRAPHIE SANS FIL

en sera arrivé là, il sera de toute nécessité pour le pilote de navire aérien d'être en communication avec la terre, ne fût-ce qu'au point de vue de la sécurité de ses atterrissages et au point de vue de sa direction en cas de brume. La T. S. F. doit donc pouvoir être mise en service à bord des dirigeables et des aéroplanes, et les aéronefs doivent être munis de postes de réception et de postes d'émission.

En ce qui concerne ces deux fonctions, il faut d'abord qu'ils possèdent une antenne. Mais la nature même de ces navires aériens leur interdit de pouvoir utiliser une antenne dont une extrémité soit en contact avec la terre : il faut donc trouver quelque chose qui remplace la « prise de terre », et ce « quelque chose », c'est ce qu'on appelle le « contrepoids ».

L'antenne est toujours constituée, à bord des navires aériens, par un fil que l'on déroule plus ou moins pour obtenir l'accord avec les ondes qu'il est appelé à recevoir, et qui est tendu, à son extrémité libre, par un poids de 2 ou 3 kilogrammes. Ce n'est pas ce poids que l'on appelle le « contrepoids » : ce que l'on appelle ainsi est une masse métallique de grande capacité électrique, qui communique avec une extrémité de l'antenne et qui remplace sa communication avec la terre. En réalité, le contrepoids est constitué, pour les aéroplanes, par la masse même de l'engin dont toutes les parties métalliques seront soigneusement reliées, connectées les unes aux autres ; pour les ballons dirigeables, ce sera la carcasse métallique de la nacelle et des moteurs. Une pince coupante, dont les poignées sont garnies d'une enveloppe isolante, se trouve toujours prête à couper le fil de l'antenne et à abandonner celle-ci en cas où, au voisinage du sol, elle s'attachera à quelque objet et compromettrait ainsi la sécurité de l'atterrissement. En cours de route, d'ailleurs, le fil d'antenne, qui pend au-dessous de l'aéronef, prend, par suite du mouvement de l'appareil et de la résistance de l'air, une inclinaison voisine de 45°.

(186)

L'AVENIR DE LA T. S. F.

L'ÉMISSION ET LA RÉCEPTION A BORD DES AÉRONEFS. A bord des dirigeables de nos services aéronautiques militaires, l'énergie électrique est fournie par une dynamo à courants alternatifs actionnée par le moteur même du dirigeable : le courant alternatif est produit au régime d'environ 1 000 périodes, avec la tension de 250 volts. Un montage en dérivation, un condensateur et un éclateur complètent l'installation relative à l'émission des signaux.

Une particularité est à noter au point de vue des transmissions : les émissions faites par un navire aérien sont plus facilement reçues par les stations à terre que les signaux émis par celles-ci ne sont reçus par les aéronefs : on a démontré la chose par le calcul, on l'a vérifiée par l'expérience. Mais, comme les stations à terre ont généralement des appareils plus puissants que ceux qui sont à bord des aéronefs, cela n'a pas grand inconvénient. Inversement, les signaux envoyés par les navires aériens sont très bien reçus à terre : les signaux de nos dirigeables, bien qu'émis avec une énergie électrique assez faible, sont cependant reçus aisément dans un rayon de 150 kilomètres, ce qui est plus que suffisant pour les applications militaires. A bord des aéroplanes, où tout le mécanisme d'émission, qui doit forcément être de poids très léger, ne pèse pas plus de 20 kilogrammes, les réceptions sont très nettes à 90 kilomètres de distance. Les ondes, émises par les postes aériens, se transmettent donc librement et sans éprouver, de la part du sol, la résistance qu'elles éprouvent quand elles proviennent d'une antenne fixée à sa surface.

