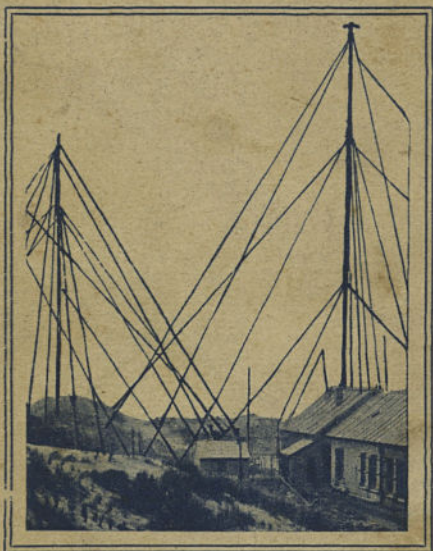


LUCIEN FOURNIER

# LA TÉLÉGRAPHIE SANS FIL



HISTORIQUE.  
LES ONDES ÉLECTRIQUES.  
LES DIFFÉRENTS SYSTÈMES DE T.S.F.  
LES APPLICATIONS DE LA T.S.F.  
LA TÉLÉPHONIE SANS FIL.

TÉLÉGRAPHIE  
ET TÉLÉPHONIE SANS FIL  
PAR INDUCTION, PAR LA LUMIÈRE,  
ETC., ETC.  
LA TÉLÉMÉCANIQUE SANS FIL.



Librairie  
GARNIER FRÈRES

IRIS - LILLIAD - Université Lille

PRIX : 2. »

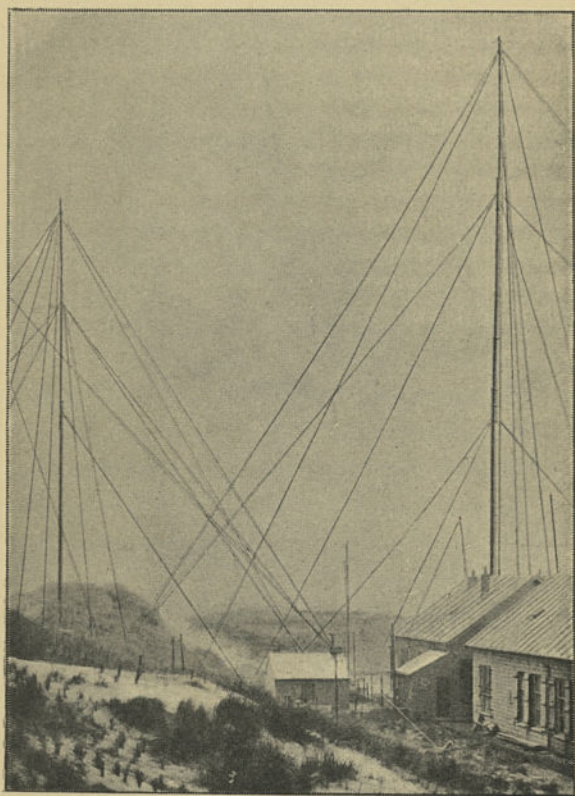


Henri Leleux

-1-8-38-

**Robert LELEUX**  
Expert près la Cour d'Appel  
et les Tribunaux  
18, Rue de Brigade, LILLE

# LA TÉLÉGRAPHIE SANS FIL



POSTE DE T. S. F.  
ÉLEVÉ A LA MARTINIQUE A LA SUITE DE LA RUPTURE  
DU CABLE, PENDANT L'ÉRUPTION VOLCANIQUE DE 1902.



Lucien FOURNIER

---

# LA TÉLÉGRAPHIE

## ≡ SANS FIL ≡



HISTORIQUE.  
LES ONDES ÉLECTRIQUES.  
LES DIFFÉRENTS SYSTÈMES DE T. S. F.  
LES APPLICATIONS DE LA T. S. F.  
LA TÉLÉPHONIE SANS FIL.

TÉLÉGRAPHIE  
ET TÉLÉPHONIE SANS FIL  
PAR INDUCTION, PAR LA LUMIÈRE,  
ETC., ETC.  
LA TÉLÉMÉCANIQUE SANS FIL.



PARIS  
LIBRAIRIE GARNIER FRÈRES  
6, RUE DES SAINTS-PÈRES

1912

LA TÉLÉGRAPHIE

SANS FILS



## AVANT-PROPOS

---

Le siècle dernier, si fertile en découvertes étonnantes, n'a pas voulu disparaître sans imposer à son successeur l'obligation de résoudre certains problèmes auxquels nos savants travaillent avec une persévérance digne des plus grands succès.

Le plus passionnant de tous, le plus imprévu, celui aussi qui sera le plus fécond : la télégraphie sans fil, a pris, dès l'origine, l'importance des événements inattendus qui bouleversent les sociétés. Malgré sa jeunesse, elle a déjà accompli tant de prodiges que l'on ne saurait fixer une limite à ses exploits. Les ondes électriques dont elle est issue n'ont encore fait que révéler, par des manifestations que nous devons considérer comme enfantines à côté de ce qui va suivre, la prodigieuse puissance qu'elles renferment.

Il ne faut pas voir dans les ondes électriques un simple moyen de transmission de la pensée et de la parole. Leur analogie avec les autres ondes, en particulier avec les ondes lumineuses, nous autorise à concevoir d'autres applications dont l'idée est encore enveloppée d'un voile épais, et même à poser de nouveaux problèmes auxquels l'imagination des plus fertiles romanciers n'avait pu atteindre.

Par les ondes électriques, en effet, et par elles seulement, la vision à distance sera réalisée. Messagères mystérieuses, elles prendront directement l'image de la nature pour la transporter au loin, à des milliers de kilomètres, instantanément et sans l'intervention d'aucun lien matériel. Ce sera le *mirage électrique* dont les régions tropicales nous donnent un faible aperçu. Et la reproduction se complétera par celle de toutes les manifestations extérieures qui accompagnent les phénomènes naturels, depuis le bruit à peine perceptible à nos sens jusqu'aux déchainements les plus effroyables des éléments. L'image, puisée n'importe où, dans les coins les plus inaccessibles, viendra se poser devant nos yeux, dans nos salons, dans nos salles de spectacles, pour apporter à chacun, non plus une reproduction cinématographique, mais la vie elle-même à l'instant précis où ses rites s'accomplissent.

Bien mieux ! Le soleil peut mourir, que nous



importe ! L'admirable théorie de Maxwell pratiquement confirmée, mettra dans la main de l'homme les agents les plus insaisissables de la vie elle-même : la lumière et la chaleur. De loin en loin de puissantes usines productrices de la lumière s'élèveront pour venir en aide au vieux Phœbus qui commence à s'éteindre. Chaque soir, lorsque, derrière l'horizon, l'astre du jour disparaît, sortiront de ces usines, des rayons lumineux qui, couvrant toute la surface de la terre conquise par l'ombre, permettront à l'homme de se libérer des ténèbres, de les accepter au moment choisi, de les dissiper à l'heure qui lui conviendra.

Plus de nuit ! si tel est notre bon plaisir. Plus de journées froides et maussades qui font ressembler la terre à un fond de tombeau. Si le soleil est impuissant à combattre la brume, nous obligerons celle-ci à se volatiliser sous l'action de la lumière et de la chaleur artificielles ; si nous souhaitons supprimer les hivers, il nous suffira de le vouloir ; si nous désirons que la nature vive sans arrêt, sans repos, qu'elle nous donne ses produits en toute saison, elle devra obéir. Car l'humanité sera en pleine possession des forces naturelles qui lui ont été si parcimonieusement distribuées jusqu'ici.

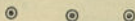
L'homme deviendra le maître absolu de tous les phénomènes dont il n'est encore que le passif témoin. Qu'il ne s'enorgueillisse pas, cependant !

La science ne lui permettra jamais de franchir certaines limites : il connaîtra peut-être un jour la mystérieuse conformation de l'infiniment grand et de l'infiniment petit, mais il ne créera jamais ni une étoile, ni un ciron.

---

# LA TÉLÉGRAPHIE

## === SANS FIL ===



### CHAPITRE I

#### Le télégraphe Morse.

Le télégraphe Morse est le plus simple de tous les appareils en usage dans la télégraphie. Pour cette raison, Marconi a immédiatement songé à lui au début de ses premières expériences de télégraphie sans fil; c'est aussi pourquoi, avant de pénétrer le mystère des ondes électriques et ceux des phénomènes qui les accompagnent, nous devons comprendre le fonctionnement de ce petit appareil qui continue à tenir une place prépondérante dans toutes les administrations télégraphiques du monde entier.

Une installation Morse comporte deux organes essentiels : un manipulateur et un récepteur. Le premier prend le courant électrique issu d'une pile et l'envoie sur la ligne; le second reçoit ce courant.

Le manipulateur est un petit levier métallique L pourvu d'un bouton d'ébonite B que le télégraphiste saisit entre les doigts et dont il se sert pour appuyer



sur cette extrémité du levier. Celui-ci s'abaisse et la pointe dont il est pourvu sous le bouton B s'arrête

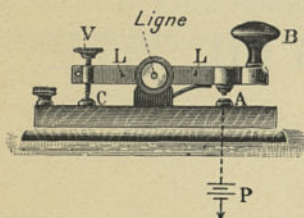


Fig. 1.  
Le manipulateur Morse.

sur une sorte d'enclume A, reliée constamment avec l'un des pôles d'une pile P. Le courant de cette pile pénètre donc dans le levier par la pointe et se dirige sur la ligne parce que celle-ci est directement rattachée au manipulateur.

Si on appuie pendant une minute, le courant transmis sera de longue durée; si, au contraire, on ne fait qu'abaisser et relever aussitôt le levier, le courant sera très court. En combinant des émissions brèves et longues, on forme des groupes de points et de traits représentant les signaux conventionnels de l'alphabet Morse.

L'organe principal du récepteur est l'électro-aimant. C'est une bobine de fil métallique entouré de soie, tout à fait semblable à une bobine de fil à coudre. Au centre se trouve un petit barreau cylindrique de fer doux, gros comme un crayon, sur lequel est enroulé le fil conducteur. Dès qu'un courant électrique parcourt cet enroulement, le noyau s'aimante, et, comme un aimant naturel, attire le fer. Si l'envoi de courant cesse, le noyau

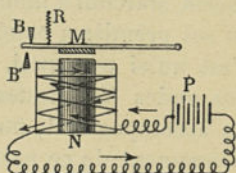


Fig. 2. — Electro-aimant.  
N, noyau de fer doux. — P, pile.  
— M, armature fixée à son levier. — BB, butoirs entre lesquels oscille le levier de l'armature. — R, ressort antagoniste de rappel.



reprend aussitôt son état neutre : il n'est plus aimanté.

Disposons en face de l'une des extrémités de ce noyau une petite masse de fer doux maintenue par un léger levier articulé à son extrémité. Ce levier obéira à l'attraction exercée sur le fer et il sera attiré dès qu'un courant parcourra le fil; mais si l'envoi du courant cesse, le levier reprendra sa position de repos grâce à l'action d'un ressort antagoniste R. Par conséquent, chaque envoi de courant produit une attraction de la masse de fer doux que l'on désigne sous le nom d'armature.

L'électro-aimant est un organe absolument indis-

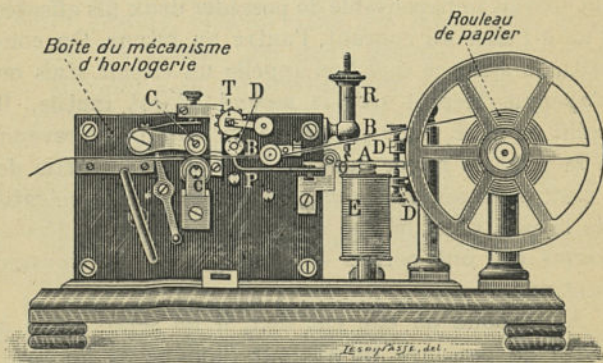


Fig. 3. — Le récepteur Morse.

pensable à la télégraphie; elle n'existerait pas sans lui. Dans le récepteur Morse, l'armature A est soudée à un levier dont l'extrémité P est légèrement recourbée. Au-dessus de cette sorte de bec, et sans

le toucher, se déroule une bande de papier B entraînée par les deux cylindres C.C. Lorsque l'armature est attirée, la pointe P pousse le papier contre un petit disque D, enduit d'encre par le tampon T qui tourne avec lui. En glissant contre le disque, le papier prend de l'encre et une trace s'imprime. La longueur du trait dépend de celle du courant qui traverse l'électro-aimant. Le télégraphiste peut donc, à sa volonté, inscrire un trait, un point, plusieurs traits ou plusieurs points les uns à la suite des autres, en somme transmettre des signaux Morse.

Pour permettre au système de fonctionner, il est nécessaire que le manipulateur et le récepteur soient reliés par un fil conducteur, une ligne. Autrefois on croyait indispensable de posséder deux fils affectés l'un à l'aller du courant, l'autre au retour. On constituait ainsi ce que l'on appelle un *circuit*. Mais on s'aperçut bientôt que le second fil est inutile. Il suffit, en effet, pour permettre au courant de revenir à la pile, de noyer dans la terre le fil de sortie de l'électro-aimant ainsi que celui qui est relié au négatif de la pile. C'est là une des plus importantes découvertes qui ont permis à la télégraphie de devenir pratique.

A l'époque où elle eut lieu, il ne serait venu à l'idée de personne qu'un jour l'unique fil de ligne pourrait être supprimé à son tour. Cependant notre science a permis de réaliser cette surprenante conception.

---

## CHAPITRE II

### **Hertz, Branly, Popoff, Marconi.**

Si Marconi est parvenu, le premier, à supprimer le fil métallique entre le manipulateur et le récepteur Morse, il ne l'a pas fait sans s'être assuré qu'il avait en mains de quoi le remplacer. Hertz d'abord, Branly ensuite, chacun dans son laboratoire, sont en effet les auteurs des deux grandes découvertes que Marconi a su rapprocher pour en tirer la télégraphie sans fil. Le mérite du jeune savant italien n'en est pas moins considérable; s'il n'est pas l'inventeur des moyens employés par lui, ensuite par d'autres, il n'en demeure pas moins le premier metteur en scène de la télécommunication par les ondes hertiennes.

En 1858, Fessenden, professeur de physique, constatait qu'une étincelle électrique jaillissant d'une bouteille de Leyde donnait naissance à des oscillations électriques. Trente ans plus tard, Hertz répétait ces expériences et lançait dans l'espace des ondes résultant des oscillations produites en circuit fermé par Fessenden.

Définissons les ondes par l'expérience classique du caillou tombant sur une nappe d'eau. Il se forme,



autour du point touché, un certain nombre de cercles concentriques qui s'étendent plus ou moins loin et finissent par s'éteindre. Ces cercles sont des ondes.

Autour de l'étincelle électrique il se produit aussi des ébranlements semblables aux précédents et qui se propagent dans toutes les directions, en sphères concentriques. Ce sont des vibrations de l'éther, vibrations qui ne sont perceptibles par aucun de nos sens.

Hertz mourut à 36 ans; peu après, M. Branly, professeur à l'Institut Catholique, constatait qu'une étincelle jaillissant dans le voisinage d'un tube de verre contenant de la limaille métallique, rendait cette limaille conductrice du courant électrique.

Dans un tube de verre AA de quelques centimètres

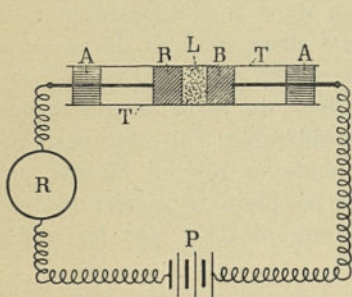


Fig. 4.

Le tube radi-conducteur de M. Branly.

de longueur, ouvert à ses deux extrémités, on introduit une pincée de limaille métallique L. Cette limaille est maintenue non tassée entre deux bouchons métalliques BB reliés chacun par un fil au circuit de la pile P.

L'appareil ainsi disposé ne laisse pas passer le courant de la pile; mais si on l'expose à l'action des ondes hertziennes, la limaille cesse d'être un obstacle au passage du courant.

Si on frappe un coup sec sur le tube après le passage de l'onde, la limaille reprend son état de repos; elle



redevient non conductrice. Mais une onde détruira de nouveau cet état spécial. L'expérience peut être répétée autant de fois qu'on le désire, toujours avec le même succès.

Cet appareil si simple devint, au début, la cheville ouvrière de la télégraphie sans fil; il permit d'abord à Lodge de montrer les premières applications des ondes de Hertz.

Popoff construisit alors un poste récepteur complet, mais destiné seulement à déceler la présence des orages éloignés. Ce poste comportait un tube radioconducteur avec son circuit propre, un électro-aimant à marteau décohéreur et une antenne réceptrice. Marconi vint ensuite pour appliquer ces différentes découvertes à la télégraphie qui est devenue la télégraphie sans fil. Les premières expériences du jeune ingénieur italien provoquèrent l'admiration du monde entier.

Le tube à limaille a été désigné par M. Branly sous le nom de tube radio-conducteur. M. Lodge, savant anglais, lui a donné le nom de *cohéreur* parce que, d'après lui, la limaille soumise à l'action des ondes se *cohère*, se tasse, forme comme une masse compacte qui lui permet de devenir conductrice. Cette masse se disloque ensuite sous l'action du choc qui *décohère* le bloc théorique.

Cette théorie, admise d'abord par plusieurs savants, a été ensuite abandonnée; on lui en a substitué plusieurs, entre autres celle basée sur la présence des *électrons*, découverts par J.-J. Thomson, et qui sont des particules électriques infiniment plus petites que l'atome, s'orientant d'une manière spéciale sous l'action des ondes électriques.

Quoi qu'il en soit, Hertz cherchant, ainsi que

nous le verrons plus loin, à produire des ondes ou vibrations électriques beaucoup plus rapides que celles de Fessenden afin de se rapprocher des vibrations lumineuses, et cela dans le but de vérifier expérimentalement la théorie de Maxwell, a dirigé l'attention des savants vers le conducteur invisible de la télégraphie sans fil. Branly a imaginé le tube radio-conducteur qui a mis entre les mains de Marconi l'instrument indispensable à la nouvelle télégraphie. En rapprochant les deux découvertes, le jeune ingénieur italien en a tiré le nouveau mode de télécommunication qui est bien l'une des plus merveilleuses applications de l'Electricité.

---

## CHAPITRE III

### Un poste de télégraphie sans fil.

Fessenden, avons-nous dit, est le premier physicien qui ait constaté la présence d'oscillations électriques dans un circuit. Hertz, pour produire des ondes, utilisait une bobine de Ruhmkorff spécialement agencée à laquelle il donna le nom d'*oscillateur*.

Autour d'un noyau de fer doux AB enroulons un fil assez gros relié au circuit d'une pile P. Ce dispositif est celui d'un électro-aimant. Dans le circuit ainsi constitué, intercalons un interrupteur M (une clé Morse, par exemple). En face de l'extrémité A de la bobine, plaçons une armature I, solidaire d'un levier articulé à l'une de ses extrémités et venant buter contre une pointe V, laquelle est reliée au pôle négatif de la pile.

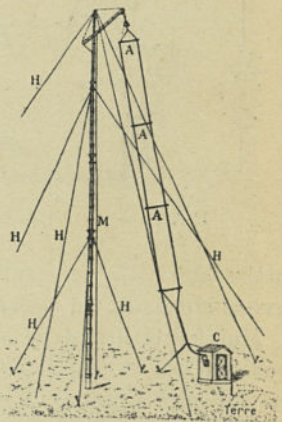


Fig. 5.

Un poste simple de T. S. F.

M, mât porte-antennes. — AAA, les deux fils de l'antenne, tenus éloignés l'un de l'autre, descendent du mât, se réunissent en un seul et pénètrent dans la cabine C contenant les appareils. — HH, haubans servant à maintenir le mât.

Les organes de l'appareil étant disposés comme



le montre la figure 6, le courant ne peut faire retour à la pile puisque l'interrupteur M est ouvert. Fermons cet interrupteur en abaissant le levier M. Aussitôt le courant parcourt le circuit GMV. Le noyau AB

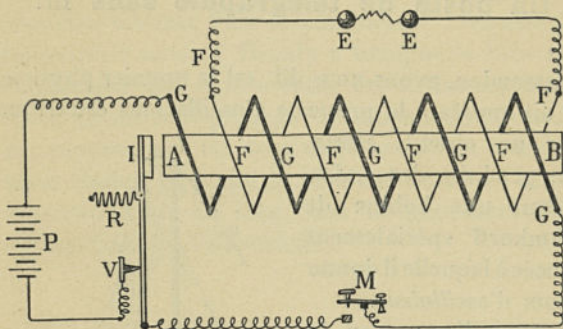


Fig. 6. — Principe de la bobine de Ruhmkorff.

attire alors son armature puisque, en somme, nous avons construit un électro-aimant.