Quant à la réception des signaux, comme il s'agit de signaux reçus « au son » à l'aide d'un téléphone, elle est assez difficile à bord d'un navire aérien muni, comme ils le sont tous aujourd'hui, d'un moteur à explosion : le bruit du moteur, inhérent à son fonctionnement, est une cause de gêne pour l'audition nette des signaux : il faut avoir soin d'appliquer fortement le récepteur contre les oreilles et de se garantir, par une coiffure spéciale, de l'arrivée des

LA TÉLÉGRAPHIE SANS FIL

bruits étrangers. Toutefois, à bord des dirigeables, gonflés d'hydrogène, gaz éminemment inflammable, il y a à éviter avec soin les dangers d'explosion que le fonctionnement même du poste de T. S. F. fait courir à l'aéronef.

Indépendamment du risque qu'il y a de voir se produire une étincelle de résonance, comme nous l'avons expliqué dans un chapitre précédent, il y a les effluves, provenant de la haute tension électrique des conducteurs, et qui peuvent jaillir aux extrémités ou le long de ceux-ci. Comme, d'autre part, l'hydrogène suinte toujours à travers l'enveloppe, on comprend le danger permanent que crée cette situation.

On peut, au moins en grande partie, éviter ces dangers par des installations particulièrement soignées et bien comprises. On évitera tous les conducteurs métalliques au voisinage immédiat de la nacelle : les suspentes seront faites en cordes isolantes et ne seront continuées par des câbles d'acier qu'à partir d'une distance de plusieurs mètres de la nacelle. En outre, tous les organes de l'appareil émetteur de T. S. F. où peuvent éclater des étincelles seront enfermés dans des cages en toiles métalliques qui empêcheraient la propagation d'une explosion ayant pris naissance dans leur intérieur. Moyennant ces précautions, on peut réduire au minimum les dangers d'explosion provenant du fonctionnement de la T. S. F. à bord.

LA « TÉLÉMÉCANIQUE ». ☠ ☠ Puisque nous nous occupons de l'avenir de la T. S. F., il faut bien que nous disions un mot d'une application qui semble appartenir au domaine du rêve et dont, cependant, M. Branly a démontré la réalité possible : je veux parler de la *télémécanique*.

Comme son nom l'indique, la télémechanique est la partie de la science électrique consistant à mettre en mouvement, à distance, et à la volonté de l'opérateur, des engins mécaniques avec lesquels aucune connexion par fils n'est nécessaire. En un mot, cela revient à actionner, à l'aide des ondes électriques, des organes mécaniques placés à grande distance, à les actionner dans un ordre

(188)

L'AVENIR DE LA T. S. F.

voulu, et, surtout, à être prévenu de l'exécution de la manœuvre que l'on a commandée.

Il y a déjà neuf ans que le professeur Branly a démontré au grand public de Paris, réuni dans la salle du Trocadéro, la possibilité de cette application vraiment merveilleuse de la télégraphie sans fil. Le lendemain, le professeur d'Arsonval, membre de l'Institut, qui présidait la réunion, en fit dans un grand journal du matin un compte rendu aussi fidèle qu'enthousiaste.

L'appareil principal qui est la cheville ouvrière de l'organisme télémécanique est un axe en acier, que M. Branly appelle le « distributeur »; cet axe porte un premier disque muni d'un secteur renflé qui assure un contact pendant une fraction de tour. Ce disque sert à actionner, grâce à un relais et à un tube à limaille qui fonctionne sous l'action des ondes électriques, un petit moteur électrique qui fait tourner l'axe distributeur. Sur cet axe sont alors enfilés d'autres disques, munis chacun d'un secteur renflé, et qui correspondent aux divers appareils que l'on veut mettre en mouvement, à distance, à l'aide d'un relais. Les renflements qui assurent les contacts sont décalés l'un par rapport à l'autre, de façon que le contact, c'est-à-dire la mise en œuvre des appareils commandés, puisse être fait successivement par chacun des disques et, au besoin, dans un ordre quelconque.