Mais cette armature a obligé le levier I à osciller sur son axe et à quitter le contact V qui, lui aussi, est un interrupteur. Le courant ne pourra donc plus passer et l'attraction exercée par le noyau sur l'armature I cessera. Le levier, sollicité par un ressort antagoniste R, viendra se mettre de nouveau en contact avec V pour rétablir le circuit. Une seconde aimantation du barreau AB accompagnée d'une attraction de l'armature en sera le résultat. Nouvelle interruption suivie d'une autre attraction et ainsi de suite tant que l'interrupteur M sera abaissé. L'armature de cet électro-aimant vibre donc sans arrêt; elle établit et rompt le circuit de la pile à chacune de



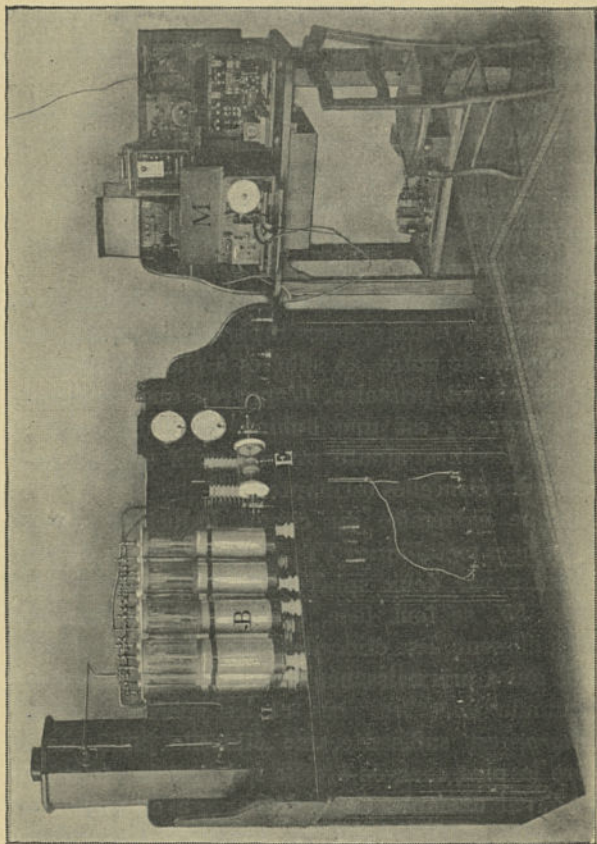


Fig. 7.— Poste complet de T. S. F. (DUCRETET ET ROGER).

ses allées et venues. Il suffirait d'ajouter à cette armature un petit marteau métallique capable d'atteindre un timbre pour constituer une sonnerie électrique d'appartement dont l'interrupteur M serait représenté par le bouton sur lequel on appuie avec le doigt pour la faire fonctionner.

Si, sur l'électro-aimant construit ainsi que nous venons de le montrer, on enroule un second fil de plus petit diamètre que le premier, on constitue un second circuit qui s'appellera *circuit secondaire ou circuit induit*, tandis que le précédent porte le nom de *circuit primaire ou circuit inducteur*.

Les deux extrémités de ce deuxième circuit étant terminées par deux sphères rapprochées en EE, une étincelle éclate entre ces sphères à chaque interruption du circuit primaire. L'appareil que représente notre figure 6 est une bobine de Ruhmkorff à laquelle Hertz a ajouté un dispositif spécial pour obtenir des étincelles oscillantes.

Chaque extrémité du circuit inducteur aboutit à deux tiges métalliques TT (fig. 8) terminées de part et d'autre par deux sphères BB', bb'; les deux plus petites, bb', se font face. C'est entre ces dernières que jaillissent les étincelles. Le fluide électrique induit qui a pris naissance dans le circuit secondaire s'accumule dans les tiges et les sphères; lorsque la charge est suffisante, une étincelle jaillit de la sphère la plus chargée à celle qui l'est le moins, de b en b' par exemple. Cette décharge a eu pour effet de diminuer fortement la quantité d'électricité accumulée en b; la charge de b' est donc devenue supérieure à celle de b. La seconde étincelle jaillira par conséquent de b' à b. Pour la même raison,

l'étincelle suivante jaillira de  $b$  en  $b'$  et ainsi de suite. On dit que les deux sphères, qui constituent des condensateurs, sont à des *potentiels* électriques différents et l'étincelle éclate toujours du plus élevé au

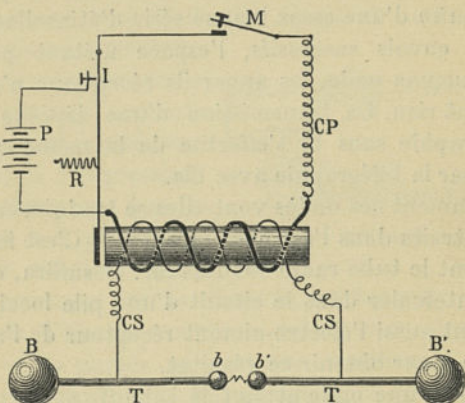


Fig. 8. — Principe de l'oscillateur de Hertz.

plus faible. L'œil n'est pas capable de les distinguer isolément parce qu'elles se suivent avec une trop grande rapidité, l'image de la première persistant sur notre rétine lorsque celle de la seconde vient la frapper. On n'aperçoit donc qu'une lueur continue qui est le résultat de la succession des étincelles oscillantes ou vibrantes.

Au moyen de cet appareil, Hertz a produit des ondes électriques très rapides dont le tube radio-conducteur de Branly décèle la puissance.

Rien n'est plus simple, dès lors, que de comprendre la formation des signaux Morse par les ondes hertziennes. Lorsque l'on appuie pendant un temps très



court sur le manipulateur Morse M (clé interruptrice de la bobine de Ruhmkorff), une ou deux étincelles seulement jailliront entre les sphères et l'émission des ondes sera très brève, comme celle d'un point Morse. Au contraire, l'émission d'un trait se produira à la suite d'une assez longue série d'étincelles. Entre deux envois successifs, l'espace n'étant parcouru par aucune onde, les appareils récepteurs n'enregistreront rien. La transmission d'une dépêche par la télégraphie sans fil s'effectue de la même manière que par la télégraphie avec fils.

Comment ces ondes vont-elles se traduire en points et en traits dans l'appareil récepteur? C'est ici qu'intervient le tube radio-conducteur. Il suffira, en effet, de l'intercaler dans le circuit d'une pile locale, comportant aussi l'électro-aimant récepteur de l'appareil Morse, pour obtenir ce résultat.

Dès qu'une onde atteint le tube T (fig. 9), le courant de la pile passe par la limaille, traverse l'électro-aimant R et revient à la pile. L'armature est attirée; elle chasse la bande de papier contre le disque encreur et l'impression se produit. A la condition, toutefois, qu'après le passage de chaque onde le tube soit *décohéré*, rendu non conducteur; sans cette précaution, le papier enregistrerait un trait continu puisque le courant de la pile passerait en permanence dans l'électro-aimant.

Ce travail ne peut être confié à un opérateur; on charge un électro-aimant spécial de l'effectuer. Pour cela, il suffit de placer ce second électro dans le même circuit de pile que le premier. Ce nouveau venu ET obéit, comme celui de réception R, aux courants traversant le tube radio-conducteur. Son armature



est terminée par un petit marteau M, qui, à chaque attraction, vient frapper sur le tube, décohere la limaille qui n'est plus active en la ramenant à l'état de repos propre à l'enregistrement d'une nouvelle onde.

En somme, rien n'est plus simple à comprendre que cette transmission.

Une onde unique, produite par un contact très court de la clé Morse, détermine l'impression d'un point parce que le courant a à peine traversé le cohéreur qu'il

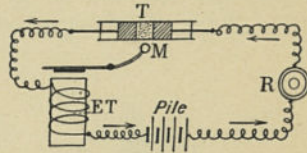


Fig. 9. — L'électro-frappeur.

est interrompu par le choc du marteau M; l'armature de l'électro-récepteur subit une attraction brève et le papier ne peut que toucher le disque encreur en un point. Par contre, sous l'action d'un contact prolongé du manipulateur, une série d'étincelles provoquent l'envoi constant d'ondes qui maintiennent le cohéreur dans un état de conductibilité prolongé et l'armature de l'électro-récepteur, attirée pendant toute la durée de l'envoi des ondes, maintient le papier contre le disque aussi longtemps que passe le courant; un trait continu est enregistré. On obtient ainsi les groupements de points et de traits du système Morse ordinaire.

\* \*

Un tel poste de télégraphie sans fil ne permettrait pas l'envoi de dépêches à de bien longues distances.

Le tube radio-conducteur, en effet, ne saurait supporter impunément le passage de courants intenses; la limaille devient vite inactive et ne tarde pas à cesser d'être un obstacle au courant de la pile. Le tube de M. Branly n'admet que des courants faibles dont le principal inconvénient est d'être sans action

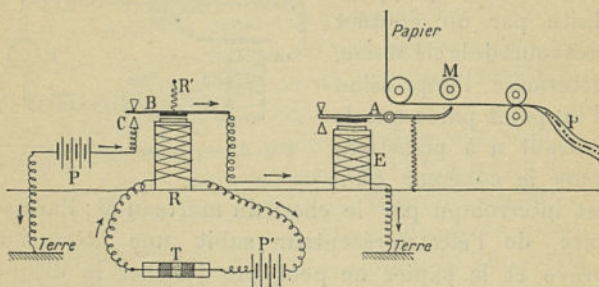


Fig. 10. — Poste de T. S. F. avec relais.

suffisante sur l'électro-aimant récepteur. Pour concilier ces deux exigences, on a dû recourir à un organe supplémentaire, depuis longtemps, d'ailleurs, en usage dans la télégraphie ordinaire, et que l'on nomme un *relais*.

Le relais est un électro-aimant semblable à ceux que nous connaissons, mais son armature reçoit une fonction spéciale : elle prend le courant d'une forte pile et le dirige dans l'électro-récepteur.

Comme précédemment, le tube T (fig. 10) obéit à l'action des ondes électriques et envoie dans le relais R le courant de la pile P' d'après la commande qu'il reçoit des ondes. L'armature de ce relais vient buter,

à chacune de ses attractions, contre un contact C relié au pôle positif d'une forte pile P. Le courant de cette pile trouve donc un chemin par l'armature B et se dirige ensuite dans l'électro-récepteur E qu'il traverse avant de revenir à la pile.

Il suffit dès lors que le courant de la pile P' soit suffisant pour actionner le relais; celui-ci se chargera d'envoyer dans l'électro E le courant nécessaire sans obliger le cohéreur à en supporter les effets.

\*  
\* \*

Les ondes électriques, avons-nous dit, se propagent dans toutes les directions. Elles se comportent, en effet, comme les ondes sonores. Pour que le son des cloches soit entendu au loin, il est nécessaire de les élever sur des constructions spéciales, des clochers. Leurs ondes s'envolent alors à de grandes distances.

Il en est de même en télégraphie sans fil, seulement il n'est pas utile de construire des tours au haut desquelles on installerait les appareils. On a remarqué, en effet, que les ondes électriques se propagent comme les courants ordinaires sur les fils métalliques. En surmontant le poste de T.S.F. d'un conducteur maintenu par un support quelconque, perche, arbre ou clocher, on permet en quelque sorte aux ondes de s'échapper plus haut dans l'atmosphère et de se disséminer sur une grande étendue. Le fil s'appelle l'*antenne*.

L'antenne a été employée pour la première fois



par Popoff dans son appareil destiné à reconnaître l'existence d'orages éloignés. Cette antenne était donc simplement réceptrice. Marconi a eu l'idée, et c'est là un de ses plus beaux titres de gloire, de se servir de l'antenne au poste transmetteur en la

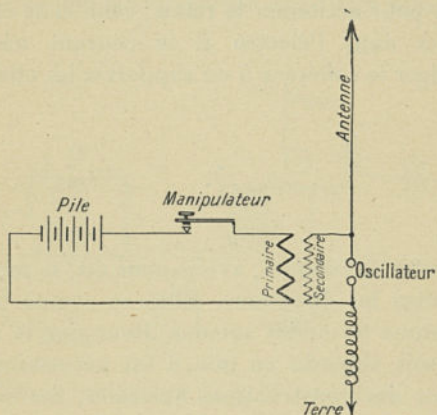


Fig. 11. — Schéma d'un poste transmetteur de T. S. F.

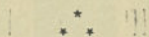
reliant au tube radio-conducteur pour augmenter la portée des ondes.

L'antenne est reliée, dans la station transmettrice, à l'un des pôles de l'oscillateur : au poste correspondant elle aboutit à l'une des extrémités du tube Branly. L'antenne réceptrice saisit au passage les ondes lancées dans l'atmosphère et les amène au cohéreur. Une seule antenne sert pour la transmission et la réception; elle est alternativement *transmettrice* et *réceptrice*. Grâce à elle, on augmente sensiblement la portée des ondes.



La distance d'intercommunication est encore augmentée lorsque les appareils transmetteur et récepteur sont mis à la terre.

Ces installations très simples ne se rencontrent plus que dans les postes de démonstration. Le tube radio-conducteur ainsi que le récepteur Morse ont dû céder la place à d'autres instruments bien plus sensibles qui ont permis à la télégraphie sans fil de se développer dans des conditions étonnantes. Les ondes, en effet, traversent l'Atlantique et sont reçues d'Europe en Amérique avec autant de précision presque que si elles cheminaient à travers un conducteur sous-marin.



Pour terminer ce chapitre qui renferme seulement les notions élémentaires de la télégraphie sans fil, nous allons montrer comment est équipé pratiquement un poste simple en utilisant la figure extraite du *Traité élémentaire de physique* de M. E. Branly.

On reconnaît dans cette figure, en B, l'électro-aimant récepteur d'un appareil Morse ordinaire. Son armature C oscille autour de l'axe A et elle se prolonge par une lame P au-dessus de laquelle se déplace la bande de papier. Le ressort R sert à régler les déplacements de l'armature qui oscille entre les deux butoirs *a* et *b*. Ce dernier est solidaire d'une colonne chargée d'un plateau sur lequel se trouve une tablette T à trois pieds. Cette tablette n'est autre chose que le second modèle de cohéreur ima-

giné par M. Branly et auquel l'inventeur a donné le nom de *trépied*. Les trois pointes métalliques sont

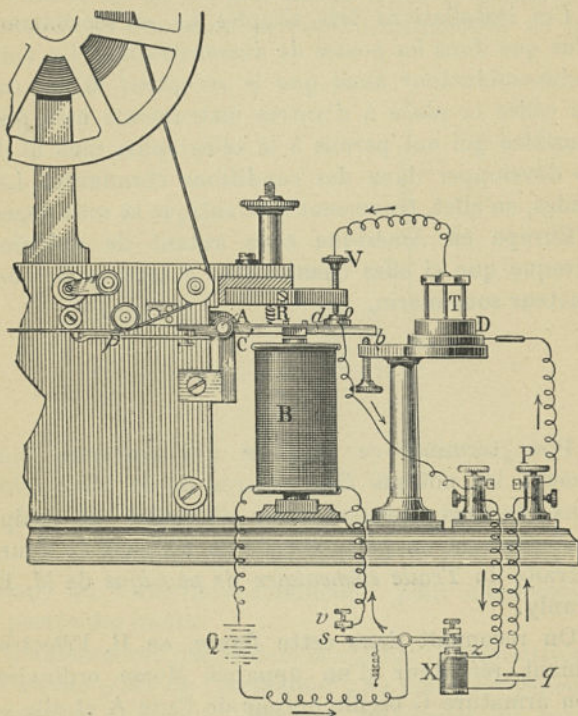


Fig. 12.

Récepteur Morse de télégraphie sans fil.

(Extrait du *Traité élémentaire de Physique* de M. Branly.)

simplement posées sur une surface d'acier et les ondes qui l'atteignent exercent, sur les contacts

formés par les pointes sur la surface, la même action que sur la limaille du tube radio-conducteur. En d'autres termes, tant que les ondes ne frappent pas ces contacts, le courant électrique ne peut passer; il ne les franchit que sous l'action des ondes.

Le circuit de la pile *q* du cohéreur passe par la borne P, la tablette D du cohéreur, les pointes du trépied et gagne par un fil volant la vis V dont l'extrémité est en contact permanent avec l'armature CD de l'électro B tant que celle-ci est au repos. Le courant suit donc cette armature et, en même temps, toute la masse de l'appareil récepteur qui est métallique, puis fait retour à la pile *q* par la borne P, et le relais X.

Si une onde rend le trépied conducteur, le circuit est fermé et le relais X attire son armature Z. L'extrémité *s* de cette dernière vient appuyer contre la pointe de la vis V et fermer, ainsi qu'on le voit, le circuit de la pile Q dans lequel est intercalé l'électro B du Morse. L'armature *Cd* de cet électro est attirée et détermine l'impression de signaux sur la bande de papier.

Observons enfin que l'armature *d* butant à chaque attraction contre la pointe *b*, produit un choc suffisant pour décohérer le trépied T et rompre le circuit de la faible pile *q*.

Telle est, dans ses grandes lignes, la préface de la télégraphie sans fil.

Pénétrons-en plus profondément les mystères afin de connaître les solutions apportées aux multiples problèmes qui se sont posés depuis la découverte de Marconi et dont les plus importants sont



la transmission à de très longues distances, la syntonisation, la direction des ondes.

Auparavant il nous faut mieux connaître les ondes électriques; c'est donc à leur étude que nous allons consacrer le chapitre suivant.

## CHAPITRE IV

### Les ondes électriques.

Marconi comprit rapidement que la télégraphie sans fil ne deviendrait un réel instrument de progrès que le jour où la pensée pourrait être portée à des milliers de kilomètres, franchissant les montagnes et les océans. Aussi, après quelques années de recherches, et avec un rare bonheur, il télégraphiait entre la France et la Corse et, dès 1902, il obligeait les ondes à révéler leur présence d'un rivage à l'autre de l'Atlantique. Jamais marche en avant ne fut plus étourdissante et l'on pouvait se demander, à cette époque, si la télégraphie sans fil n'était pas à la veille de bouleverser de fond en comble l'organisation télégraphique moderne, si l'édifice des réseaux si péniblement édifié, n'allait pas s'écrouler comme un château de cartes sous le souffle immatériel des ondes électriques.

Il n'en fut rien parce que les ondes, mieux connues, révélèrent sinon leur faiblesse, du moins leur horreur de la servitude. Essentiellement vagabondes, elles nous obligent à les utiliser telles qu'elles s'offrent, avec leurs qualités et avec leurs défauts. Actuellement, la lutte pour leur domestication se poursuit

avec acharnement et aussi avec assez de succès pour croire à une victoire prochaine et définitive.

\* \*

Les ondes liquides naissent du choc d'un corps sur la surface du liquide et se propagent en cercles concentriques. Les ondes sonores sont également produites par le choc de deux corps, l'un faisant vibrer l'autre (le marteau contre la cloche); l'air vibre à son tour en sphères enveloppantes de plus en plus grandes. Parvenues à une certaine distance, ces ondes s'éteignent, détruites par la résistance, l'inertie du liquide ou de l'air.

L'air est donc l'agent transmetteur du son. On le démontre dans les cours de physique en enfermant un grelot sous la cloche d'une machine pneumatique. Lorsque le vide est fait, le grelot peut être agité impunément, il ne rend aucun son.

Tout cela est connu depuis fort longtemps; mais Fresnel démontra, au siècle dernier, que la lumière n'est que le produit de vibrations, d'ondes, dont le soleil est la source. Notre atmosphère étant loin de s'étendre jusqu'à l'astre du jour et à plus forte raison jusqu'aux étoiles dont nous percevons cependant la lumière, il n'est plus possible de faire intervenir l'air dans cette transmission de monde à monde. Il faut admettre que les espaces interplanétaires sont comblés par une substance reconnue depuis peu, par un quatrième élément, lequel entre en vibration et nous apporte la lumière et la chaleur. Ce quatrième élément est l'éther.

Ne cherchons pas à le saisir, à l'emprisonner, à l'isoler du reste de la nature; aucun des moyens dont



nos savants disposent ne permet de reconnaître sa présence. C'est un état de la matière tellement subtil qu'il ne peut être pesé. L'*électron*, découvert par J.-J. Thomson, qui est le plus petit corpuscule connu, mille fois plus petit que l'atome d'hydrogène, a été pesé, isolé, identifié jusque dans sa constitution la plus intime; l'éther, au contraire, a su résister à toutes les investigations; il ne se livre ni en masse ni en détail. On admet son existence, on croit en lui comme on croit en Dieu.

Et les plus pessimistes des savants ont trouvé, par lui, l'explication de bien des phénomènes jusque-là tout à fait incompréhensibles.