Ainsi, à des centaines de kilomètres de distance, on pourra faire sauter une mine dans laquelle on aura préparé, simplement, les appareils nécessaires. On pourra diriger un sous-marin, l'envoyer poser des torpilles sous un navire ennemi, sans qu'il y ait personne à bord, c'est-à-dire sans exposer une seule vie humaine : déjà un ingénieur français, M. Gabet, a inventé et construit une torpille automatique, que l'on manœuvre et que l'on dirige de la rive, à volonté, vers le point qu'elle doit atteindre et qu'elle atteint.

Mais, au point de vue des applications à la guerre future, ce qu'il y aura de plus remarquable sera la direction à

LA TÉLÉGRAPHIE SANS FIL

distance des ballons dirigeables non montés, c'est-à-dire des « torpilles aériennes » : un ballon muni de ses postes synchronisés de T. S. F. pourra, quoique n'ayant à son bord aucun passager, être d'abord dirigé, à distance, au-dessus de l'endroit qu'il s'agira d'atteindre : une fois arrivé au-dessus de cet endroit, le distributeur de télémécanique actionnera les appareils qu'il faut manœuvrer pour laisser tomber des bombes ou des engins incendiaires sur les positions ennemis ; un autre organe manœuvrera la souape et les plans directeurs du ballon pour compenser la perte de poids due au jet de ces projectiles, et, enfin, si le ballon porte-torpilles n'est pas détruit par l'artillerie ennemie, la direction par les ondes électriques permettra de lui faire réintégrer le poste central d'où il est parti.

Tels sont, brièvement énumérées, quelques-uns des services que pourra rendre la télémécanique aux applications à l'art de la guerre. Nous le répétons, ce n'est plus seulement du rêve : c'est un commencement de réalisation que M. Branly a fait voir dans sa conférence du Trocadéro, qui marque une date dans l'histoire des applications de la T. S. F., après que sa découverte du cohéreur à limaille avait marqué la date initiale de cette belle manifestation de génie humain.

On objectera que ce sont là des expériences « de laboratoire » : mais n'est-ce pas d'expériences de laboratoire que sont sorties les plus importantes applications de la science contemporaine ? Quand Faraday découvrait le phénomène de l'induction, qu'on avait peine à déceler au début, tant les effets étaient faibles, quand Ampère découvrait les lois de l'électro-dynamique dans d'immortelles expériences « de laboratoire », qui aurait pu prévoir les merveilles que, trois quarts de siècle plus tard, nous réservraient ces expériences, mises en application pour l'éclairage de nos villes, pour la traction de nos tramways et de nos chemins de fer, pour la préparation des produits chimiques et l'affinage des métaux par le four électrique ? Qui aurait pu penser seulement à l'utilisation des forces natu-

(190)

L'AVENIR DE LA T. S. F.

relles, à la capture de l'énergie des chutes d'eau transformée en électricité et transportée à des centaines de kilomètres de distance, sous forme de courant alternatif, par un fil de bronze? Quand Pasteur et ses élèves, l'œil à leur microscope, étudiaient d'infiniment petits organismes et se livraient à des recherches qui eussent pu sembler vaines, qui aurait pu soupçonner que, de ces recherches sortirait la guérison de terribles maladies, la préservation des troupeaux, la conservation des bières!

Non, jamais une expérience « de laboratoire » n'est faite en pure perte, surtout quand c'est une expérience comme celle du professeur Branly. Un jour vient où tout à coup surgit l'application inattendue, stupéfiante, merveilleuse, qui fait passer la découverte du domaine du laboratoire dans celui, plus vaste, de la pratique : ce jour-là, la science a fait une nouvelle conquête, elle a agrandi d'une province son empire déjà si vaste.

LA VISION A DISTANCE. Puisque nous examinons les applications à venir de la télégraphie sans fil, puisque nous avons déjà vu qu'elle transmettait, sur les ailes de ses ondes si rapides, la parole humaine au delà des mers, est-il trop ambitieux d'espérer qu'un jour elle transmettra également les images des objets? En un mot, le *téléphote* sans fil est-il possible! C'est ce que nous allons brièvement examiner; mais, dès maintenant, nous pouvons répondre hardiment : « Oui, le téléphote sans fil est possible. »

Nous savons, en effet, que tout ce qui est possible dans la télégraphie avec fils est possible également avec la télégraphie sans fil : ce n'est qu'une question de dispositifs plus ou moins ingénieux à trouver; mais c'est possible.