Imitons-les; inclinons-nous devant la pure science de Fresnel, de Maxwell, et admettons que le mystérieux agent sert de lien à tout l'univers, entre les astres aussi bien qu'entre les atomes et nous parvient drons à saisir le mécanisme des ondes lumineuses, calorifiques, électriques.

La lumière est considérée comme un mouvement vibratoire de l'éther, transmissible par le seul éther; la chaleur, autre mouvement vibratoire, se propage par l'intermédiaire de tous les corps, plus ou moins rapidement. L'électricité est placée dans le même cas que la chaleur.

La lumière, la chaleur, ne sont donc que des états particuliers d'une matière spéciale dont les vibrations impressionnent différemment nos sens; les unes, en effet, sont perceptibles par notre rétine, les autres par le toucher, enfin celles qui produisent les phénomènes électriques n'ont aucune action apparente sur notre organisme. Ces vibrations, ces ondes, sont des mouvements plus ou moins rapides de l'éther.

Si, par exemple, il nous était possible de faire vibrer l'éther à une vitesse égale à celle des ondes lumineuses, nous produirions purement et simplement de la lumière.

\*  
\*  
\*

Tous les corps ne transmettent pas à la même vitesse les vibrations auxquelles ils sont soumis. Le son parcourt l'air à raison de 340 mètres par seconde; dans l'eau, cette vitesse est bien plus grande: 1.435 mètres et plus encore si un corps solide est intercalé entre la source sonore et l'oreille réceptrice. Les ondes liquides se propagent également toujours avec une même vitesse dans un même milieu: si on laisse tomber un caillou ou un pavé sur la surface d'une pièce d'eau, les ondes produites dans les deux cas atteindront un bouchon placé à vingt mètres de là dans le même temps. L'éther n'échappe pas à cette loi; il transmet les ondes lumineuses, calorifiques et électriques, à raison de 300.000 kilomètres par seconde.

La vitesse de propagation de l'électricité est la même pour tous les corps; mais alors que le fluide s'écoule facilement dans un conducteur de cuivre et surtout d'argent, il trouve des résistances plus grandes dans le fer, par exemple, et qui deviennent énormes dans le bois, la porcelaine, le verre, lesquels corps, pour cette raison, sont désignés sous le nom de corps mauvais conducteurs de l'électricité. Mais chacun de ces corps ayant une constitution bien homogène transmet toujours avec la même vitesse la

chaleur et l'électricité. La lumière n'est transmissible que par l'éther.

Cette loi de la vitesse de propagation des ondes est essentielle : pour ce qui concerne notre sujet, retenons que dans l'éther les ondes lumineuses, calorifiques, électriques, sont animées d'une même vitesse. Comme elles se manifestent par des effets différents, il faut donc que chacune d'elles présente un caractère spécial, sans quoi elles se confondraient.

#### LONGUEUR ET FRÉQUENCE DES ONDES

Les ondes se différencient, en effet, par leur longueur et leur fréquence.

Répetons l'expérience classique de la chute du caillou sur la surface d'une nappe d'eau, en le laissant tomber d'une hauteur de cinq mètres par exemple. Il produit des ondes représentées par une ligne sinieuse A B C D E F.

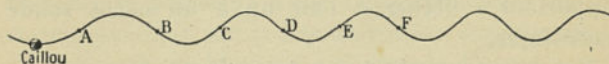


Fig. 13. — Ondes courtes.



Fig. 14. — Ondes longues.

Si au lieu d'un caillou nous laissons tomber un pavé de la même hauteur, les ondes se présenteront sous l'aspect d'une ligne sinieuse semblable à la précédente, mais dont les courbes seront beaucoup plus étendues A' B' C' D' E'



et les distances A'B', B'C', etc., seront supérieures à AB, CD, etc. Les longueurs d'ondes se trouveront ainsi modifiées. De même lorsque l'on agite une clochette, les vibrations communiquées à l'air sont de plus faible amplitude que si on actionne une cloche. C'est la raison pour laquelle, d'ailleurs, nous percevons des sons différents émis par les cordes d'un instrument de musique. Le *la*, par exemple, donne 435 vibrations par seconde alors que les notes inférieures ont moins de vibrations et les notes supérieures davantage. Helmholtz a trouvé qu'il faut au moins vingt vibrations de l'air par seconde pour que notre oreille perçoive un son, et Kœnig a démontré qu'au-dessus de 23.000 vibrations par seconde le tympan demeure insensible. On dit que le tympan vibre pour une *fréquence* comprise entre 20 vibrations et 23.000 vibrations par seconde. Le mot *fréquence* désigne par conséquent le nombre des vibrations produites en une seconde, qu'elles se rapportent à l'éther, à l'air ou à un corps solide quelconque.

Notre organe auditif n'est donc capable d'enregistrer les vibrations sonores qu'autant que ces vibrations appartiennent à une gamme, assez étendue il est vrai, comprise entre 20 et 23.000. Comme certaines manifestations extérieures peuvent être également perçues par d'autres sens, il doit exister également, pour chacun d'eux, une limite au-dessus et au-dessous de laquelle ils ne perçoivent plus rien. Cela est parfaitement exact. Les vibrations de l'éther ne peuvent être saisies par notre rétine qu'à partir de 500 trillions par seconde; au delà de 750 trillions, nous ne les voyons plus. Ces chiffres relèvent du domaine de

l'infiniment grand. Les rayons rouges sont ceux qui nous apparaissent les premiers; viennent ensuite les rayons oranges, jaunes, verts, bleus, indigo et violets, qui se succèdent dans l'ordre du spectre.

Il existe également des vibrations d'ordre inférieur et supérieur à cette gamme des couleurs. Ce sont, d'une part les rayons infra-rouges et d'autre part, les rayons ultra-violets qui se manifestent par des effets calorifiques ou chimiques. L'éther vibre donc au-dessous de 500 trillions et au-dessus de 750 trillions; mais nous ne connaissons que fort peu de chose de ce qui se passe hors de ces limites. Les vibrations électriques produites par les plus puissantes machines ne dépassent pas 50 milliards. Hertz, avec son oscilateur, a atteint une fréquence de 50 millions d'abord, puis de 500 millions ensuite. Righi et Bosc sont arrivés à 50 milliards.

Il est utile de remarquer que ces savants ne cherchaient nullement, au cours de leurs expériences, à résoudre le problème de la télégraphie sans fil. Ils étaient sollicités par la démonstration expérimentale de la théorie de Maxwell qui, d'après Fresnel, avait posé cet axiome troublant que l'électricité et la lumière ont une origine commune et que la seule différence qui existe entre elles réside uniquement dans la fréquence de leurs vibrations réciproques, dans leur nombre par seconde.

A titre de curiosité, parcourons rapidement le domaine des vibrations connues de l'éther. Les rayons ultra-violets ou rayons chimiques vibrent à 800 trillions. A partir de ce chiffre, la physique nous laisse dans l'ignorance; cependant quelques savants affirment que les rayons X, connus aussi sous le nom

de rayons Rœntgen, ont une fréquence d'environ trois quintillions.

Toutes ces ondes, qui diffèrent par leur fréquence, se présentent sous des amplitudes, sous des longueurs très variables. Cela est nécessaire puisque le nombre augmente dans le même temps, il faut que la grandeur diminue. Un cheval et un chien parcourent une route l'un à côté de l'autre et à la même vitesse; pour que le chien aille aussi vite que le cheval, il est obligé de faire plus de sauts. Pendant un kilomètre, le cheval aura fait 800 sauts, par exemple, et le chien 2.000. Cette banale image montre bien comment des vibrations, des sauts, de fréquence très différentes, peuvent être doués de vitesses égales. C'est parce que leur longueur n'est pas la même.

Les premières ondes de Hertz, dont la fréquence était de 50 millions, avaient 6 mètres de longueur, tandis que celles de Righi (fréquence 500 millions) avaient 6 décimètres. La longueur des vibrations donnant naissance aux rayons rouges est de 0 millim. 000625 et celle des rayons X de 0 millimètre 0000001 seulement.

Voici un tableau qui résume bien l'ensemble de nos connaissances sur les vibrations de l'éther, leur longueur et leur fréquence.

DÉSIGNATION DES ONDES	FRÉQUENCE DES ONDES	LONGUEUR DES ONDES
<i>Ondes électriques</i>		
Ondes les plus longues: Marconi.	75 mille	4.000 mètres
Fedderson .....	150 —	2.000 —
Hertz .....	50 millions	6 —
Bosc et Righi .....	50 milliards	6 <sup>m</sup> /m



DÉSIGNATION DES ONDES	FRÉQUENCE DES ONDES	LONGUEUR DES ONDES
<i>Ondes calorifiques</i>		
(long. moy.).....	5 trillions	0 m/ m 06
<i>Ondes lumineuses</i>		
Rouge .....	480 trillions	0 m/ m 000625
Orange .....	511 —	0 m/ m 000587
Jaune .....	540 —	0 m/ m 000556
Vert .....	583 —	0 m/ m 000515
Bleu .....	628 —	0 m/ m 000478
Indigo .....	663 —	0 m/ m 000452
Violet .....	704 —	0 m/ m 000426
<i>Premiers rayons chimiques</i> ....	800 —	0 m/ m 000375
Rayons X .....	3 quintil.	0 m/ m 0000001

## CHAPITRE V

### **Analogie entre les ondes électriques et les ondes lumineuses.**

Toutes les ondes, quelle que soit leur fréquence, sont soumises aux mêmes lois, dans des conditions différentes cependant; mais les phénomènes qui en résultent peuvent ou non recevoir des applications pratiques.

Les ondes sonores, en se réfléchissant, donnent naissance à l'écho; les ondes lumineuses se réfléchissent également et leur faible longueur permet de les saisir pour les condenser en un faisceau et les projeter au loin. Les projecteurs sont basés sur ce principe; on sait quels services ils rendent en télégraphie optique et aux armées. Les ondes électriques se réfléchissent de la même manière, mais leur longueur, infiniment plus grande que celle des ondes lumineuses, ne permet pas de les saisir par des réflecteurs pour les grouper en faisceaux.

Les techniciens de la nouvelle télécommunication se sont trouvés en présence de cette difficulté au début de la T. S. F. Pour grouper des ondes électriques de quelques mètres de longueur en un faisceau, M. Poin-

caré a trouvé qu'il faudrait construire un réflecteur de plusieurs kilomètres de hauteur. Le grand avantage des vibrations courtes disparaît donc en télégraphie sans fil, celle-ci étant intimement liée à la production d'ondes très longues (de 200 à 2.000 m. et plus) parce que la faible énergie des ondes courtes ne permet pas leur propagation au loin.

Par contre, cet inconvénient devient une qualité essentielle. Les ondes électriques, en effet, en raison de leur grande longueur, ne sont arrêtées par aucun obstacle; elles les contournent et frappent les objets, même lorsque ceux-ci se trouvent placés derrière un vaste écran. Un caillou, une maison, une montagne, arrêtent la lumière qui se propage en ligne droite; une ombre se forme sur la face opposée à la lumière, ce qui indique bien que ses rayons ne sont, pour ainsi dire, pas soumis à la loi de la diffraction. Les rayons électriques, au contraire, ne connaissent pas d'obstacles; ils enveloppent tous les objets grâce à leur grande diffraction et ne produisent pas *d'ombre électrique*. La rotondité de la terre, qui constitue le plus impénétrable des écrans à la lumière du soleil, est contournée sans gêne par les ondes électriques.

Pratiquement, la portée des ondes dépend de leur longueur, car on peut plus facilement augmenter l'énergie mise en jeu. Il n'y a donc aucun intérêt à produire des ondes courtes se rapprochant de plus en plus des ondes lumineuses. S'il était possible de faire vibrer l'éther entre 500 et 750 trillions par seconde, on obtiendrait de la lumière artificielle n'ayant, au point de vue qui nous occupe, aucun autre avantage que de permettre de faire de la télégraphie optique. Ce serait un recul.



Pour augmenter la distance d'intercommunication, on produit donc des ondes très longues. C'est pourquoi les ondes de Hertz, dont la longueur variait entre 6 mètres et 60 centimètres, n'ont permis qu'une portée insignifiante. Marconi l'a fort bien compris puisque, dans ses expériences entre Douvres et Boulogne, puis entre Calvi et Antibes, il abandonna l'oscillateur de Hertz pour le remplacer par une batterie de douze bouteilles de Leyde qui lui donnèrent des ondes puissantes franchissant la distance qui sépare la Corse de la France.

\*  
\* \*

Si les ondes électriques sont capables de contourner tous les obstacles, elles ne peuvent pour cela traverser tous les corps. Il en est pour elles qui sont opaques, d'autres transparents. La plupart des corps mauvais conducteurs de l'électricité ne les arrêtent pas. On peut enfermer un poste récepteur dans une caisse en bois, en verre, en caoutchouc, sans gêner la réception, même si cette caisse, hermétiquement close, est descendue au fond d'un lac. L'eau chimiquement pure, en effet, n'offre aucun obstacle à la propagation des ondes. Cependant si le récepteur est immergé dans la mer, les ondes ne peuvent plus l'atteindre, étant presque complètement arrêtées par l'eau salée. Il serait très difficile de communiquer avec un sous-marin si celui-ci n'était pourvu d'antennes, parce qu'il est protégé contre les ondes par l'eau salée d'abord et ensuite par sa carapace métallique, autre

obstacle constituant une cuirasse isolante. Cependant, sur de petites distances, la communication avec un sous-marin sans antenne et complètement immergé est possible; l'eau de mer n'est donc pas absolument isolante.

---

## CHAPITRE VI

### Rôle de l'amortissement, syntonisation.

Toutes les ondes affectent une forme *oscillante*. Répétons encore l'expérience des ondes liquides produites par la chute d'un caillou dans l'eau. A proximité du point de contact, disposons verticalement un tube T ouvert à ses deux extrémités. Au repos, la surface de l'eau étant calme, le niveau du liquide dans le tube est le même que partout ailleurs et le bouchon B demeure immobile. Produisons des ondes. La surface de l'eau prendra la forme du trait plein

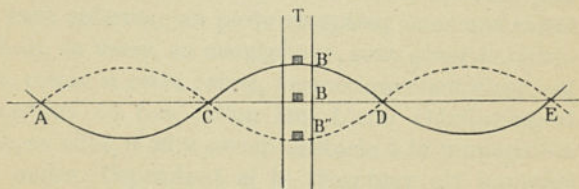


Fig. 15. — Le passage d'une onde fait monter et descendre le bouchon B dans le tube T.

ACDE et, dans le tube, le bouchon qui nous sert de voyant montera en B'. La position B' est celle qui correspond à la hauteur maximum de l'onde. La vague passe, laissant un creux derrière elle; ce creux



atteint le tube et le bouchon descend pour venir en B', ayant effectué tout le trajet de B' en B' pendant le passage de la vague. La distance B' B' représente donc l'amplitude de l'onde.

La surface de l'eau ne reprend pas immédiatement son calme; il reste un remous fait de plusieurs ondes

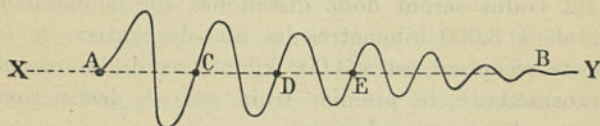


Fig. 16. — Un train d'onde. — AC, longueur d'onde.

qui succèdent à l'onde principale, sont de moins en moins accentuées et finissent par s'éteindre. Le bouchon a continué à s'élever et à s'abaisser jusqu'à ce qu'il ait repris sa position de repos; ses mouvements peuvent être représentés par une ligne sinueuse qui constitue un *train d'ondes*. Ce train est produit par la chute d'une seule pierre et la distance qui sépare le point A du point C représente la longueur d'une onde. Chaque onde du train est de même longueur que sa voisine, mais l'amplitude diminue constamment.

Les ondes électriques obéissent aux mêmes lois et on les représente sous la même forme. Une étincelle produit un train d'ondes que l'on désigne sous le nom *d'ondes amorties* parce qu'elles s'éteignent très rapidement.

Si, par exemple, on fait éclater cent étincelles par seconde entre les sphères de l'oscillateur, on forme cent trains d'ondes qui se propagent dans l'espace à la vitesse de 300.000 kilomètres à la seconde, les uns à la suite des autres. Ces trains ne se suivent pas

sans interruption; il existe entre deux trains successifs une distance d'autant plus grande que leur émission est moins rapide. Le premier train émis aura parcouru ses 300.000 kilomètres — en admettant qu'il lui fût possible d'atteindre cette distance — lorsque le dernier quittera le poste d'émission. Les cent trains seront donc disséminés sur la distance totale à 3.000 kilomètres les uns des autres. Si le poste récepteur est à 3.000 kilomètres de la station transmettrice, le premier train sera à destination lorsque le second se formera.

Chaque train occupe une très faible longueur par rapport à la distance qui sépare deux trains consécutifs. M. Tissot a constaté qu'il est formé d'une dizaine d'ondes environ; si les ondes ont 1.000 mètres, la longueur du train sera de dix kilomètres seulement.

De telles ondes, lancées dans l'espace, frappent toutes les antennes qu'elles rencontrent et les appareils récepteurs enregistrent le choc. Il paraît donc impossible de concevoir un service quelconque par la télégraphie sans fil, puisque chaque station recevra tout ce qui sera transmis par celles placées dans sa zone d'influence.

On a agi sur les ondes pour permettre à deux postes de s'isoler mutuellement de leurs voisins afin d'entrer en relations sans redouter les émissions étrangères. Ce résultat a été obtenu par la *syntonisation*.

\*  
\* \*

Chacun connaît l'escarpolette. Pour la mettre en mouvement il faut dépenser une certaine force, mais lorsqu'elle est bien lancée, il suffit pour maintenir

la longueur de l'arc qu'elle décrit, de la pousser très légèrement *au bon moment*. Un coup de main maladroit diminue aussitôt ses amplitudes. La *concordance* entre les mouvements de la balançoire et ceux de la main qui la pousse a donc une importance capitale; lorsqu'elle existe, le moindre effort suffit à augmenter les oscillations.

En acoustique, le phénomène de la résonance montre comment deux tiges vibrantes obéissent ou non à l'action des ondes sonores. Un diapason donnant le *la*, placé à une certaine distance d'un groupe de diapasons donnant toutes les notes de la gamme, et mis en vibration, ne fait vibrer que le *la* : les autres instruments demeurent muets.

En télégraphie sans fil, on a donné le nom de *syntonisation* à ces phénomènes de concordance et de résonance. Les antennes de tous les postes disséminés sur une certaine portion de territoire peuvent être considérées, en effet, comme autant de diapasons électriques donnant chacun, en vibrant, une longueur d'onde qui est égale à environ quatre fois sa hauteur. Deux antennes de même longueur vibreront donc à l'unisson et les ondes des antennes voisines, plus longues ou plus courtes, n'auront aucune action sur les deux stations intéressées.

Malheureusement les ondes électriques s'amortissent trop rapidement pour permettre ces accords, même si elles sont de longueurs égales dans les deux postes. Pour atteindre le résultat cherché, il est indispensable de produire des ondes à amortissement très ralenti, comparables aux ondes sonores. Elles se présentent alors, non plus sous l'aspect de la figure précédente, mais sous celui de la figure 17.



L'antenne n'est plus frappée par une onde unique, mais par une série d'ondes dont les effets s'ajoutent comme, dans l'escarpolette, les légères impulsions communiquées par la main ont une action très sensible sur les oscillations. Il en est de même ici.

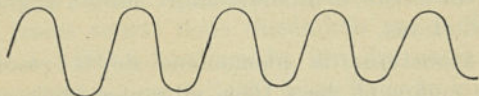


Fig. 17. — Ondes à amortissement lent.

Chaque onde ajoute son effet à celui de la précédente et l'antenne réceptrice, supposée en harmonie avec celle de transmission, acquiert un mouvement vibratoire plus considérable.

Toute antenne non harmonisée avec les précédentes subit les mêmes effets, il est vrai, mais ces effets se produiront à contre-temps et les appareils récepteurs n'obéiront pas à ces mouvements qui se détruiront mutuellement, comme on arrête l'escarpolette en la poussant trop tôt.

C'est par la syntonisation, encore imparfaitement obtenue, que l'on est parvenu à résoudre provisoirement le problème du secret des dépêches qui s'est posé si brutalement au début de la télégraphie sans fil. Actuellement deux postes quelconques peuvent s'harmoniser entre eux et échanger des télégrammes sans gêner les voisins. Cela ne veut pas dire qu'il soit impossible, à ces mêmes voisins, de surprendre les conversations. Il est toujours facile de recevoir d'un poste étranger en s'harmonisant avec lui à son insu. La tour Eiffel peut capter les télégrammes échangés entre Clifden et Glace-Bay, entre Nauen et les navires

allemands, comme Nauen a pu recevoir les dépêches que la tour Eiffel transmettait au Maroc.