Or, la vision à distance, avec fils, est réalisée : non pas encore d'une façon courante, mais dans des expériences de laboratoire assez parfaites pour qu'on puisse être sûr du résultat : ces expériences ont été faites surtout par M. Ruhmer, à Berlin, et par M. Belin, en France. Elles sont

LA TÉLÉGRAPHIE SANS FIL

basées sur une propriété remarquable d'un corps, d'un métalloïde, le sélénium.

Quand on a une lamelle de sélénium, et qu'on l'intercale dans le circuit d'une pile, le courant de cette pile a une certaine intensité, provenant de la résistance du circuit, à laquelle s'ajoute la résistance propre que la lamelle de sélénium oppose au passage de l'électricité. Mais, si l'on vient à modifier l'intensité de la lumière qui éclaire la lamelle de sélénium, on constate aussitôt que l'intensité du courant varie : la résistance de la lamelle change avec l'intensité de la lumière qui la frappe.

On voit combien est précieux un pareil organe pour la transmission électrique des images : si une lamelle ou un réseau de fils de sélénium sont placés au foyer d'une lentille dirigée vers un objet, même d'un objet en mouvement, dont l'image se forme sur le réseau, toutes les variations dans l'éclairage, provenant du jeu des ombres et de la lumière, se traduiront par des variations dans la résistance électrique du réseau, et cette modification pourra, dès lors, se transmettre, par le fil conducteur, au poste de réception, où l'on recevra ainsi les « images » envoyées du poste expéditeur.

Au point de vue pratique, on est déjà arrivé à transmettre ainsi télégraphiquement, avec fils, des images formées par des réseaux de traits, comme les gravures en simili qui illustrent les planches de ce livre ; on est arrivé également à transmettre télégraphiquement, toujours avec fils, des photographies au charbon. La réception des images se fait photographiquement par une petite fenêtre qui s'ouvre et se ferme plus ou moins longtemps suivant qu'elle correspond à un point plus ou moins éclairé, et qui impressionne le papier sensible placé, comme l'image à transmettre au poste de départ, sur un cylindre animé d'un mouvement de rotation synchrone.

On a essayé de refaire ces expériences par T. S. F. : sans être absolument pratiques encore, les résultats obtenus sont plus qu'encourageants et, selon toute probabilité, nous

L'AVENIR DE LA T. S. F.

verrons, dans un délai assez court, transmettre par ondes électriques les images et les photographies. Et alors, la transmission des images aériennes, des images mêmes des objets en mouvement, ne sera qu'un jeu, et l'on aura résolu le problème de *voir à distance* !

Voir à distance ! n'est-ce plus, dès lors, la suppression de la distance elle-même ? Déjà, par la téléphonie sans fil, on peut entendre la voix de celui avec qui l'on parle. Là, par surcroit, on voit son image même ; si on le voit agir, remuer les lèvres, faire des gestes, ce sera vraiment la victoire remportée par l'homme sur l'espace interposé, ce sera la distance vaincue définitivement.

Et alors, plus ne sera besoin de nous déplacer pour aller au théâtre. Un téléphone aux oreilles, un appareil appliqué devant les yeux : non seulement nous aurons l'audition nette de l'orchestre et des artistes, mais encore nous verrons ceux-ci évoluer sur la scène, au milieu des décors dont l'aspect nous sera fidèlement transmis, en même temps que les mouvements des acteurs, par les ondes électriques.

Je crois que ce sera là une des plus grandes « merveilles » de la télégraphie sans fil que cette victoire définitive remportée sur l'espace. Mais, hélas ! il en est une que nous ne saurions remporter : c'est la victoire sur le temps. Dans cette lutte-là, nous sommes toujours sûrs d'être les vaincus !