Les techniciens travaillent actuellement à la recherche d'une nouvelle solution, basée non plus sur la longueur d'ondes, mais sur le nombre des étincelles à produire par seconde. Il devient déjà possible d'atteindre un chiffre comparable à celui des vibrations acoustiques; ce résultat permet de réaliser une nouvelle syntonie beaucoup plus précise que la précédente. Nous en parlerons plus loin avec quelque détail.

## CHAPITRE VII

### L'antenne.

Les ondes électriques se propagent à travers les fils métalliques comme le vulgaire courant électrique issu d'une pile. On pourrait donc faire de la télégraphie ordinaire avec elles, mais leur noblesse interdit de songer à un si banal usage.

Du moins on utilise cette propriété en obligeant les ondes à s'élever d'abord dans l'atmosphère avant de s'échapper au dehors cela par l'emploi d'un conducteur auquel on a donné le nom d'antenne

Le rôle de l'antenne est bien connu mais le phénomène relatif à la propagation de l'onde par son intermédiaire demeure encore assez mystérieux. Ici nous ne pouvons faire que des hypothèses.

Lorsqu'une charge électrique se précipite dans l'antenne, elle agit sur la masse d'éther qui entoure cette antenne et détermine la naissance d'un mouvement dans les molécules de l'éther immédiatement en contact avec le fil métallique; ce mouvement est une vague, une onde, qui se propage au loin avec la rapidité que l'on connaît.

Ces mouvements sont extrêmement rapides et cessent dès que la cause qui les a produits disparaît.



De sorte qu'entre deux étincelles successives, quelque rapprochées qu'elles soient, la décharge électrique trouve toujours l'antenne dans la position de repos.

On s'explique, à présent, comment la longueur de

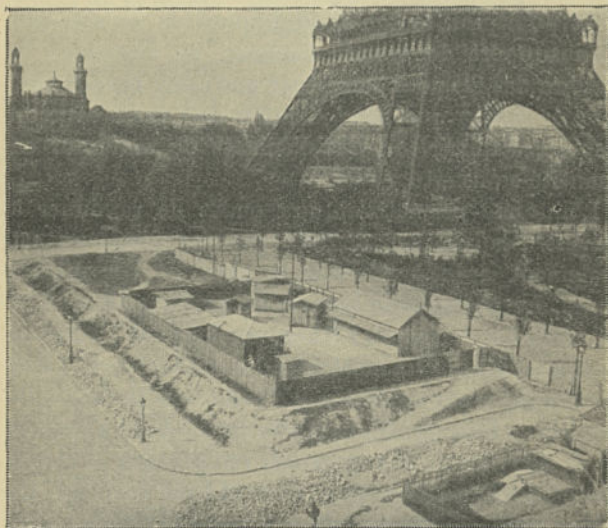


Fig. 18. — L'ancienne station de la tour Eiffel.

l'antenne favorise l'émission des ondes à de grandes distances. Plus le fil métallique est long, plus il offre de points de contact avec l'éther environnant, par conséquent plus le coup de fouet qu'il reçoit à la suite de la décharge électrique a d'ampleur. En somme, pour produire une onde de grande longueur, il faut se placer dans des conditions telles que

la masse d'éther à atteindre soit aussi grande que possible.

Les antennes qui permettent d'accumuler une quantité considérable de molécules d'éther doivent être soit très élevées soit très nombreuses. afin de présenter une grande surface de contact, C'est pourquoi, lorsqu'il est impossible de disposer d'un support de grande hauteur, on augmente le nombre des fils pour constituer une assez grande surface de même que pour chauffer une vaste salle on dispose, à l'intérieur, des éléments de radiateur en quantité suffisante.

L'antenne permettant aux ondes de rayonner à travers l'espace sur de très grandes distances est également apte à recevoir le choc de ces mêmes ondes. Le phénomène inverse du premier se produit en effet. La masse de l'éther enveloppant l'antenne réceptrice atteint les molécules des conducteurs et leur communique son agitation qui influe sur la conductibilité de la limaille, des contacts du cohéreur à trépied ou de tous les autres appareils remplissant le même but et dont la télégraphie sans fil s'est enrichie. De même que le fluide électrique a porté le trouble dans le quatrième élément, celui-ci lui rend ce trouble proportionnellement calculé pour l'obliger à répéter les oscillations initiales.

\*  
\* \*

Les antennes ont fait l'objet d'études théoriques très approfondies et les techniciens disposent leurs fils de mille manières différentes. Le poste provisoire de la tour Eiffel, établi dans des cabanes en bois

élevées à peu de distance du pied du monument, possédait une antenne faite de quatre gros fils descendant du sommet et maintenus à une certaine distance de la masse métallique à l'aide de haubans attachés à des arbres. Il ne faut pas confondre l'antenne avec ces haubans. Les quatre fils qui la constituent : AB, AC, AD, AE, descendent ensuite verticalement pour se réunir en un câble unique pénétrant dans la salle des appareils P. — BF, CG, DH, EI, sont des haubans.

Dans tous les cas, l'antenne est toujours isolée électriquement de son support et de

ses haubans; on utilise, pour cela, des isolateurs quelque peu différents de ceux en usage dans la télégraphie ordinaire, mais remplissant le même but

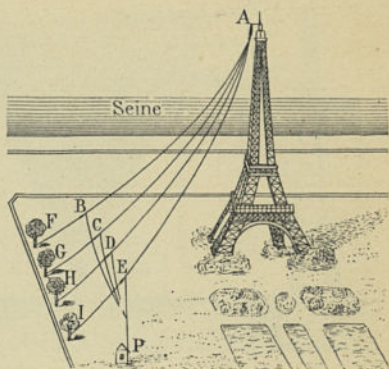


Fig. 19 — L'antenne de l'ancien poste de la Tour Eiffel.

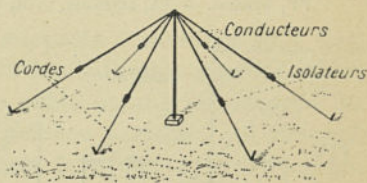


Fig. 20. — Antenne en parapluie.

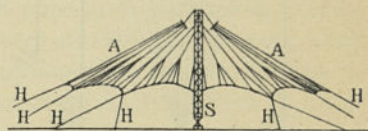


Fig. 21. — Antenne de la station de Nauen. — S, support de l'antenne. — AA, fils de l'antenne. — HH, haubans.



Dans les stations peu importantes, on se contente, le plus souvent, d'un mât fait de perches de bambous

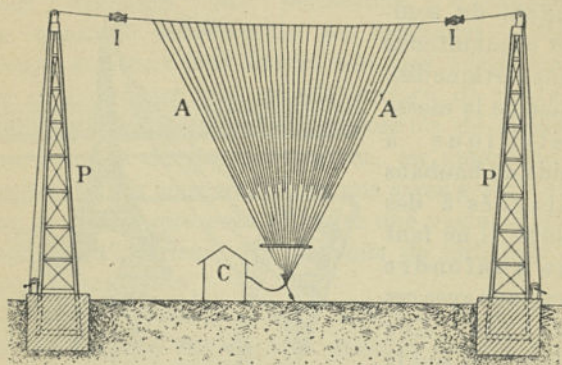


Fig. 22. — Antenne à rideau vertical.  
PP, pylones. — AA, antennes. — II, isolateurs. — C, poste.

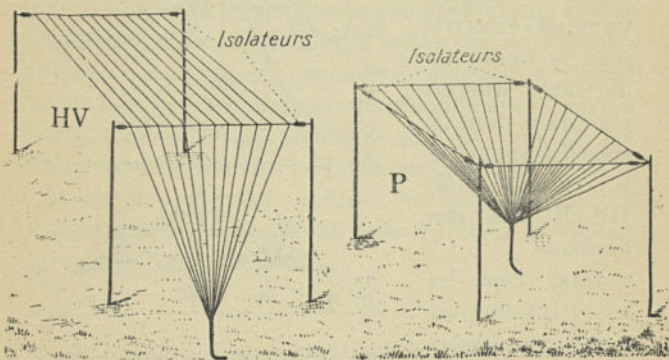


Fig. 23. — Antenne horizontale  
et verticale.

Fig. 24.  
Pyramide renversée.

raccordées les unes à la suite des autres; un fil (quelquefois deux, trois ou quatre), maintenu par

des vergues, descend de ce support et aboutit toujours en un conducteur unique aux appareils récepteurs. Les armées utilisent quelquefois un ballon sphérique ou un draken-ballon (ballon cerf-volant inventé par le major Parseval) pour élever le fil à une grande hauteur. Les cerfs-volants ordinaires donnent également de bons résultats.

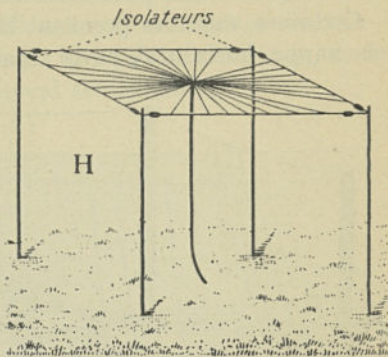


Fig. 25. — Antenne horizontale.

Sur les navires, les supports d'antennes sont tout désignés : les mâts. On tend, le plus souvent, entre deux grands mâts, un câble auquel on suspend les fils de l'antenne, en nombre variable, qui forment une sorte de rideau très favorable à la perception des ondes.

Les antennes des très puissantes stations de Poldhu et de Cap-Cod, construites en 1902 par Marconi, sont portées par quatre pylônes métalliques élevés à chacun des angles d'un carré de 70 mètres de côté. Les pylônes ont 70 mètres de hauteur et leurs sommets sont réunis par un câble, deux à deux. De chacun de ces câbles descend un rideau fait de cent torons formés de sept fils de cuivre tordus ensemble. L'antenne comporte donc quatre rideaux de cent conducteurs chacun, venant se réunir au centre du

carré, à une certaine hauteur, à un fil unique qui pénètre dans le poste. Ces antennes se présentent sous l'aspect d'une pyramide renversée.

Certaines antennes prennent la forme d'un rideau, ou nappe, horizontal, porté également par quatre

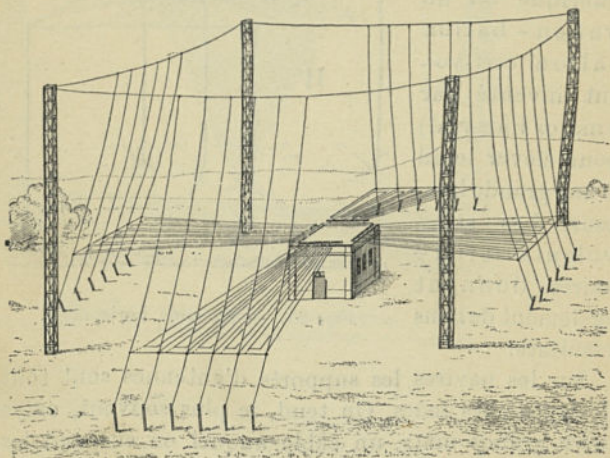


Fig. 26. — Antenne du poste de Boulogne-sur-Mer.

pylônes et descendant en nappe verticale. M. Blondel emploie un dispositif semblable à celui de Marconi, mais les quatre rideaux demeurent dans le plan horizontal; ils se réunissent au centre du carré et le fil conducteur aboutissant aux appareils descend de ce centre. Le commandant Ferrié et le capitaine Brenot utilisèrent aux manœuvres de corps d'armée, en 1905-1906-1907-1908, des antennes dites en parapluie. Un support unique suffit; on fixe autour de sa pointe un certain nombre de fils qui s'épanouissent comme



l'armature métallique des parapluies et sont maintenus dans cette position par des haubans attachés à des piquets fichés dans le sol. Avec une hauteur d'antenne de 20 à 30 mètres, ces officiers communiquèrent à plus de cent cinquante kilomètres, avec une énergie de un cheval seulement.

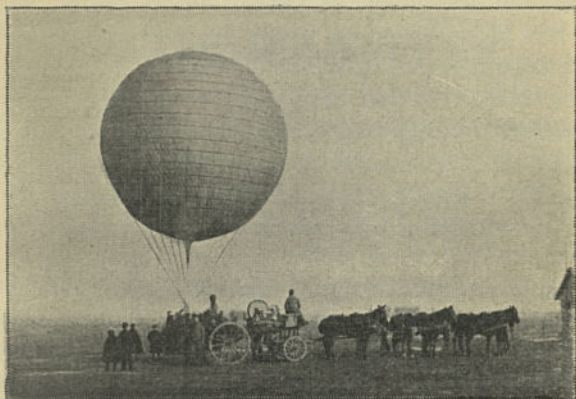


Fig. 27. — Un parc à ballon au service de la T. S. F.

La société allemande Telefunken a construit près de Berlin, à Nauen, une belle station de 2.000 kilomètres de portée. L'antenne est également en parapluie. Une tour triangulaire en fer, de 100 mètres de hauteur et de 4 mètres de côté, constitue le support unique; 162 fils rayonnent du sommet autour de cet énorme pilier et couvrent une surface de 60.000 mètres carrés de terrain.

A Markrianish, en Écosse, une antenne semblable, de 120 mètres de hauteur, fut abattue par la tempête.

La station de Boulogne-sur-Mer, l'une des cinq établies récemment par l'Administration des Télégraphes sous la direction de M. Petit, comporte une antenne d'une forme très spéciale. Comme à Poldhu, on a élevé quatre mâts de 46 mètres de hauteur aux quatre angles d'un carré de 100 mètres de côté et réuni les sommets par quatre câbles. Les fils de l'antenne descendent de chacun de ces câbles, mais au lieu de se réunir au centre du carré pour former une pyramide, ils s'éloignent du carré et se rattachent à un câble horizontal pour se diriger ensuite, horizontalement, vers la maisonnette du poste qui occupe le centre du carré. Afin d'augmenter la surface de l'antenne, chacun de ces derniers fils fait trois fois le trajet avant de se rattacher au tube métallique placé sur le toit du poste.

La partie horizontale de chaque antenne est donc formée en réalité de 18 fils. Il y a en tout quatre nappes verticales de 6 fils et quatre nappes horizontales de 18 fils permettant aux ondes de franchir une distance de 800 kilomètres. Les quatre tubes de liaison sont reliés aux appareils par un fil unique. Cette antenne a été imaginée pour permettre la direction des ondes par le système Tosi et Bellini dont nous parlerons plus loin.

---

## CHAPITRE VIII

### Poste transmetteur de T. S. F.

Les recherches relatives aux perfectionnements à apporter aux appareils transmetteurs et récepteurs ont conduit les ingénieurs « sans filistes » à établir des organes qui diffèrent suivant le système préconisé par chacun d'eux.

C'est ainsi que les sphères de l'oscillateur de Hertz ont été remplacées par des bouteilles de Leyde, par des condensateurs à plateaux, reliés à des disques ou à des cylindres entre lesquels éclatent les étincelles et qui constituent les électrodes.

Les condensateurs sont des accumulateurs d'électricité qu'il ne faudrait cependant pas confondre avec les piles secondaires, appelées *accumulateurs*. Les premiers, en effet se chargent instantanément presque et se vident d'un seul coup en une étincelle, tandis que les seconds ne livrent leur contenu que par faible quantité à la fois, de sorte que leur décharge est de très longue durée.

La bouteille de Leyde cède souvent la place, dans l'industrie, au condensateur à lames de verre constitué par un assemblage de ces lames entre lesquelles on intercale de minces feuilles d'étain. Dans ce bloc



les feuilles paires sont reliées à l'un des pôles de la source électrique et les feuilles impaires à l'autre pôle. On constitue ainsi ce que l'on nomme une *capacité* d'autant plus grande que la surface des feuilles est plus étendue. Schématiquement, on représente un condensateur par deux traits parallèles.

Lorsque le condensateur est soumis à la charge d'une bobine d'induction ou d'une machine statique, l'électricité s'accumule sur les plateaux jusqu'à ce que la charge ait atteint son maximum; une étincelle éclate alors entre les deux électrodes reliées l'une au premier plateau, l'autre au dernier. Nous avons montré comment l'étincelle est oscillante, éclatant de l'une à l'autre électrode et *vice versa*. Malheureusement, une très grande partie de l'énergie électrique accumulée est absorbée par la chaleur de l'étincelle et par l'échauffement des condensateurs, de sorte, qu'il n'en reste qu'une infime portion au service de la télégraphie sans fil. On emploie souvent, dans les stations puissantes, d'énormes tubes de verre (condensateur Moscicki) qui sont un perfectionnement de l'antique bouteille de Leyde. L'énergie électrique est fournie aux stations par des batteries de piles, d'accumulateurs, ou des groupes électrogènes comportant des moteurs à gaz ou à pétrole qui actionnent une dynamo. Lorsqu'une usine électrique se trouve à proximité, il est préférable de lui acheter le courant; on évite ainsi les frais d'une installation en général assez coûteuse. Dans tous les cas, la puissance de la station dépend de l'intensité du courant employé.

Le manipulateur ne saurait être une clé Morse ordinaire, à cause de l'intensité des courants qui le

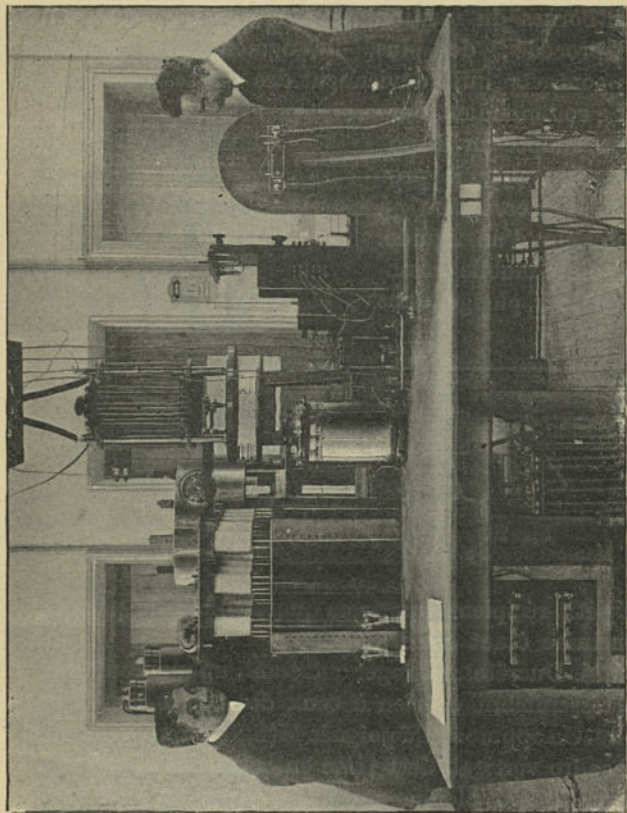


Fig. 28. — Station Tosi et Be jini à Boulogne-sur-Mer.

traversent et qui feraient naître des étincelles entre les pointes en contact pendant la transmission. Pour éviter ces étincelles, on place souvent un condensateur aux bornes du manipulateur. Marconi a recours à ce procédé; de plus, il augmente les surfaces des contacts qui deviennent des petites enclumes.

Le commandant Ferrié a adopté un dispositif différent; il produit l'interruption à l'intérieur d'un liquide. La pointe mobile du manipulateur plonge dans

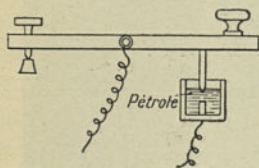


Fig. 29.  
Manipulateur Ferrié.

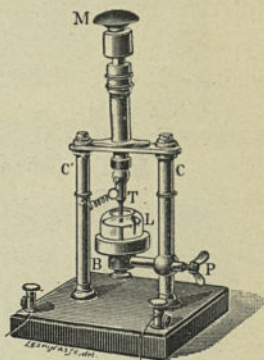


Fig. 30.  
Manipulateur Ducretet.

un petit récipient aux trois quarts plein de pétrole, l'enclume étant fixée à la base.

MM. Ducretet et Roger ont établi un manipulateur ne ressemblant en rien à ceux des autres constructeurs. On appuie sur la poignée M (fig. 30) qui surmonte un cadre vertical. Cette tige entraîne une aiguille de cuivre T qui plonge également dans un godet de pétrole ou d'huile de vaseline. L'ensemble est supporté par deux colonnes CC' isolées électriquement l'une de l'autre. La première est en relation métallique avec le fond du godet L qui porte l'enclume et



avec la borne d'arrivée du courant; la seconde est reliée par un fil à la tige T et avec la borne conduisant au transformateur. Pour faciliter la manipulation, un ressort à boudin, placé dans le montage de la tige de la poignée M, oblige celle-ci à s'élever dès que l'on cesse d'appuyer.

En somme, tous les manipulateurs employés dans la télégraphie sans fil sont établis sur le principe du système Morse puisqu'ils doivent transmettre des points et des traits.