LA TRANSMISSION DE L'ÉNERGIE. ☠ ☠ Puisque nous voilà si bien lancés sur la route des espérances, pourquoi nous arrêter en si beau chemin ? Nous avons la T. S. F., nous avons la téléphonie sans fil qui sont choses acquises ; demain, peut-être, nous aurons le « téléphote » par ondes électriques. Ne serait-il pas possible de rêver plus et mieux encore ? et nous est-il défendu d'espérer qu'un jour l'énergie mécanique elle-même sera transmise « sans fil » par le mécanisme tout-puissant des ondes ?

Remarquons bien que, dès à présent, toute expérience de T. S. F., toute émission d'ondes électriques lancée par

(193)

13.

LA TÉLÉGRAPHIE SANS FIL

une antenne, reçue par une autre antenne et transmise à un récepteur téléphonique par l'intermédiaire d'un détecteur, est une expérience de transmission d'énergie à distance.

Qu'est-ce, en effet, que la réception du son dans le téléphone? C'est simplement la vibration mécanique de sa membrane de fer, vibration provoquée par l'attraction qu'exercent sur lui les bobines de l'électro-aimant qu'il renferme et dont les pôles sont voisins de la membrane vibrante. Or, pour mettre une membrane métallique en vibration, il faut lui fournir de l'énergie mécanique. Et, ici, cette énergie est fournie par les ondes électriques reçues à la station d'arrivée. Le problème de la transmission de l'énergie est donc bien non seulement résolu « en principe », mais encore réalisé.

Seulement est-il réalisé d'une façon vraiment « pratique »? autrement dit, y aurait-il là un moyen de transmettre de l'énergie mécanique à distance, avec un rendement économique suffisant pour pouvoir utiliser, par exemple, une partie importante de l'énergie mécanique développée dans une chute d'eau lointaine et transformée sur place en ondes électriques? Actuellement, non. La puissance mécanique développée dans le téléphone pour en faire vibrer la membrane est, en effet, de l'ordre de grandeur du milliardième de cheval-vapeur, alors que celle qui est dépensée à la station d'émission pour produire les ondes est de l'ordre de grandeur de plusieurs chevaux. Le « rendement » économique d'une telle transmission serait donc, dans les conditions actuelles, absolument dérisoire; et, pour la transmission de l'énergie à distance, il faut, dans l'état présent de la question, s'en tenir à la transmission avec fils.

A quoi tient ce faible rendement de la transmission de l'énergie par ondes électriques? Principalement au fait que, à partir des postes de départ, les ondes rayonnent dans toutes les directions, non seulement à la surface de la terre, mais encore dans l'espace; de sorte que ce n'est qu'une portion infinitésimale de l'énergie ainsi rayonnée qui peut être captée par l'antenne des postes de réception.

(194)

L'AVENIR DE LA T. S. F.

Pour augmenter l'importance de cette portion de l'énergie reçue à l'arrivée, il faudrait donc pouvoir, par un moyen quelconque, « concentrer » les ondes électriques émises, comme on concentre les ondes lumineuses au moyen d'un puissant projecteur.

Mais, jusqu'ici, toutes les tentatives faites dans ce sens ont échoué, et cela pour une raison très simple, qui est la grande longueur des ondes électriques mises en jeu dans la T. S. F. En optique, on a affaire à des ondes extrêmement petites, de l'ordre du millième de millimètre : on peut donc en recevoir et en renvoyer beaucoup sur la surface d'un miroir ou d'une lentille de quelques décimètres de diamètre. Tandis qu'en matière d'ondes électriques il faudrait des réflecteurs de plusieurs centaines de kilomètres de diamètre pour pouvoir concentrer efficacement un faisceau d'ondes ; ces réflecteurs sont pratiquement impossibles à construire et seraient impossibles à manier.