Dans les postes à excitation directe dont le schéma *fig. 11*, page 18, donne une idée du montage, l'antenne et la prise de terre sont directement reliées à l'induit de la bobine transformatrice; ce procédé n'est applicable que dans les postes de puissance faible. Des bobines spéciales sont nécessaires dès que l'on désire transmettre à plusieurs centaines de kilomètres. Ces bobines comportent un organe interrupteur souvent très compliqué, constitué soit par un godet de mercure dans l'intérieur duquel s'effectuent les interruptions et rétablissements de circuit (interrupteur de Foucault), soit par un bain électrolytique qui remplit le même but mais d'une manière différente. Il existe également des interrupteurs rotatifs imaginés par les ingénieurs allemands et qui sont en service dans les postes de la Telefunken. Tous donnent de 50 à 60 interruptions de circuit par minute. Le courant de charge du condensateur provoque entre les deux électrodes en présence, l'éclatement des étincelles mères des ondes. Ici encore on a cherché à obtenir un meilleur rendement en remplaçant les sphères de l'éclateur de Hertz par des disques pleins ou coniques, placés à une distance convenable les uns des autres.

A la tour Eiffel, on utilise deux cylindres de zinc; un moteur électrique les fait tourner en sens contraire l'un en face de l'autre afin d'éviter l'usure trop rapide.

Enfin l'antenne, au lieu d'être reliée métalliquement à l'éclateur reçoit l'action de la charge par

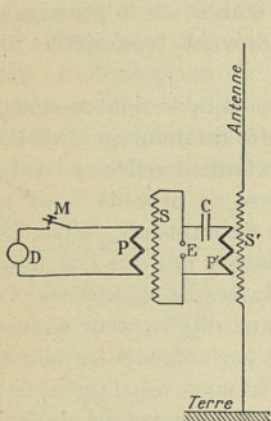


Fig. 31.  
Installation par induction.

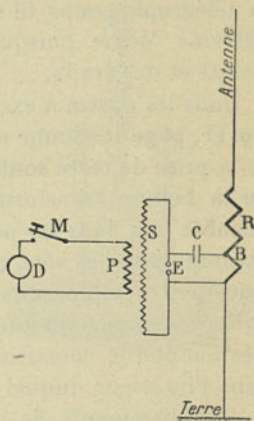


Fig. 32.  
Installation par dérivation.

induction. Elle fait partie elle-même d'un circuit secondaire appartenant à une bobine spéciale que l'on nomme résonateur (le système Oudin est le plus employé). Cet organe est constitué par un serpentín tubulaire assez semblable à ceux des appareils de distillation et appartenant au circuit de l'antenne. Il est soumis à l'influence de l'excitation soit par induction comme l'indique notre schéma, figure 31 (dans ce cas il est indépendant du circuit d'oscillation) soit

par dérivation (schéma fig. 32). Dans ce dernier cas le résonnateur est intercalé entre la terre et l'antenne; il est réglable, c'est-à-dire que le fil du circuit oscillant peut être rattaché à l'une ou à l'autre de ces spires pour réaliser l'accord entre les deux circuits : celui de l'antenne et celui d'oscillation, afin de les faire vibrer à l'unisson.

Les plus puissantes des stations existantes, celles de Clifden et de Glace-Bay, disposent d'une énergie électrique de 300 chevaux donnant des ondes de 4 kilomètres de longueur. A Poldhu et au Cap-Cod la puissance est de 150 chevaux : la longueur de leurs ondes, de même que celles de Nauen et de la tour Eiffel, est de 2.000 mètres. Les stations côtières, moins puissantes que les précédentes, ont en général une portée de 800 kilomètres pendant le jour et 2.000 kilomètres pendant la nuit; la longueur de leurs ondes est généralement de 600 mètres; certaines n'ont que 300 mètres. Enfin la tension de la charge électrique atteint 100.000 volts.

Cette énorme tension donne des étincelles très bruyantes; on dirait des décharges de mitrailleuses. Lorsque les postes sont éloignés des agglomérations, ces déchirements se perdent dans le lointain et n'incommodent que les télégraphistes. Mais si la station est située à proximité d'une ville, le repos des voisins fuit avec les ondes. L'ancienne installation du Champ de Mars présentait cet inconvénient, qui a été fortement atténué avec le nouveau poste établi en souterrain.

Voici pour terminer ce chapitre sur la transmission des ondes, un petit schéma emprunté à l'ouvrage signé Bégébé, qui montre mieux que toutes les



explications théoriques comment s'effectue la transmission d'un point et d'un trait Morse.

La ligne sinueuse supérieure indique les charges du condensateur et l'instant précis où a lieu l'éclatement de l'étincelle; la ligne inférieure est celle des décharges oscillantes des trains d'ondes. On voit que l'étincelle éclate lorsque la charge du condensateur

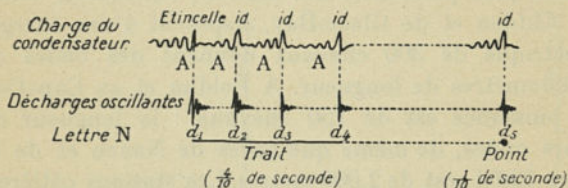


Fig. 33. — Schéma montrant comment s'effectue la transmission d'un point et celle d'un trait.

atteint son maximum, et, à ce moment précis, naît l'onde de plus grande amplitude suivie de quelques autres plus faibles.

Un simple contact du manipulateur suffit à charger le condensateur : une étincelle éclate et le train d'ondes forme un point. Si on appuie plus longtemps pour transmettre un trait, le condensateur se charge et se décharge à plusieurs reprises — quatre fois par exemple : un train d'ondes envoyé à chaque décharge forme une série de points dont le rapprochement est enregistré sur la bande de papier réceptrice sous l'aspect d'un trait.

## CHAPITRE IX

### Poste récepteur.

La portée des ondes électriques étant inconnue, il y avait intérêt à les rendre perceptibles à la plus grande distance possible en agissant sur la sensibilité des appareils récepteurs.

- Les recherches ont porté sur l'antenne et sur le cohéreur.

L'antenne est à la fois transmettrice et réceptrice; le montage adopté dans le premier cas se répète quant à la réception. Au lieu d'être reliée directement au cohéreur, ainsi que l'on opérait au début de la T.S.F., elle fait partie d'un circuit primaire P également en relation avec la terre. Les oscillations électriques de l'antenne dues au choc des ondes qu'elle intercepte traversent ce circuit et agissent par induction sur le secondaire S; le courant de la pile P vibre, traverse le détecteur ou le cohéreur K et agit sur un récepteur téléphonique R.

Deux organes nouveaux interviennent donc dans la réception : le détecteur et le téléphone.

Le premier remplace le tube à limaille et le cohéreur à trépied dont la sensibilité n'a pas paru suffisante. On a imaginé une grande quantité de détec-

teurs; nous allons décrire ceux qui ont donné les meilleurs résultats.

En 1900, le commandant Ferrié, alors capitaine, qui s'était spécialisé dans l'étude des problèmes de la télégraphie sans fil pour en tirer des applications d'ordre militaire, émit la théorie du *détecteur électrolytique*.

Disons simplement que l'électrolyse est la décomposition de l'eau légèrement acidulée par le courant électrique.

Le détecteur électrolytique comporte un vase contenant de l'eau acidulée. Dans ce liquide plongent deux tiges de platine : l'une entièrement nue, l'autre enfermée dans un tube de verre terminé par une

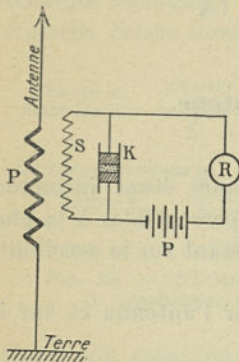


Fig. 34. — Schéma de la réception d'un poste simple de T. S. F.

pointe qu'elle traverse d'une quantité extrêmement faible, un centième de millimètre seulement. L'une des tiges est reliée avec le circuit de l'antenne ou avec le secondaire S et l'autre avec un circuit de pile locale. Tant que l'antenne est au repos aucun courant ne franchit, dans l'eau acidulée, la distance qui sépare les deux pointes. Dès que le circuit de la pile est établi, en effet, l'eau acidulée se décompose en deux gaz essentiels : hydrogène et oxygène; une bulle d'hydrogène se forme à l'extrémité de la fine pointe de platine et l'isole complètement du liquide. Mais lorsque l'antenne est soumise à des vibrations électriques, la bulle de gaz crève sous la charge reçue par la pointe



qui se trouve dès lors en contact avec l'eau, et le courant peut passer. Une nouvelle bulle se reforme détruite par l'onde suivante et le même phénomène chimique se reproduit aussi rapidement que celui d'ordre physique auquel est soumise l'antenne.

Si, avec cet instrument, on utilisait un fort courant électrique, la bulle préservatrice deviendrait inefficace pour en empêcher la propagation à travers le liquide acidulé et par conséquent bon conducteur. Il est donc nécessaire de réduire autant que possible la puissance de la pile locale qui doit être beaucoup plus faible que celle employée avec le tube à limaille.

Ce fait paraît être en contradiction avec la nécessité que nous avons signalée au début d'avoir recours à

une forte pile pour actionner le récepteur Morse, nécessité solutionnée par l'emploi d'un relais. Ici le relais est inutile; il suffit en effet de remplacer le récepteur Morse par un simple téléphone pour percevoir, au son, les signaux transmis.

Dans la télégraphie ordinaire, ce mode de réception

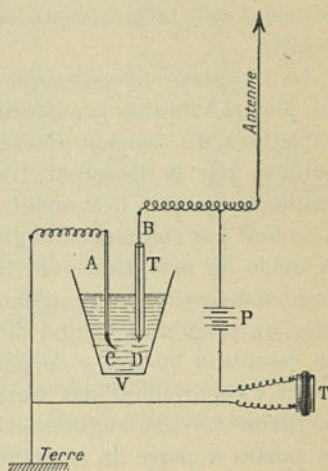


Fig. 35.

Principe du détecteur électrolytique du commandant Ferrié.

Tube contenant un fil de platine dont l'extrémité D touche le liquide du vase V.  
— AC, tige de platine nue. — T, récepteur téléphonique.

des dépêches est un usage normal. On a imaginé pour cela un appareil spécial appelé *sounder*, sorte d'électro-aimant dont l'armature produit un bruit sec lorsqu'elle est attirée ou ramenée par un ressort antagoniste à sa position de repos. Les chocs de cette armature correspondent parfaitement aux signaux transmis et le télégraphiste les lit avec une très grande facilité.

Le récepteur téléphonique joue un rôle identique. Sa plaque vibrante transforme en ondes sonores les variations du courant électrique envoyées dans ses bobines par le détecteur. L'oreille exercée du télégraphiste perçoit nettement les points et les traits. Il ne faut pas commettre la grosse erreur de confondre ce mode de réception avec la téléphonie sans fil. Il s'agit seulement ici de signaux télégraphiques perçus dans un téléphone et non de réception de la parole. La réception au son a eu pour conséquence de simplifier l'appareillage des stations et en même temps de permettre une augmentation de la distance entre les postes à cause de la grande sensibilité des détecteurs et des récepteurs.

En 1902 Marconi imagina le détecteur magnétique qu'il emploie encore actuellement dans toutes ses stations de Poldhu, Cap-Cod, Clifden, Glace-Bay. Cet appareil est basé sur un principe tout à fait différent du détecteur électrolytique : la propriété que possèdent les ondes d'agir sur l'aimantation du fer par le courant électrique, sur l'électro-aimant, en somme, dont elles modifient le champ magnétique. Il se présente sous une forme inédite. Le noyau de fer doux est remplacé par une sorte de câble C (fig. 36) fait de plusieurs fils isolés les uns des autres et passant

sur deux poulies PP', actionnées par un petit moteur électrique qui l'obligent à se déplacer constamment. Un aimant permanent A dont les pôles sont très rapprochés de ce noyau mobile le rend magnétique. De plus le câble passe à l'intérieur d'une bobine à deux enroulements : l'un est relié au circuit oscillant récepteur (KS de la précédente figure) tandis que l'autre fait partie du circuit du récepteur téléphonique T. Le noyau mobile étant constamment soumis à l'action magnétique de l'aimant A, les ondes en atteignant le circuit oscillant KS modifient, par l'enroulement D,

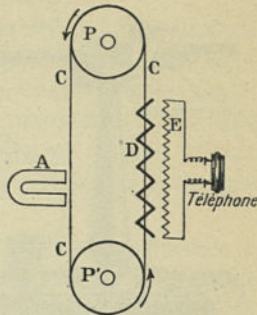


Fig. 26. — Détecteur Marconi.

cette aimantation de valeur constante et font naître dans le second enroulement E, un courant induit que la plaque vibrante enregistre et transforme en un son.

Dès 1907, M. Pickard, ingénieur américain, proposa un nouveau détecteur d'ondes basé sur le contact de cristaux entre eux ou avec des corps métalliques. Ce détecteur possède la propriété de pouvoir fonctionner sans le secours d'une pile. C'est un détecteur solide qu'il ne faut pas confondre avec le trépied de M. Branly. Ici les deux corps en présence sont par exemple (Tissot) : l'un une pyrite de fer et l'autre une pointe métallique quelconque reposant sur la pyrite avec une pression convenable. Les pyrites (oxydes métalliques sulfureux) employées dans les stations de l'administration française ont été, après les décou-



vertes de Braun, Pickard, Pierce, étudiées par M. Meunier. Elles ont l'aspect de petits morceaux de métal convenablement dégrossis et enchassés dans une capsule de plomb. Cette capsule est serrée entre des vis micrométriques permettant un déplacement du

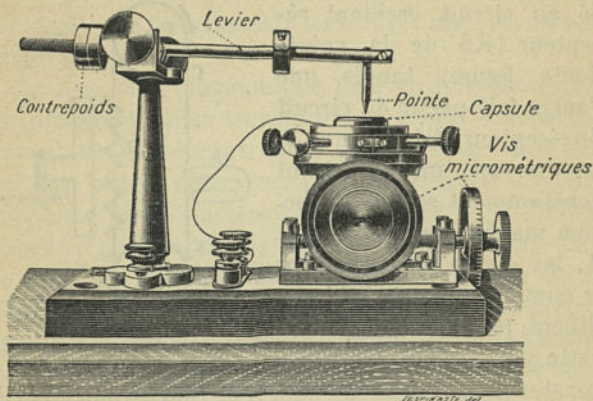


Fig. 37. — Détecteur solide.

bloc dans tous les sens. La pointe métallique qui appuie sur la petite masse pour constituer un contact appartient à un levier pourvu d'un poids que l'on déplace légèrement jusqu'à ce que la pression soit convenable. Il suffit de relier les deux fils du récepteur téléphonique l'un avec la pyrite l'autre avec le levier de la pointe pour former un circuit récepteur.

Ce détecteur est presque aussi sensible que le détecteur électrolytique et plus robuste à certains points de vue; il supporte sans crainte les signaux parasites alors que la pointe électrolytique résiste moins bien

à l'action des étincelles atmosphériques. C'est là une qualité précieuse pour les postes établis dans les régions où les orages sont fréquents. Mais, comme tous les détecteurs à cristaux, le moindre choc le dérègle, ce qui est un énorme inconvénient.

Une infinité de détecteurs ont été imaginés depuis la naissance de la télégraphie sans fil. Tous, à quelque modèle qu'ils appartiennent, présentent leurs avantages et leurs inconvénients; c'est-à-dire qu'ils sont plus ou moins robustes et demeurent soumis à l'action des ondes perturbatrices provenant des décharges atmosphériques.

Les orages, même lointains, donnent naissance à des ondes d'amplitude parfois très grande qui font vibrer les antennes. Ces vibrations, se produisant à des moments quelconques, sont perçues dans les appareils et ceux-ci enregistrent des séries de points reliant entre eux les signaux réguliers, si le fait a lieu au cours d'une transmission, et les rendent intraduisibles. Cependant, avec un peu d'habitude, les télégraphistes distinguent assez facilement les signaux parasites perçus dans le téléphone et la réception n'en est pas généralement affectée au point de devenir impossible. Avec l'appareil Morse au contraire, ces émissions étrangères se traduisent par des points qui relient entre eux les signaux réguliers et rendent la bande intraduisible. C'est encore là un des avantages que présentent les détecteurs sur les tubes radio-conducteurs.

La télégraphie sans fil trouve donc dans l'électricité atmosphérique un ennemi d'autant plus difficile à combattre qu'il est de même nature que l'agent producteur des ondes. Dans les régions chaudes, les

communications sont parfois impossibles surtout au moment où se produisent les brusques changements de température, au coucher du soleil, par exemple.

Les radiations solaires interviennent également d'une manière tout à fait déplorable et, par elles, les ondes électriques leurs sœurs s'affaiblissent dans une telle proportion qu'un poste capable de transmettre couramment à 1.500 ou 2.000 kilomètres pendant la nuit, voit sa puissance réduite à 700 ou 800 kilomètres pendant le jour.

Dans l'installation des postes, on tient compte de cette perte d'énergie et les stations désignent leur portée par celle atteinte par les ondes pendant la journée. C'est ainsi que les stations côtières françaises appartenant à la marine ou à l'administration accusent une portée diurne de 800 kilomètres alors que, après le coucher du soleil, leurs ondes atteignent des postes de navires situés à 2.000 kilomètres. Les Saintes-Marie-de-la-Mer, près Marseille, se sont même fait entendre par le navire "Ophir" équipé avec des appareils Marconi alors qu'il se trouvait dans la mer Rouge, en face de la Mecque, se rendant dans l'Océan Indien. La distance à vol d'oiseau est de 4.100 kilomètres.

On attribue la perte d'énergie constatée à la présence des rayons ultra-violetts qui rendent l'atmosphère conductrice de l'électricité; les ondes électriques suivent le mauvais chemin que ces radiations leur préparent avec une déplorable sollicitude et se perdent dans l'atmosphère.

Les agglomérations, les forêts, se laissent facilement contourner par les ondes électriques; les chaînes de montagnes ne constituent un obstacle sérieux



que lorsqu'elles sont très élevées ; le vent, le brouillard, la pluie, n'ont que peu d'action sur les ondes.

Quels que soient les reliefs du sol, il est toujours indispensable, si l'on veut réaliser une bonne portée, de disposer d'une antenne aussi élevée que possible. C'est ainsi qu'avec une antenne de 30 mètres de hauteur et une énergie de un cheval-vapeur, on transmet à 100 kilomètres ; l'antenne portée à 300 mètres par un ballon ou un cerf-volant permettra d'atteindre 800 kilomètres.

---

## CHAPITRE X

### La direction des ondes.

Marconi avait à peine effectué ses premiers essais de télégraphie sans fil que ses expériences, répétées dans tous les laboratoires du monde entier, révélèrent l'imperfection que nous avons signalée et qui est relative à la diffusion des ondes dans l'espace environnant le poste d'émission. Le problème de la direction des ondes s'est ainsi posé dès l'origine de la T.S.F. M. Poincaré nous a dit quels réflecteurs il faudrait employer pour les rassembler en un faisceau; cette solution n'est donc nullement pratique. Il existe une autre méthode permettant, non de condenser les ondes, mais cependant de les diriger vers une direction déterminée.

Garcia d'abora, en 1903, puis Marconi (dans une communication à la *Royal society*) avaient attiré l'attention sur ce fait qu'une antenne horizontale exerce une action certaine sur la propagation des ondes; celles-ci atteignent leur maximum dans la direction de l'antenne alors qu'elles s'atténuent d'une manière très sensible pour les directions faisant un angle prononcé avec l'antenne. A la condition que la longueur du fil horizontal soit beaucoup plus grande que

celle du fil vertical qui relie le premier à l'éclateur et que, de plus, on opère avec des ondes de grande longueur. Les meilleurs résultats ont été obtenus avec une antenne transmettrice verticale et une antenne réceptrice horizontale. Entre Poldhu et Clifden, situés à 500 kilomètres l'un de l'autre, l'antenne horizontale avait 230 mètres de longueur, la réception s'est faite dans des conditions excellentes, alors qu'elle était nulle lorsque l'antenne faisait un angle de plus de 35 degrés avec la direction du poste transmetteur.

M. Brown a également étudié le problème en envisageant plusieurs solutions : fils verticaux placés sur une surface parabolique, deux fils verticaux élevés à une demi-longueur d'onde de distance l'un de l'autre, etc. Cette dernière disposition permet de constater que deux fils de 5 et 7 mètres, distants de 3 mètres 50, donnaient d'excellents résultats; la réception devenait impossible, sur les 400 mètres séparant les stations d'essais, dès que les fils occupaient une position oblique par rapport aux appareils récepteurs. M. Blondel avait, de son côté, obtenu des résultats analogues avec un dispositif à peu près identique.

M. Braun, tenté d'abord par les miroirs paraboliques pourvus de bandes métalliques qui en épousaient la concavité, utilisa ensuite trois fils aériens élevés aux sommets d'un triangle équilatéral et reliés chacun à une surface en toile métallique disposée parallèlement au sol, à une faible distance de celui-ci. Enfin, du poste situé au centre du triangle partaient des fils horizontaux reliés à chacun des supports d'antennes. Des diverses constatations d'ordre technique effectuées, retenons ce fait que l'on parvint à recevoir



des ondes d'un poste dont la direction était déterminée par une antenne horizontale située dans le plan vertical passant par le transmetteur et le récepteur.

S'inspirant des travaux antérieurs, en particulier de ceux de M. Blondel, MM. Tosi et Bellini ont établi

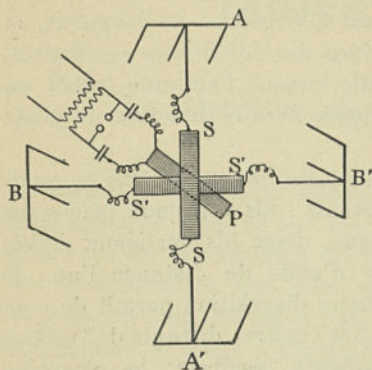


Fig. 38. — Poste Tosi-Bellini  
Boulogne-sur-Mer (schéma).

à Boulogne-sur-Mer une station acquise depuis par l'administration française et dont nous avons décrit la forme d'antenne. Les ondes de ce poste peuvent avoir leur rayon maximum dirigé dans une direction quelconque à l'aide d'un système transformateur dont les enroulements secondaires, S et S' sont placés à angle droit l'un par rapport à l'autre et reliés comme le montre notre figure aux quatre antennes. Le primaire du transformateur est représenté par un enroulement central P faisant partie du circuit de l'éclateur. Cette bobine peut tourner autour d'un axe vertical.

Lorsque la bobine P est placée dans une direction parallèle à l'un des circuits secondaires, à l'un des cadres aériens, on constate que ce cadre seul est excité. Si elle occupe une position quelconque les excitations déterminées dans chacun des cadres sont telles que la direction du rayonnement est la même que celle

de la bobine P. L'appareil a reçu le nom de *radiogonomètre*; on l'actionne à l'aide d'une simple manette qui se déplace sur un cadran gradué indiquant la direction vers laquelle les ondes présentent leur maximum d'intensité. Le système est très intéressant puisque le rayonnement diminue de 30/0 dès que l'on s'écarte de 10 degrés de la direction maximum.

L'appareil récepteur est également un *radiogonomètre* semblable au précédent et fonctionnant de la même manière. Le détecteur d'ondes appartient au circuit de la bobine mobile excité par les circuits des bobines reliées aux antennes réceptrices. Ce système de dirigeabilité des ondes, bien que

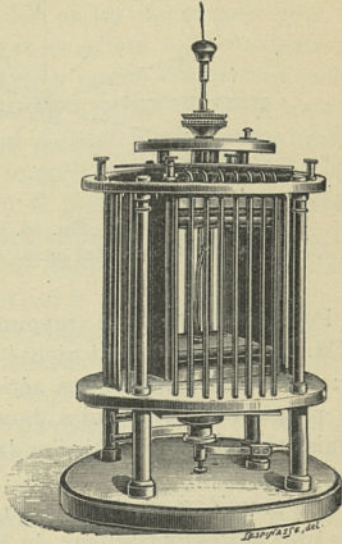


Fig. 39. — Radiogonomètre.

présente cette particularité que les ondes atteignent leur puissance maximum dans deux directions diamétralement opposées : vers le poste récepteur visé et ensuite *derrière* le poste transmetteur en suivant la même direction que celle qui est donnée par les deux correspondants. Ainsi le poste transmetteur étant placé en B les ondes se propagent

à la fois vers A et vers C, alors que toute station située hors de cette ligne ne reçoit que des ondes de plus en plus affaiblies dépendant de la grandeur de l'angle qu'elles forment avec A B C. Deux postes placés en D et E ne recevront plus aucune onde.

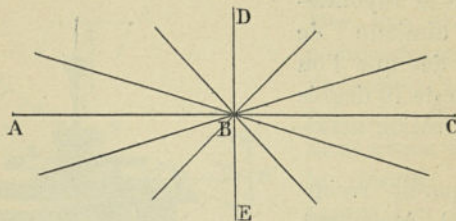


Fig. 40.

Lignes de propagation des ondes avec le radiogonomètre.

Pour supprimer ce rayonnement vers l'arrière, MM. Tosi et Bellini ont ajouté une antenne verticale au centre des deux cadres aériens, ils annulent ainsi la propagation des ondes dans l'un des deux sens; mais le maximum d'émission dans la direction unique est moins net.

Les premières expériences eurent lieu en 1909 entre les trois postes de Barfleur, du Havre et de Dieppe, les appareils transmetteurs étant installés dans ce dernier poste. En employant le premier système, désigné sous le nom de *bilatéral*, on transmet des dépêches au Havre sans qu'il fût possible de les recevoir à Barfleur. Cependant l'angle des directions Dieppe-Barfleur et Dieppe-Le Havre est de 23 degrés seulement. D'autre part, en imprimant un mouvement de rotation au radiogonomètre récepteur, on reçut des communications des stations anglaises de la Manche et de la mer



du Nord sans que ces communications fussent gênées les unes par les autres.

Certaines critiques s'élevèrent relativement à la portée des ondes émises dans ces conditions, mais on dut reconnaître que des résultats intéressants étaient cependant acquis.

La dirigeabilité des ondes électriques peut déjà apporter un puissant concours à la navigation en permettant aux navires munis d'appareils radiotélégraphiques qui passent à portée du poste transmetteur de connaître leur position par les temps brumeux lorsque la côte est complètement invisible. Le radiogonomètre récepteur se prête en effet, à la détermination, à quelques degrés près, de la position du poste émetteur d'ondes, que celui-ci soit ou non pourvu du système directeur. Ainsi la station de Boulogne peut toujours reconnaître l'emplacement d'un bateau dont les ondes lui parviennent, et renseigner ce bateau sur sa position en temps de brume.

D'autre part si le paquebot possède un radiogonomètre récepteur, il pourra faire son point de la même façon qu'on fait le point en vue de la terre avec le compas azimutal ordinaire du bord. Des expériences effectuées par M. Tosi, au cours d'un voyage transatlantique à bord de la *Louisiane*, ont enthousiasmé les officiers qui comparent le nouvel appareil à un compas azimutal à ondes hertziennes apportant la sécurité à la navigation côtière en temps de brume.

L'utilité pratique du système Tosi-Bellini a reçu une éclatante confirmation lors d'un voyage du paquebot la *Provence* pourvu d'un radiogonomètre. Ce navire a pu faire la traversée de France en Amérique

par un brouillard intense, reconnaître sa route à chaque instant et enfin pénétrer dans le port de New-York aux applaudissements de la foule. Cette première application du système Tosi-Bellini portera certainement des fruits.

---

## CHAPITRE XI

### **Histoire du poste de la tour Eiffel.**

La station de télégraphie sans fil de la tour Eiffel a pris place cette année parmi les plus puissantes du monde entier. Un tel résultat a été long à obtenir. Alors que partout ailleurs, en Allemagne, en Italie, en Russie, au Japon, en Amérique, une vaste organisation de T.S.F. a été créée dès que l'état des découvertes a permis d'envisager un résultat pratique, nos bureaux administratifs n'ont voulu s'intéresser à la nouvelle télécommunication que sous la contrainte de l'opinion publique.

L'initiative de la première installation au Champ-de-Mars revient à M. Eiffel qui, en 1903, mit à la disposition du capitaine Ferrié une station d'expériences. Cependant, à cette époque, Marconi parvenait déjà à envoyer des signaux d'un rivage à l'autre de l'Atlantique.

Le poste de M. Eiffel comportait une antenne faite d'un fil unique, d'abord attaché au second étage de la tour puis reporté au troisième. Les expériences préliminaires eurent lieu avec Palaiseau et Villeneuve-Saint-Georges. En 1905, on communiquait avec Belfort où un poste avait été établi par le capitaine Brenot.



Ces essais avaient pour but l'étude des influences que la masse d'acier pouvait exercer sur les ondes. Se comporterait-elle comme un immense accumulateur absorbant les ondes et empêchant totalement son emploi comme support d'antenne? Les officiers reconnurent que l'influence exercée par la tour était peu dangereuse pour les ondes; il suffisait d'éloigner l'antenne le plus possible de la construction et d'opérer avec de grandes longueurs d'ondes pour obtenir d'excellents résultats. A partir de ce moment, M. Ferrié envisagea la possibilité de doter la France de la plus puissante station de télégraphie sans fil mondiale grâce à la tour que la ville de Paris avait décidé d'abattre. On peut dire que la télégraphie sans fil l'a sauvée de la destruction.

Peu à peu nos officiers augmentèrent la surface de l'antenne, modifièrent le système d'excitation et enfin utilisèrent le courant électrique du secteur de la rive gauche, plus puissant que celui de leur premier groupe électrogène. C'est ainsi que les ondes de cette station atteignirent rapidement une portée de 2.400 kilomètres.

La station se présentait sous l'aspect extérieur d'un petit campement de romanichels. Elle comportait cinq baraques en planches affectées : une à la transmission, une autre à la réception; deux servaient de bureau à l'officier de garde et d'abri aux hommes; dans la dernière était logé le matériel de réserve. Avec son antenne de quatre fils attachés au sommet de la tour, ce poste nous a rendu de très grands services pendant la campagne du Maroc puisqu'il a permis au ministère de la Guerre de se tenir en relation constante avec nos navires stationnant sur la côte africaine.

Le schéma (fig. 41) montre comment a été comprise l'installation du poste transmetteur. On voit que le courant alternatif du secteur produit à 3.000 volts, mais abaissé à 220 volts par une machine installée dans le pilier sud de la tour, arrive par une ligne aérienne

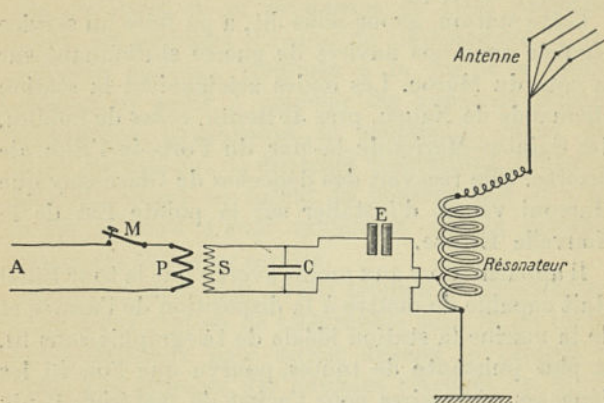


Fig. 41. — Schéma de l'ancienne station de la tour Eiffel.  
A, arrivée du courant électrique. — M, manipulateur Morse. — P, primaire.  
S, secondaire. — C, condensateur. — E, éclateur.

au manipulateur qui le dirige dans un transformateur dont le circuit secondaire est relié aux bornes du condensateur appartenant au circuit oscillant. La tension de la charge du condensateur atteint 50.000 volts. Le résonateur est un gros tube serpentin de six spires. Une seule de ces spires faisant partie du circuit oscillant constitue le primaire de cette sorte de bobine transformatrice; elle est reliée à l'éclateur placé entre elle et le condensateur. Les cinq spires supérieures en forment le circuit secondaire.

L'éclateur est fait de deux cylindres de zinc tour

nant l'un en face de l'autre et à une certaine distance. La prise de terre est représentée par un ensemble de plaques de zinc ayant une surface totale de 150 mètres carrés, enfouies à 50 centimètres dans le sol.

La réception s'effectue au son à l'aide du détecteur électrolytique.

Cette station, avons-nous dit, a pu faire un service régulier avec nos navires de guerre stationnant sur la côte du Maroc. Les ondes atteignaient la station allemande de Nauen, près de Berlin, celles de Poldhu, des Saintes-Maries-de-la-Mer, du Fort-de-l'Eau, de Bizerte. Elle recevait des dépêches de Glace-Bay que Marconi venait d'installer sur la pointe Est de la Nouvelle Ecosse.

Il apparut alors aux moins avertis que la tour Eiffel était capable de mettre à la disposition de l'armée et de la marine la station idéale de télégraphie sans fil, la plus puissante de toutes, pourvu que l'on fit les dépenses nécessaires pour l'achat du matériel. Il n'y avait plus à hésiter. Mais le Champ de Mars appartient à la ville de Paris. Les pourparlers s'engagèrent alors avec ses représentants; ils furent longs et délicats parce que les projets de création d'un jardin public élaboré par la municipalité comportaient la disparition de la tour. De plus, au nom de l'esthétique, le conseil municipal redoutait la présence d'une construction importante au milieu du nouveau parc ainsi que celle des fils de l'antenne. Enfin le bruit des décharges électriques incommoderait fortement les habitants du nouveau quartier dont l'édification était décidée en bordure des avenues de Suffren et de la Bourdonnais.

Le projet dressé par le génie militaire pour se con-



former aux désirs du conseil municipal comportait la construction d'une station souterraine entourée de parois suffisamment étanches pour amortir complètement le bruit des étincelles; l'antenne serait faite de six fils de cinq millimètres de diamètre dont la présence passerait inaperçue. Il fut accepté par la ville de Paris et au printemps de 1908 commencèrent les premiers travaux de terrassement. L'installation générale terminée à la fin de la même année était prête à recevoir les appareils lorsque l'inondation, envahissant le souterrain, causa des dégâts nécessitant de sérieuses réparations. Plusieurs mois de retard en furent la conséquence et c'est depuis le mois d'août seulement que la nouvelle station est entrée en service.

Le promeneur non averti trouverait difficilement trace d'une station de télégraphie sans fil au milieu de ce délicieux parc qu'est devenu le Champ de Mars. Les attaches des haubans retenant les fils de l'antenne et la petite grille qui ferme l'entrée du poste sont seules apparentes. L'antenne aboutit en un conducteur unique au milieu d'une cour centrale (fig. 42) entourée des locaux affectés à l'installation des appareils, des cabines pour les officiers, des logements pour une vingtaine d'hommes. Une galerie circulaire dessert toutes les pièces. D'autre part les conditions hygiéniques ont été respectées dans toute leur rigueur; l'aération est assurée par de larges fenêtres ouvrant sur la cour centrale et des ventilateurs électriques; le chauffage par une circulation de vapeur et des calorifères; l'éclairage par l'électricité et le gaz en cas de besoin.

On accède à cette installation souterraine par un

escalier dissimulé dans un bosquet et fermé par une grille d'entrée. Les appareils lourds sont descendus à l'aide de monte-charges et transportés à leur destination sur de petits wagonnets roulant sur une voie Decauville.

Alors que dans le précédent poste l'énergie élec-

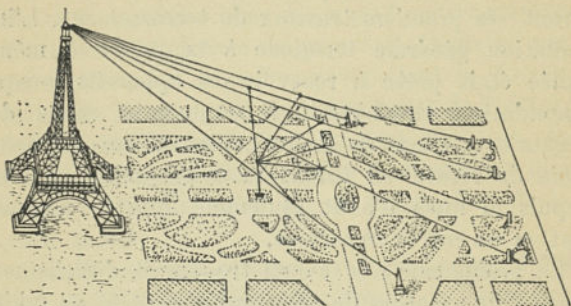


Fig. 42.

Schéma de l'antenne du nouveau poste de la tour Eiffel'.

trique utilisée atteignait à peine 10 chevaux, celle de la station actuelle est de 100 chevaux. Le courant est toujours fourni par le secteur de la rive gauche, mais comme il y a lieu de prévoir un accident soit à l'usine soit sur les canalisations, on a eu soin de s'organiser de telle manière que les groupes électrogènes installés dans la tour même pour son service, puissent, en cas de nécessité, fournir aussi du courant à la station de télégraphie sans fil.

L'antenne est faite de six câbles de cinq millimètres de diamètre; prolongés par leurs haubans, ils s'étendent sur presque toute la longueur du Champ-de-Mars. Ces fils, beaucoup plus éloignés de la tour

que ceux de l'ancienne antenne, sont attachés à une poutre en treillis métallique solidaire des arcs du phare et chacun d'eux est isolé à son point d'attache. Cette liaison doit être extrêmement solide puisque la traction exercée par chaque fil peut atteindre une tonne par les vents violents. En cas de rupture on descendrait chaque attache de fil à l'aide d'un treuil.

Les haubans qui maintiennent les fils ont été fixés à des ferrures d'ancrage assujetties dans des chambres souterraines que l'on a dissimulées aux regards par des massifs de verdure. Cependant les deux haubans du milieu plus longs que les autres ont dû être amarrés à des pylones en maçonnerie. Tous peuvent être tendus par des treuils.

Enfin les plaques de zinc enfouies dans le terrain humide du Champ de Mars couvrent une surface de 600 mètres carrés.

Quant aux appareils, ils sont restés ce qu'ils étaient; plus puissants il est vrai, mais le dispositif général de transmission et de réception est demeuré sans changement.

Telle est cette station unique au monde si l'on considère la portée normale (5.000 kilomètres) réalisée avec une énergie électrique de 100 chevaux seulement, alors qu'à Glace-Bay et à Clifden, Marconi dispose de 250 chevaux. Il est vrai qu'elle bénéficie de la construction la plus hardie des temps modernes qui s'est élevée là en plein Paris à une époque où l'on ne songeait nullement à la télégraphie sans fil. La tour de 300 mètres est devenue le porte-antenne idéal permettant à la France de couvrir de ses ondes, pendant le jour, l'Océan Atlantique jusqu'à l'équateur, toute l'Europe, la moitié de l'Afrique, une



partie de l'Asie et jusqu'aux régions boréales. Pendant la nuit on peut dire que ces ondes couvrent une surface de 12 à 15.000 kilomètres de rayon ; peut-être la terre entière est-elle enveloppée par elle.

La tour Eiffel a permis d'accomplir cette merveille et, en récompense, la télégraphie sans fil lui a donné l'immortalité.

## CHAPITRE XII

### Max Wien, Telefunken, Von Lepel.

Les connaissances que nous avons acquises en télégraphie sans fil nous permettent de résumer en quelques mots les conditions essentielles à réaliser : produire des ondes aussi énergiques et aussi pures que possible et diminuer l'amortissement.

L'étincelle est le principal facteur de l'amortissement. Si elle éclate entre deux électrodes éloignées, sa résistance augmente, mais cette résistance diminue avec l'intensité du courant. C'est la raison pour laquelle on a été amené à fractionner les étincelles dans la télégraphie à grandes distances. Wien, partant de ce principe, imagina de produire des oscillations à *étincelles soufflées*.

Normalement, au moment où jaillit l'étincelle, le circuit excitateur commence à osciller avec une grande amplitude; mais ses oscillations s'éteignent ensuite très rapidement. Dans le circuit secondaire, qui est excité par induction, l'amplitude de l'oscillation, suivant les lois du courant induit, est minimum au moment où l'oscillation du primaire atteint sa plus grande amplitude et elle croît au fur et à mesure que la première décroît, recevant sans cesse de nou-

velles impulsions des oscillations primaires pourtant décroissantes, pour atteindre son maximum à l'in-

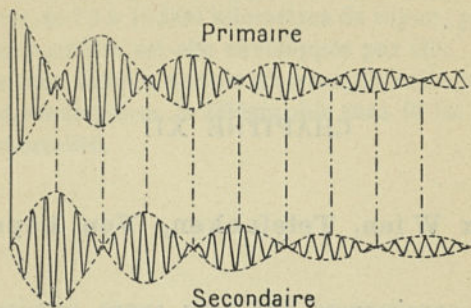


Fig. 43. — Action du primaire sur le secondaire.

stant même où l'oscillation du primaire a presque cessé. Les phénomènes se reproduisent ensuite pendant un certain temps et avec régularité; le secondaire excite à son

tour le primaire dans les mêmes conditions qu'il a été excité lui-même, puis le primaire agit de nouveau sur le secondaire, et ainsi de suite jusqu'à ce que toutes les oscillations s'éteignent.

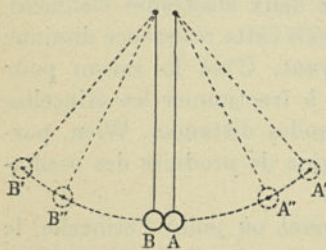


Fig. 44.

Pour bien nous faire comprendre, imaginons que l'on ait placé côte à côte deux pendules de longueurs égales A et B (fig. 44). Si on amène le pendule A dans la position A' et qu'on l'abandonne à lui-même, il tombe et frappe le pendule B; ce dernier est chassé en B' et A reste en



place. Mais B revient à son tour sur A, le chasse dans la direction A' ; il s'arrête en A", revient sur B qui fuit jusqu'en B" et ainsi de suite jusqu'à ce que les deux pendules cessent d'osciller, l'énergie communiquée primitivement à A ayant été dépen-

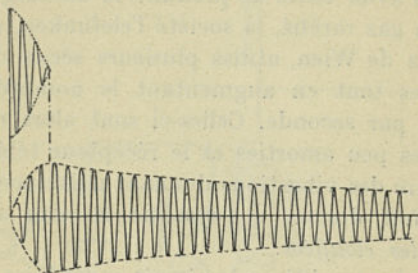


Fig. 45. — Le circuit primaire est étouffé.

sée. Les choses se passent exactement de la même manière entre les deux circuits mis en présence.