Serons-nous toujours, dans l'avenir, aussi désarmés qu'à présent au point de vue de la transmission, sans fil, de l'énergie à distance ? Je ne le crois pas. Si l'on trouve un moyen de « diriger » réellement les ondes, autre que ceux que nous avons indiqués et qui ne sont qu'une approximation, on aura déjà fait faire un grand pas à la question. Et puis ! il y a les découvertes de demain, celles que nous ne soupçonnons pas encore, et qui viendront éclairer d'une lumière nouvelle la science de l'électricité.

Pour moi, je ne désespère pas de voir un jour transporter du centre de l'Afrique à ses rivages l'énergie des cataractes du Zambèze, par exemple, et cela sans le moindre fil : alors, on pourra vraiment dire que la T. S. F. a conquis le monde, et qu'elle est vraiment la « merveille » de la science moderne.





TABLE DES GRAVURES

	Pages.
<i>PLANCHE I.</i>	
Antenne de T. S. F. à bord d'un cuirassé.	FRONTISPICE.
<i>PLANCHE II.</i>	
Un télégraphe Chappe.....	8
<i>PLANCHE III.</i>	
La télégraphie électrique : le manipulateur d'un appareil télégraphique Bréguet ; le manipulateur et le récepteur d'un appareil Baudot.....	9
<i>PLANCHE IV.</i>	
Le treuil servant à dérouler le câble sous-marin à bord du navire « poseur ».....	12
<i>PLANCHE V.</i>	
Réparation d'un câble télégraphique sous-marin.....	13
<i>PLANCHE VI.</i>	
Les « Communications » au Central téléphonique Gutenberg.....	24
<i>PLANCHE VII.</i>	
Les répartiteurs, au Central téléphonique Gutenberg...	25
<i>PLANCHE VIII.</i>	
L'antenne de la Tour Eiffel.....	32
<i>PLANCHE IX</i>	
Les ondes liquides	33
<i>PLANCHE X.</i>	
Les inventeurs de la T. S. F : le professeur Branly ; l'ingénieur Marconi.....	44
	(197)
	13.

LA TÉLÉGRAPHIE SANS FIL

	Pages.
<i>PLANCHE XI.</i>	
L'antenne multiple du poste d'Hanoï	45
<i>PLANCHE XII.</i>	
Le pied du pylône de 200 mètres de la station allemande de Nauen.....	48
<i>PLANCHE XIII.</i>	
La salle des machines de la station de Nauen.....	49
<i>PLANCHE XIV.</i>	
La salle de réception de la station de Nauen (Détail)...	52
<i>PLANCHE XV.</i>	
Salle de réception de la station de Nauen.....	53
<i>PLANCHE XVI.</i>	
DéTECTEUR électrolytique de Jégou. — DéTECTEUR à cri- taux, modèle horizontal. — DéTECTEUR à cristaux, modèle vertical.. ..	56
<i>PLANCHE XVII.</i>	
Un appareil récepteur portatif. — Bobine d'accord.....	57
<i>PLANCHE XVIII.</i>	
Poste récepteur de la Tour Eiffel.....	64
<i>PLANCHE XIX.</i>	
Installation de T. S. F. chez un particulier: L'antenne sur la maison. — Le poste intérieur.. ..	65
<i>PLANCHE XX.</i>	
Une réception improvisée sur une bicyclette.....	68
<i>PLANCHE XXI.</i>	
Schéma de l'envoi des signaux horaires. — Poste portatif pour boy-scouts	69
<i>PLANCHE XXII.</i>	
Un éclateur et sa bobine de résonance. — Le résonateur du poste de la Tour Eiffel.....	88

(198)

TABLE DES GRAVURES

Pages.

PLANCHE XXIII.

- | | |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Le grand alternateur du poste de la Tour Eiffel. — La salle de haute tension du poste de la Tour Eiffel..... | 89 |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|

PLANCHE XXIV.

- | | |
|---------------------------------------------------------------------------------|----|
| Une station d'énergie. — L'arrivée de l'antenne au poste de la Tour Eiffel..... | 96 |
|---------------------------------------------------------------------------------|----|

PLANCHE XXV.