Ces oscillations successives ne sont pas sans présenter un inconvénient sérieux. De même qu'entre les masses A et B, un choc résulte à chacune de leurs rencontres, une étincelle suit l'étincelle première pendant quelques oscillations cela parce que probablement la chaleur de la première décharge diminue la résistance entre les électrodes. Ces étincelles sont nuisibles et il importe de les supprimer afin de protéger le circuit oscillant contre les oscillations qu'il subit de la part de son voisin par contre-coup.

Pour obtenir ce résultat, il suffit d'interrompre le circuit primaire dès qu'il a cessé d'osciller une première fois. Cette interruption se fait d'elle-même par

l'emploi d'étincelles courtes (quelques dixièmes de millimètre) tout au moins après deux ou trois oscillations lorsque la chaleur développée n'est pas très élevée; on en diminue encore le nombre en provoquant l'éclatement dans un milieu meilleur conducteur de la chaleur que l'air.

Après avoir tenté de produire la décharge dans un milieu à gaz raréfié, la société Telefunken, reprenant les idées de Wien, utilisa plusieurs séries de petites étincelles tout en augmentant le nombre des décharges par seconde. Celles-ci sont alors régulières, les ondes peu amorties et le récepteur téléphonique enregistre des vibrations donnant naissance à un son qui a fait donner au système le nom d'*étincelles chantantes étouffées*.

Dans ces conditions le circuit secondaire seul continue à vibrer après la première décharge du primaire. Absolument comme le pendule B de l'expérience précédente continuerait à osciller seul si l'on supprimait le pendule A après le premier choc. La fig. 45 montre bien le principe que nous venons d'expliquer.

Les appareils qui permettent de réaliser cette conception diffèrent de ceux que nous avons étudiés jusqu'ici. L'éclateur est constitué par un certain nombre d'anneaux très rapprochés et l'étincelle jaillit entre eux, à la périphérie, jamais au centre parce qu'elle en est chassée par le champ électromagnétique engendré. Le poste se complète par des condensateurs et des bobines de self-induction spéciales dites variomètres qui servent à changer la longueur d'onde très rapidement et permettent d'accorder les postes entre eux. On utilise une batterie

de 36 bouteilles qui sont chargées 1.000 fois par seconde avec une énergie de 32 kilowatts.

Le détecteur employé par la réception appartient au type solide; il est constitué le plus généralement par l'oxyde de fer ou le protosulfure de plomb. Il

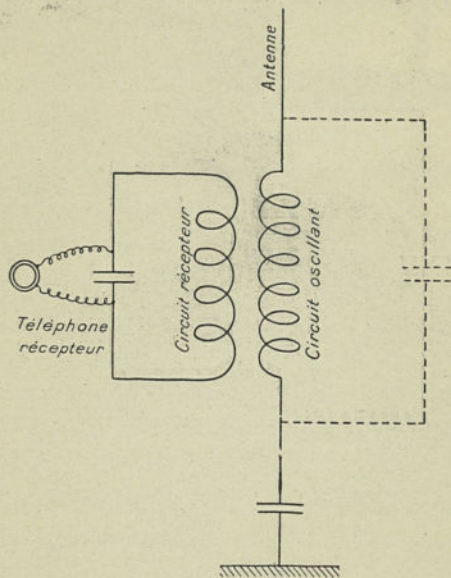


Fig. 46. — Schéma de la réception.

travaille avec une batterie auxiliaire et transforme le courant alternatif en courant continu. Mille ondes émises par seconde arrivent dans le téléphone récepteur sous la forme de 1.000 émissions successives de courant continu. La régularité de ces mille émissions produit dans le téléphone un son musical. Le récepteur (schéma) ne renferme qu'un seul circuit d'oscil-





Fig. 47. — Station de Nauen. Salle des appareils de haute tension.

lation qui est l'antenne réceptrice. Pour la réception des grandes ondes, un second condensateur forme un circuit spécial avec le primaire de la bobine réceptrice. Ce circuit est indiqué en pointillé sur notre schéma.

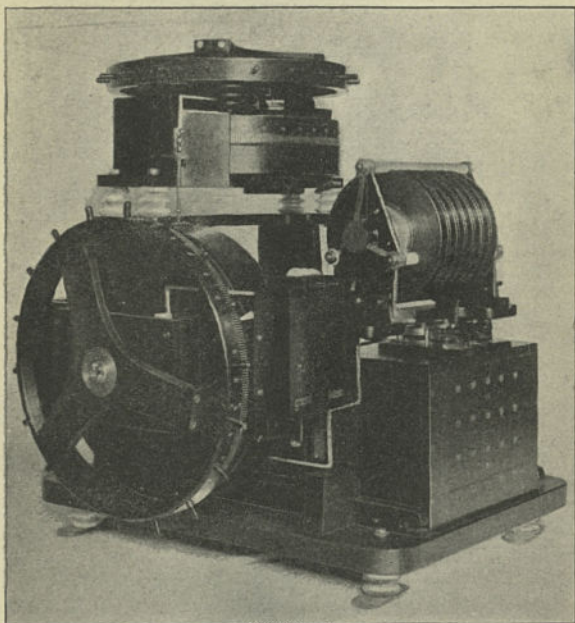


Fig. 48. — Poste complet de 2 kw. de la Société Telefunken.

Si des bruits dus à des décharges atmosphériques sont perçus dans le téléphone, le télégraphiste ne saurait les confondre avec le son musical des ondes utiles.

Afin d'éviter au télégraphiste l'obligation de tenir constamment le téléphone à son oreille pour guetter les appels, la Société *Telefunken* a créé un appareil

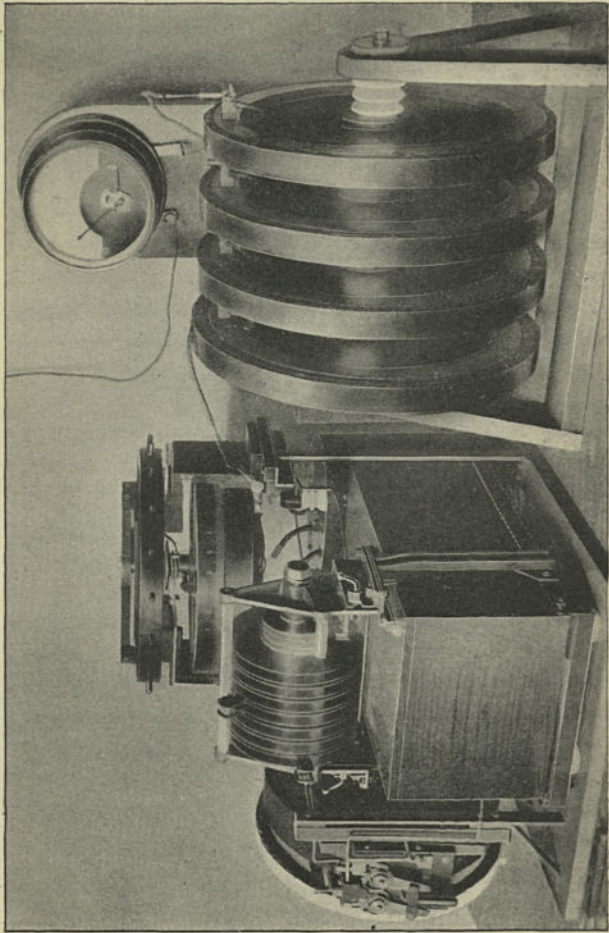


Fig. 49. — Poste transmetteur de 2 à 5 kilowatts.



d'appel qui est mis dans le circuit récepteur à la place du téléphone. Cet appareil actionne une sonnerie dès qu'un appel a lieu.

Sur ce principe sont établis trois types de stations : la station terrestre de 20 kw. dont la portée est de 3.000 à 4.000 kil. et qui est représentée par celle de Nauen; la station de 8 à 10 kw. terrestre et maritime qui peut couvrir une distance de 2.000 à 3.000 kil.; enfin la station de 0.5 kw. seulement destinée aux bateaux de faible tonnage, torpilleurs, etc., et aux postes mobiles de campagne. Sa portée varie entre 100 et 800 kil. selon la hauteur du mât et, nécessairement, les conditions atmosphériques.

Toutes ces portées correspondent au service de *nuil* et doivent, *le jour*, être diminuées.

La télégraphie sans fil étant appelée à jouer un rôle militaire considérable, nous allons montrer comment sont établis les postes allemands actuels de la société Telefunken.

La station est installée sur une voiture spéciale attelée de quatre chevaux; le poids total est de 1.500 kg. environ. Une place suffisante est réservée pour six hommes : deux sur l'avant-train et quatre sur le train arrière. Il faut huit hommes pour installer la station et le service est effectué par deux télégraphistes.

Le mât en tubes d'acier de 25 mètres est attaché à la voiture; en 20 minutes l'installation peut être terminée.

Le poste transmetteur comprend : un condensateur, un éclateur à plusieurs couronnes, une bobine, un variomètre permettant d'obtenir des ondes dont les longueurs varient de 600 à 2.000 mètres.

Deux récepteurs sont installés sur la voiture, l'un d'eux étant un appareil de secours. Chacun peut être desservi par un, deux ou trois téléphones.

Le groupe électrogène fournissant le courant électrique est constitué par un moteur à benzine à un



Fig. 50. — Mulet porteur de la dynamo et des accessoires.

seul cylindre dont la puissance est de 4 à 6 chevaux à 1.500 tours. Le moteur actionne une dynamo à courant alternatif de 2 kw. et une dynamo excitatrice.

Un autre type de station militaire a été étudié afin de remédier aux difficultés de transport des ports mobiles; ce sont des stations portatives à dos de

mulets capables; par conséquent, de prendre les chemins non praticables aux voitures, les sentiers en montagne même pour permettre l'installation des postes dans les endroits favorables et inaccessibles au matériel roulant.

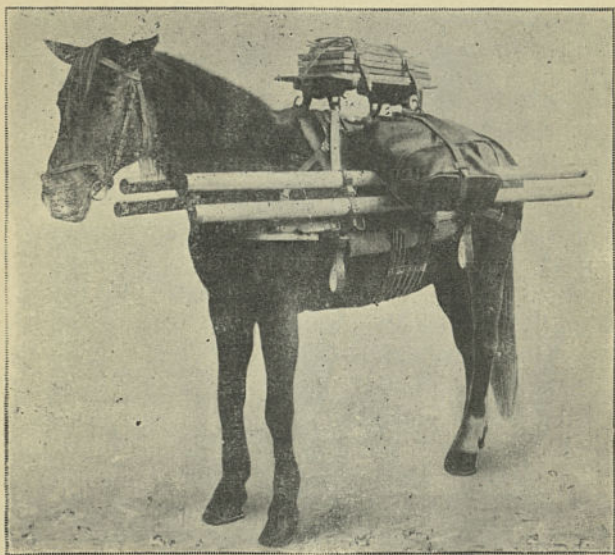


Fig. 51. — Mulet portant les tables, pliants et quatre sections du mât.

Le mât, de 25 mètres, est constitué par 12 tubes d'acier que l'on engage bout à bout et dont les diamètres varient de 4 à 6 centimètres. Ce mât est fixé dans le sol et maintenu à des piquets d'amarrage par des haubans. L'antenne est formée de onze fils fixés la tête du mât. Le poste étant essentiellement



mobile il devenait impossible de songer à l'emploi d'un moteur à explosions pour actionner la dynamo, de 250 watts seulement, productrice du courant. On a eu recours alors aux services d'un homme qui monté sur une pédale, fait tourner la dynamo dans les

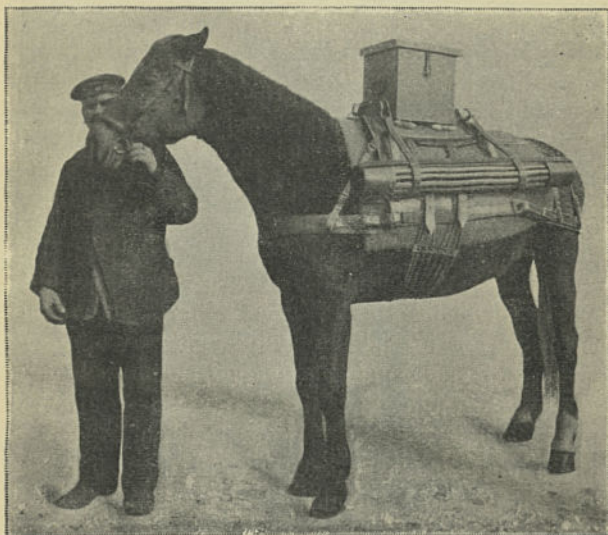


Fig. 52. — Mulet portant l'appareil transmetteur.

mêmes conditions qu'un cycliste pousse sa machine; la puissance développée est donc entièrement absorbée par la dynamo.

Le circuit excitateur comprend une batterie de bouteilles de Leyde, une bobine de self-induction et un éclateur de trois éléments. Celui de l'antenne comporte un circuit primaire et un secondaire de

quelques spires. Le manipulateur complète l'installation. La longueur d'onde admise est de 600 mètres.

Les appareils récepteurs comprennent ceux du circuit oscillant et ceux du circuit de travail. Parmi les premiers se trouvent : le transformateur dont le circuit secondaire est réglable pour l'accord avec la longueur de l'onde transmise; un condensateur, un détecteur électrolytique. Le téléphone récepteur et la batterie que constituent quatre éléments de pile sèche appartiennent au circuit de travail. Dans le cas où l'on emploie le détecteur thermique à contact (détecteur solide), l'usage de la batterie de pile devient inutile, mais ce détecteur se dérègle facilement.

\*  
\* \*

Nous venons de montrer comment la Société Telefunken a tiré parti des découvertes théoriques de Max Wien. Von Lepel a poursuivi *pratiquement* le même but que Wien et ses brevets viennent d'être acquis par une puissante société française, la Compagnie Générale Radiotélégraphique.

L'importance de ces nouveautés nous oblige à étudier avec quelque détail l'organisation des très nouveaux postes actuels dont celui de la rue des Plantes a été le prototype. Cette station fut établie en vue de relier Paris à Bruxelles pendant l'exposition de l'an dernier et les échanges officiellement effectués par les deux administrations eurent tout le succès prévu.

La station de la rue des Plantes comporte deux élégants et très légers pylônes métalliques de 75 m. de hauteur dont les sommets sont reliés par une

antenne faite de huit fils horizontaux; ces fils viennent ensuite se grouper en un câble unique qui pénètre dans la station.

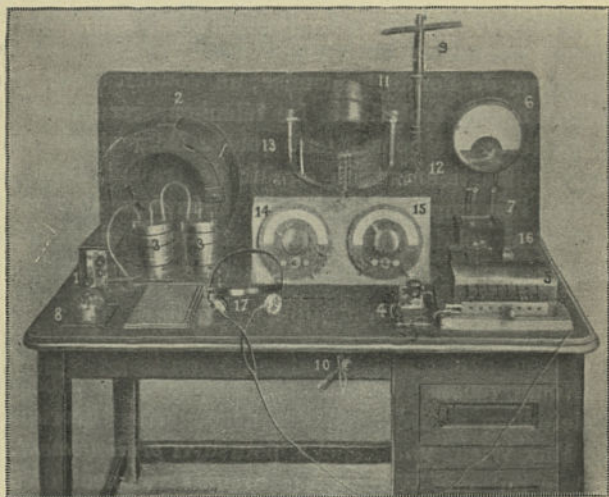


Fig. 53.

Vue du poste Lepel C. G. R. de la rue des Plantes, à Paris.

1. Condensateur variable d'émission. — 2. Résonateur d'émission avec son commutateur. — 3. Eclateurs « Lepel-C. G. R. ». — 4. Manipulateur (condensateur de manipulateur dans le double fond). — 5. Piano pour cinq tons différents. Condensateur pour tons musicaux dans le double fond. Self pour tons musicaux à côté des deux bobines de self de protection. — 6. Appareil thermique (indicateur de puissance d'émission). — 7. Shunt de l'appareil thermique. — 8. Petit déverseur sous cloche de verre. — 9. Entrée d'antenne du meuble. — 10. Manette du commutateur d'antenne (commutateur placé dans le double fond). — 11. Résonateur variable de réception. — 12. Commutateur de transmission. — 13. Commutateur de réception. — 14. Condensateur de réception. — 15. Condensateur du secondaire de réception. — 16. Détecteurs à cristaux. — 17. Casque téléphonique.



Ici l'appareillage électrique est réduit à un minimum d'encombrement inconnu avec les autres systèmes. Le transformateur est supprimé. Les condensateurs énormes, genre Mosciski ou d'Arsonval-Gaiffe, ont cédé la place à des condensateurs de volume extrêmement réduit constitués par un assemblage très simple de feuilles métalliques alternant avec des feuilles de mica. La bobine de résonance est également simplifiée ainsi que les éclateurs et les bobines de self. Tous les organes sont groupés sur une table de petites dimensions et l'opérateur peut, de sa place et tout en travaillant, procéder à leur réglage.

Dans les postes équipés avec les appareils du système Lepel C. G. R. on emploie le courant continu lorsque les ondes ne doivent pas obligatoirement avoir une portée supérieure à 1.000 kilomètres sur mer pendant le jour; on sait que pendant la nuit cette distance est plus que doublée. Les postes de navires et les stations côtières normales pourront donc utiliser le courant continu. Les stations puissantes doivent avoir recours au courant alternatif.

La grande particularité réside dans ce fait que les émissions s'effectuent sur des notes musicales parfaitement déterminées.

Dans ce but le poste transmetteur est pourvu d'un clavier à huit notes mis à la disposition de l'opérateur pour lui permettre de changer instantanément la tonalité des émissions, absolument comme s'il opérait sur le clavier d'un piano pour faire rendre un son quelconque. S'il veut envoyer une dépêche avec une note déterminée, il lui suffit d'engager une cheville commutatrice sous la touche désignée et d'appuyer

sur celle-ci pour que le ton désiré de l'émission soit obtenu. Bien mieux, si l'on met le manipulateur en court-circuit, autrement dit si l'on envoie un courant continu dans l'éclateur, il devient possible de composer un air de musique comme on le ferait sur un

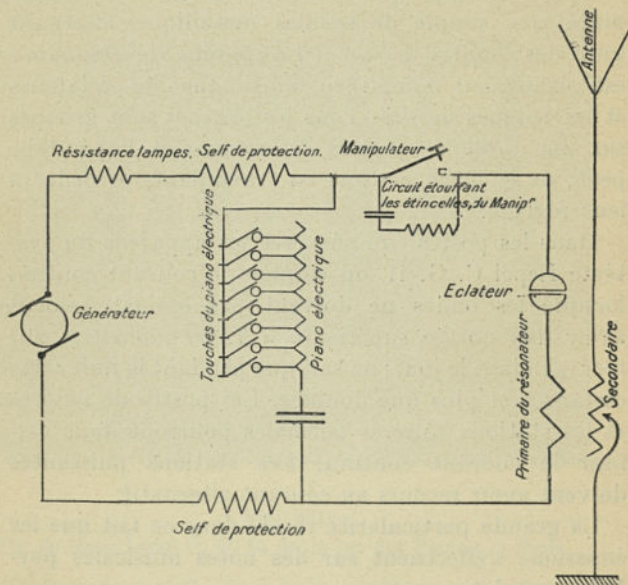


Fig. 54. — Schéma du poste Lepel C. G. R. de la rue des Plantes (transmission).

piano à huit touches seulement. C'est là une manœuvre essentiellement fantaisiste, certes, mais qui montre quel degré de précision on a atteint dans l'émission des notes chantantes.

Ce résultat a été obtenu en augmentant ou en diminuant (voyez schéma 42) le nombre des spires

d'une bobine spéciale, ces spires étant reliées aux petits commutateurs qui constituent chaque touche; plus on introduit de spires dans le circuit, plus la note est basse. Cette manœuvre fait naître dans le résonateur une résonance spéciale qui se superpose à l'émission hertzienne produite par les appareils ordinaires. Enfin le système Lepel CGR permet encore de travailler sans émission de cette résonance particulière; c'est l'émission *atonique* qu'une modification apportée à la réception permet de déceler. Dans tous les cas, que l'émission ait lieu sur un ton quelconque ou bien qu'elle soit atonique, la longueur d'onde ne varie jamais.