- | | |
|--------------------------------------------------------|----|
| Poste radiotélégraphique « de bord » pour bateaux..... | 97 |
|--------------------------------------------------------|----|

PLANCHE XXVI.

- | | |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Disposition des antennes entre les deux mâts d'un cuirassé d'escadre. — Un opérateur de la Cie Marconi à bord d'un navire..... | 96 |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|

PLANCHE XXVII.

- | | |
|--------------------------------------------------------------------------|-----|
| Carte montrant la position des points où ont eu lieu des explosions..... | 107 |
|--------------------------------------------------------------------------|-----|

PLANCHE XXVIII.

- | | |
|------------------------------------------------------------|--|
| L'appareil Belin pour l'émission des signaux horaires. 124 | |
|------------------------------------------------------------|--|

PLANCHE XXIX.

- | | |
|-------------------------------------------------------------------|-----|
| Appareil Belin pour l'émission des signaux horaires (Détail)..... | 125 |
|-------------------------------------------------------------------|-----|

PLANCHE XXX.

- | | |
|------------------------------------------------------------------------|-----|
| Appareil Belin pour l'émission des signaux horaires (Vue en plan)..... | 128 |
|------------------------------------------------------------------------|-----|

PLANCHE XXXI.

- | | |
|------------------------------------|-----|
| Carte des 24 fuseaux horaires..... | 129 |
|------------------------------------|-----|

PLANCHE XXXII.

- | | |
|-------------------------------------------------|-----|
| Le manipulateur du poste de la Tour Eiffel..... | 136 |
|-------------------------------------------------|-----|

PLANCHE XXXIII.

- | | |
|--------------------------------------------------------|-----|
| Les selfs de résonance du poste de la Tour Eiffel..... | 137 |
|--------------------------------------------------------|-----|

PLANCHE XXXIV.

- | | |
|-----------------------------------------------------------------------|-----|
| Appareil Tauleigne pour l'enregistrement des dépêches de T. S. F..... | 148 |
|-----------------------------------------------------------------------|-----|

LA TÉLÉGRAPHIE SANS FIL

	Pages.
<i>PLANCHE XXXV.</i>	
Microphone multiple. — Le radio-compas Bellini-Tosi.	145
<i>PLANCHE XXXVI.</i>	
Un poste portatif de T. S. F. aux manœuvres.....	168
<i>PLANCHE XXXVII.</i>	
Un poste de T. S. F. de bord.....	169
<i>PLANCHE XXXVIII.</i>	
Installation d'un poste complet à bord d'un aéroplane Bréguet.....	184
<i>PLANCHE XXXIX.</i>	
Installation d'un poste complet à bord d'un biplan Farman. — La T. S. F. militaire : Un poste de cam- pagne.....	185



TABLE DES MATIÈRES

	Pages.
AVANT-PROPOS.....	v
 <i>CHAPITRE PREMIER</i>	
TÉLÉGRAPHES D'AUTREFOIS.	
La télégraphie. — Le télégraphe aérien. — Le télégraphe électrique. La pile. Le courant. L'électroaimant. — Le télégraphe Morse. — Télégraphes à cadran. — Télégraphes imprimeurs. — La télégraphie sous-marine. — Le télégraphe optique.....	1
 <i>CHAPITRE II</i>	
TÉLÉPHONES ET MICROPHONES.	
Le téléphone. — Induction électrique. — Principe du téléphone magnétique. — Le microphone. — Les applications du télégraphe et du téléphone.....	16
 <i>CHAPITRE III</i>	
LES ONDES	
Ondulations et vibrations. — Les ondes liquides. — Les ondes sonores. — Les ondes lumineuses. — Les ondes électriques. — Les détecteurs d'ondes.....	27
 <i>CHAPITRE IV</i>	
LES PRINCIPES DE LA T. S. F.	
Les organes nécessaires de la T. S. F. — La propagation des ondes. La diffraction. — Les ondes amorties. — Les « trains d'ondes ». — La transmission indirecte des ondes. — Rôle de l'antenne : ses vibrations. — Peut-on « diriger » les ondes électriques?...	41

(201)

LA TÉLÉGRAPHIE SANS FIL

	Pages.
CHAPITRE V	
COMMENT ON REÇOIT LES DÉPÈCHES DE T. S. F. (RÉCEPTION A COURTE DISTANCE).	
Les détecteurs d'ondes. — DéTECTEURS électrolytiques. — DéTECTEURS à cristaux. — Le téléphone et l'antenne. La prise de terre. — L'alphabet Morse. Les dépêches météorologiques. — Le réglage des signaux horaires. — Les renforçateurs.....	55
CHAPITRE VI	
LA RÉCEPTION A GRANDE DISTANCE.	
Nécessité d'une antenne. — Installation de l'antenne. — L'accord du poste récepteur. — Complexité des ondes. — Réception par induction. — Condensateur. — Prise de terre.....	72
CHAPITRE VII	
COMMENT ON ENVOIE LES ONDES ÉLECTRIQUES.	
Les éléments d'un poste expéditeur. — La source d'électricité. — Courant continu. — Courant alternatif. — Le condensateur. — Étincelles rares. Étincelles musicales. — L'antenne. — Poste de la Tour Eiffel. — La portée des ondes électriques. — Les points obscurs de la T. S. F. — Les explications proposées.	87
CHAPITRE VIII	
LES AVANTAGES, LES INCONVÉNIENTS ET LES DANGERS DE LA T. S. F.	
Les avantages de la T. S. F. — Applications à la navigation. — Applications à la sécurité des navires. — Communications avec les navires. — Applications aux chemins de fer. — Les inconvénients de la T. S. F. La syntonisation. — La direction des ondes. — Les dangers de la T. S. F. La résonance. — Résonance accidentelle. — Les explosions par résonance. — Les étincelles par « interférences ».....	103
CHAPITRE IX	
LA TRANSMISSION DE L'HEURE PAR T. S. F.	
La notion de l'heure. — L'heure universelle. — Les fuseaux horaires. — La transmission de l'heure par	

(202)

TABLE DES MATIÈRES

	Pages
T. S. F. — Envoi automatique des signaux horaires.	
— Technique de la transmission des signaux horaires.	124
CHAPITRE X	
LES RÉGLEMENTS DE LA T. S. F.	
La nécessité d'un règlement. — L'intercommunication obligatoire. — Les stations fixes. — Organisation des émissions. — Cas de détresse. — Télégraphistes.	
— La réglementation intérieure de la T. S. F. — Peut-on se passer de l'autorisation ?.....	135
CHAPITRE XI	
LA TÉLÉPHONIE SANS FIL.	
Le problème de la radiotéléphonie. — Les ondes sonores et la fréquence. — Emploi d'alternateurs à haute fréquence. — Emploi de l'« arc chantant ». — Les premiers résultats. — Propriétés des veines liquides. — Le générateur Moretti. — Le microphone à liquide. — Les résultats. — L'avenir de la téléphonie sans fil.....	148
CHAPITRE XII	
LES DERNIERS PROGRÈS DE LA T. S. F.	
Les ondes dirigées. — Réception des ondes sans antenne. — Le système Bellini-Tosi. — Le radiogoniomètre. — Le monotéléphone. — Enregistrement des signaux de T. S. F. — La T. S. F. sans étincelle.	165
CHAPITRE XIII	
LE PASSÉ ET L'AVENIR DE LA T. S. F.	
Les premiers pas de la T. S. F. — Les progrès. — La T. S. F. à bord des dirigeables et des aéroplanes. — L'émission et la réception à bord des aéronefs. — La « télémécanique ». — La vision à distance. — La transmission de l'énergie.....	181





IMPRIMERIE CRÉTÉ
CORBEIL (S.-ET.-O.)

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



2 fr. 50