L'éclateur est fait de deux disques, d'un métal spécial, simplement posés l'un sur l'autre et séparés par une feuille de papier. Ce papier est évidé au centre suivant un cercle de 1 centimètre et demi de diamètre environ et les étincelles jaillissent dans l'intervalle libre ménagé par ce trou dans le papier. On constitue ainsi une *chambre d'éclatement* parfaitement close et dans laquelle l'oxygène immédiatement absorbé est remplacé par des gaz carburés; cette nouvelle atmosphère devient favorable à l'émission des étincelles. Le nombre des éclateurs augmente avec la puissance de la station. La chaleur des étincelles produites est combattue dans ces éclateurs par une circulation d'eau qui refroidit constamment les électrodes.

Dans cet éclateur l'étincelle oscillante est donc extrêmement courte et le nombre de ces étincelles, 30.000 environ par seconde, est beaucoup trop grand pour qu'un son soit perceptible. Nous avons vu que par l'emploi d'une résonance auxiliaire les flux d'étin-



celles sont divisés en un certain nombre de groupes et de ce nombre, résulte la tonalité.

La division en groupes s'effectue électriquement; de sorte que le télégraphiste n'est pas gêné par les bruits de la transmission ainsi que cela a lieu dans les autres systèmes; tout au plus entend-il ces bruits dont l'intensité est à peine plus grande que ceux d'une bonne réception : c'est là un avantage considérable auquel vient s'ajouter celui de pouvoir *couper* le correspondant au cours d'une transmission. Dans les stations appartenant à la plupart des systèmes connus, le télégraphiste qui reçoit doit rester sur réception pendant toute la durée de la transmission d'une dépêche, même s'il ne peut lire; il lui est impossible, en effet, de pratiquer comme dans la télégraphie ordinaire, c'est-à-dire de « couper » son correspondant pour le prier de répéter sa dépêche avant qu'il ait terminé. Ce n'est qu'à la fin, lorsque le transmetteur a mis son poste sur réception, qu'il peut le prévenir et souvent la répétition de la dépêche entière s'impose.

Les bruits de la transmission disparaissent presque complètement lorsque l'on travaille par émission atonique : dans ce cas le télégraphiste, qui doit toujours pouvoir contrôler le fonctionnement normal de son poste, a sous les yeux un petit tube à vide placé sur l'antenne et qui devient lumineux à chaque charge reçue par celle-ci.

Le circuit primaire comporte, en plus des appareils dont nous avons parlé, des bobines de self, des condensateurs montés en parallèle sur le circuit des éclateurs et enfin le primaire du Tesla (bobine de résonance). Etudions maintenant le circuit de l'antenne.

Il comporte seulement le secondaire du Tesla relié d'une part à l'antenne et d'autre part à la terre. Nous avons montré comment Max Wien a étudié théoriquement ce qui se passe dans le secondaire lorsqu'une étincelle jaillit dans le primaire. Lepel produit un

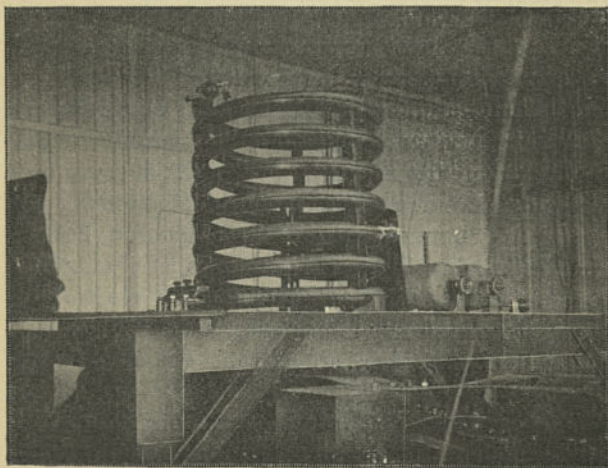


Fig. 55. — Résonateur de S. Fernando de Noronha (35 kilowatts).

flux d'étincelles dans le primaire et ce flux est à une seule période très amortie. Le circuit d'antenne est mis immédiatement en branle avec son amortissement propre c'est-à-dire très faible.

Il importe de bien saisir cette particularité essentielle. Imaginons une sonnerie sur laquelle frappe un marteau. Le timbre figurera pour nous le secondaire, le marteau remplissant les fonctions de circuit primaire. Dès que ce marteau est « excité » il frappe un

coup violent sur le timbre qui vibre. La vibration du marteau est unique alors que le timbre est l'objet d'une vibration prolongée. La comparaison n'est pas d'une technique très rigoureuse puisqu'en réalité le timbre est soumis à un grand nombre de vibrations; cependant si l'on veut bien considérer que le son produit est comparable à l'oscillation hertzienne qui nous occupe on se fera une idée assez exacte de l'action du primaire sur le secondaire.

On a obtenu un amortissement lent dans le circuit d'antenne en augmentant dans une grande proportion le nombre des spires de ce circuit; de plus, il est encore possible de régler ce nombre de spires à l'aide d'un simple commutateur qui en élimine 4, 8, 12, etc., selon les besoins. Dans ces conditions, et c'est ici une question essentielle, il n'existe aucune réaction du circuit secondaire sur le primaire, aucune manifestation de ce que nous appellerons volontiers *l'écho électrique*.

En raison du grand nombre des spires du secondaire (circuit d'antenne) l'antenne radiante peut être beaucoup plus petite (la moitié environ à longueur d'ondes égale) que dans les autres systèmes et l'on peut aisément réaliser une échelle très étendue de longueurs d'ondes par une manœuvre très simple. C'est ainsi que sur un navire de guerre on peut travailler indifféremment avec des ondes de 300 mètres ou avec des ondes de 2.000 mètres sans modifier la longueur de l'antenne. Il suffit d'agir sur un condensateur appartenant au circuit primaire; ce condensateur est pourvu de quelques plots permettant d'éliminer un certain nombre de ses éléments. Par conséquent ici la longueur d'onde propre de l'an-



tenne peut être très différente de celle de l'onde envoyée.

L'antenne fonctionne à une tension relativement basse (4.000 volts) à tel point que les pertes du circuit aérien peuvent presque être considérées comme négligeables et les isolements moins rigoureux que dans les systèmes ordinaires où la tension atteint 80.000 volts. Les appareils eux-mêmes bénéficient de cet abaissement de la tension; c'est ainsi que les condensateurs du circuit oscillant ne pèsent pas plus de 1 kilogramme pour des ondes de 1.000 mètres, tandis que les condensateurs habituels dans lesquels on emploie le verre comme diélectrique pèsent plusieurs centaines de kilogrammes.

Il apparaît donc qu'un énorme progrès vient d'être réalisé en télégraphie sans fil par le système Lepel, progrès représenté à la fois par une simplification des appareils en même temps que par l'application des phénomènes résultant des étincelles chantantes étouffées. Notre schéma (fig. 54) montre l'installation du poste d'émission.

La réception s'effectue d'une manière aussi simple qu'avec les appareils ordinaires; avec cet avantage essentiel de pouvoir placer dans le circuit de l'antenne autant de spires qu'on le désire du primaire du transformateur. Le circuit de l'antenne réceptrice comporte en outre un condensateur réglable intercalé entre le primaire et la terre.

Le circuit secondaire comprend un nombre de spires toujours réglable sur lequel est monté un condensateur à air également réglable. Un second circuit, celui du détecteur, est monté sur le secondaire; il comprend le détecteur et un condensateur aux

bônes duquel est relié le circuit du téléphone récepteur. Enfin un ticker de réception permet de recevoir l'étincelle atonique c'est-à-dire n'ayant aucun son

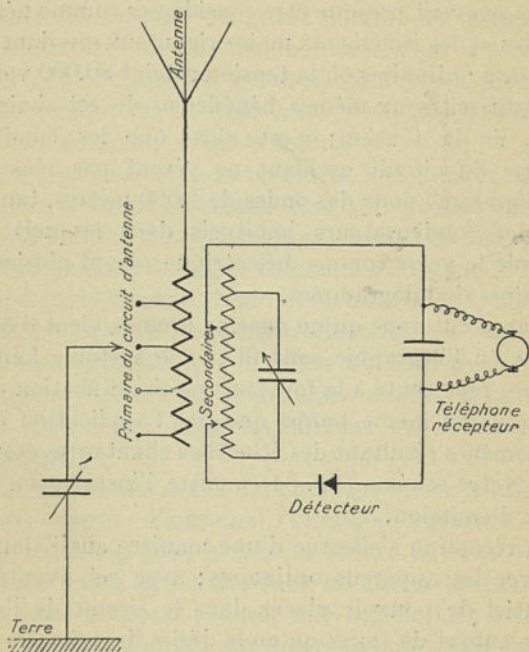


Fig. 56.

Récepteur du poste Lepel C. G. R. de la rue des Plantes.

musical par les simples charge et décharge d'un condensateur. Le détecteur appartient au type solide que nous avons désigné sous le nom de détecteur thermo-électrique.

Le système Lepel **CGR** est un système à intégra-

tion c'est-à-dire dans lequel les ondes très peu amorties agissent d'une façon continue sur l'antenne d'émission. La réception est combinée pour que l'antenne et le résonateur de réception vibrent d'une façon continue pendant la réception ; le détecteur intégrant subit utilement l'influence totale de l'émission ; aucune fraction d'onde n'est émise sans être utile. C'est ce qui explique que ce système à étincelles chantantes a de si grandes portées.

### *Solutions nouvelles.*

La T. S. F. est encore réalisable par d'autres moyens que ceux dont nous avons parlé jusqu'ici.

Pour bien fixer les idées rappelons qu'un poste de télégraphie sans fil comporte une source d'électricité (pile, accumulateurs, alternateurs) une bobine de self induction qui est utilisée comme correcteur des courants ordinaires, un manipulateur, une bobine transformatrice, un condensateur, un éclateur, enfin un second transformateur très simple de Tesla constitué par un gros serpentín représentant le circuit oscillant de l'antenne.

Les ondes transmises ainsi se manifestent dans le téléphone récepteur sous la forme de coups secs représentant les points et de coups semblables très rapprochés pour les traits, ces derniers donnant assez l'impression du bruit que l'on perçoit lorsque l'on déchire de la toile. L'oreille du télégraphiste s'y habitue, mais il ne distingue pas toujours facilement les chocs produits par les ondes provenant des décharges atmosphériques et, sous les latitudes équatoriales, ces dernières décharges sont si nombreuses,



si violentes, qu'elles parviennent à étouffer complètement le bruit des ondes utiles.

Avec les appareils ordinaires le nombre des décharges ne dépasse pas 10 à 15 par seconde; cette faible fréquence explique pourquoi on ne peut percevoir que des bruits

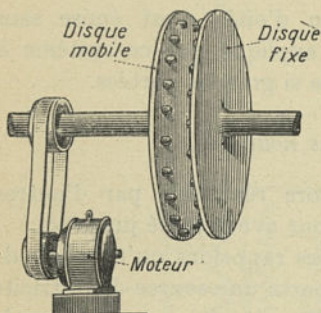


Fig. 57. — Eclateur tournant Marconi.

inharmonieux dans le téléphone. Mais qu'il devienne possible d'augmenter le nombre de décharges jusqu'à atteindre une fréquence égale à celle des vibrations musicales, on percevra alors un son bien caractérisé.

Marconi a utilisé dans ce but les éclateurs tournants. Les deux disques en présence portent des saillies; l'un d'eux est fixé et l'autre tourne sur son axe actionné par un petit moteur électrique. Pendant la rotation, les saillies arrivent à un moment donné les unes en face des autres et leur rapprochement provoque la production des étincelles. En agissant sur la vitesse de rotation du disque mobile et sur le nombre des saillies on parvient à réaliser le nombre des décharges voulues et à rendre perceptible un son musical dans le téléphone.

La puissante société allemande la *Telefunken*, emploie, pour obtenir le même résultat, des alternateurs produisant des courants dont le sens change de 800 à 2.000 fois par seconde. Ce procédé permet

encore de réaliser un son musical. Les étincelles éclatent, ainsi que nous l'avons dit précédemment, entre des séries d'anneaux et à leur périphérie. Le système est dit à *étincelles chantantes soufflées* ou *étouffées*.

En France on utilise actuellement des alternateurs dits à *résonance* provoquant directement à l'intérieur de la machine les phénomènes de résonance que nous avons expliqués dans un précédent chapitre. Ces alternateurs permettent la suppression des bobines de self-induction qui sont indispensables avec les alternateurs ordinaires; de plus l'énergie utilisée dans l'antenne est supérieure à celle que recevrait la même antenne des postes ordinaires.

Les alternateurs à résonance, inventés par M. Bethenod, ingénieur de la Société Française Radiotélégraphique, dispensent d'employer les éclateurs compliqués de la *Telefunken* et permettent de mettre en jeu sous des poids très faibles des puissances considérables. Les alternateurs donnant 4 chevaux utiles ne pèsent qu'une cinquantaine de kilogrammes.

Avec deux chevaux seulement, des signaux émis de la Tour Eiffel furent reçus à Bizerte.

Les sons musicaux produits sont très purs et on fait varier leur note en agissant simplement sur une manivelle. On manipule sur le courant d'excitation, ce qui permet, quelle que soit la puissance du poste, de ne couper que des courants très faibles.

Le nouveau matériel à émission musicale du Génie militaire français utilise des alternateurs et semble être supérieur comme rendement et comme robustesse aux autres systèmes actuellement en service.

Les quotidiens ont signalé récemment une invention de l'ingénieur Goldschmidt relative à la produc-

tion des ondes non amorties. Ce système serait semblable à celui de Fessenden qui utilise une machine électro-mécanique (alternateur à 100.000 périodes par seconde au moins). Des dispositifs particuliers caractérisent les brevets Goldschmidt, entre autres celui de placer la machine dans le vide. Pour se prononcer sur la valeur de ce procédé il est nécessaire d'attendre le résultat pratique des expériences.

---



## CHAPITRE XIII

### Les applications de la télégraphie sans fil.

#### *La Télégraphie sans fil, service public.*

La télégraphie sans fil est entrée dans le domaine des applications pratiques et le public est autorisé à s'en servir dans les mêmes conditions que de la télégraphie ordinaire.

En France elle a été assez longue à s'organiser, l'Administration ayant déclaré la T.S.F. monopole d'Etat. Les deux premiers postes établis furent ceux de Porquerolles et d'Ouessant; ils ne donnèrent satisfaction qu'après l'organisation d'un service spécial de T.S.F., en 1905, sous la direction de M. Petit ingénieur. En 1908 les stations des Saintes-Marie-de-la-Mer, près de Marseille, et du Fort-de-l'Eau, au milieu de la baie d'Alger, furent mises en service; l'andernier, un cinquième poste était établi à Boulogne-sur-mer, et, cette année, Bordeaux et le Havre seront également pourvus d'une station.

Ce progrès capital s'est accompli en 1910. Depuis le 15 mai 1910, en effet, le public est autorisé à correspondre par radiotélégramme avec les passagers de tous les navires battant pavillon de n'importe

lequel des États ayant adhéré à la Convention de Berlin. Pour ce qui concerne la France le service est assuré nuit et jour par les postes de l'Administration et les stations de la marine participent également au trafic commercial, mais pendant le jour seulement.

Voici la liste des stations françaises ouvertes au public :

NOMS DES POSTES	PORTÉE PENDANT		LONGUEUR d'ondes m.	OUVERTURE AU SERVICE PRIVÉ
	le jour km.	la nuit km.		
M. Marine.				
A. Administration.				
Ajaccio M.....	700	2.000	600	de 7 h. m. à 10 h. soir.
Bizerte M.....	700	2.000	600	9 h. m. à minuit.
Boulogne A.....	300	700	300	Permanent.
Brest M.....	700	2.000	600	de 7 h. m. à 10 h. soir.
Cherbourg M. ....	700	2.000	600	de 7 h. m. à 10 h. soir. Service des navires entre Dieppe et Newhawen
Dieppe.....	100	200	400	Permanent.
Dunkerque M.....	700	2.000	600	Permanent.
Fort de l'Eau A....	700	2.000	600	Permanent.
Lorient M.....	700	2.000	600	de 7 h. m. à 10 h. soir.
Ouessant A.....	700	2.000	600	Permanent.
Porquerolles A....	300	700	300	Permanent.
Rochefort M.....	700	2.000	600	de 7 h. m. à 10 h. soir.
Saintes-Marie-de-la-Mer A .....	700	2.000	600	Permanent.

Il existe en outre un certain nombre de stations côtières dépendant du ministère de la Marine, mais qui sont exclusivement réservées à la correspondance officielle. A cette catégorie appartiennent celles de Brest-Arsenal, Oran, Toulon-Ecole, Toulon-Mourillon, Bizerte, etc.

Les dépêches destinées aux navires peuvent être déposées dans un bureau télégraphique quelconque comme les correspondances ordinaires; mais elles sont soumises à deux taxes supplémentaires : *taxe côtière* et *taxe de bord*.

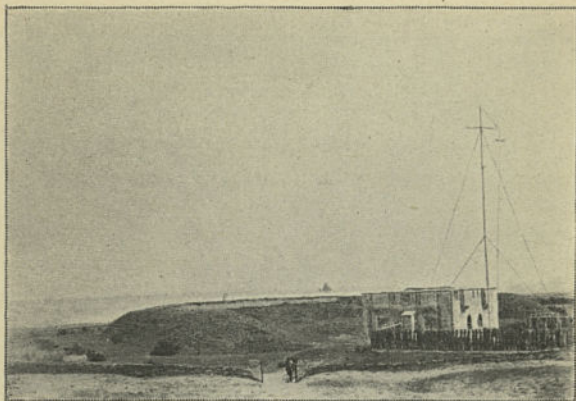


Fig. 58. — Poste de l'île d'Yeu.

Ainsi une dépêche destinée au paquebot *Russie* qui effectue le trajet de Marseille à Alger, coûte à l'expéditeur : 0 fr. 05 par mot comme toute dépêche ordinaire, 0 fr. 15 par mot de taxe côtière et 0 fr. 10 par mot de taxe de bord. Au total 0 fr. 30 par mot.

La taxe côtière et celle du bord varient de 0 fr. 10 à 0 fr. 60 par mot selon la nationalité du navire, celle de la station sur laquelle on doit diriger le radio-télégramme et d'après le système de T. S. F. en usage sur chacun des paquebots. Les guichets télégraphiques possèdent les instructions nécessaires à



l'application de ces taxes, mais non celles relatives aux mouvements des navires. L'expéditeur doit se renseigner près de la compagnie de transport avant de déposer sa dépêche qui portera obligatoirement, en plus du nom de la station côtière de



Fig. 59. — Poste des Sables-d'Olonne.

T. S. F., celui du bateau ainsi que sa nationalité.

Pour ce qui concerne la traversée de l'Atlantique les navires sont placés dans une situation toute spéciale que nous allons préciser.

Les stations françaises de la marine ou de l'administration française des télégraphes, pas plus que les stations côtières anglaises rachetées l'an dernier à la compagnie Marconi, ne peuvent transmettre de dépêches aux paquebots en route pour l'Amérique que lorsque ces paquebots sont encore situés à une distance des côtes telle que les ondes de ces stations

puissent les atteindre. L'expéditeur est donc tenu de bien connaître l'emplacement du paquebot, car, à partir de 700 kilomètres, la dépêche peut ne plus être remise. Elle ne le serait exceptionnellement que si un autre paquebot, suivant la même route que le

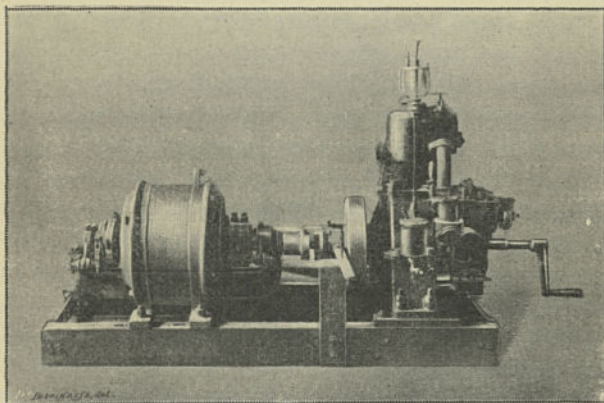


Fig. 60. — Groupe électrogène de navires de commerce.

premier, l'acceptait pour essayer de la transmettre à celui-ci pendant la traversée.

Par contre les stations de Poldhu en Angleterre et de Cap Cod aux Etats-Unis se chargent de cette remise pendant toute la durée du voyage. La dépêche est acheminée par les fils terrestres jusqu'à Poldhu, si le navire n'a pas encore effectué la moitié de la traversée; si le paquebot est plus rapproché de New-York que de l'Europe la dépêche est acheminée sur la station de Cap-Cod par les câbles sous-marins.

La taxe est de 3 fr. 80 par mot quelle que soit la station transmettrice.

Pendant le retour du paquebot (voyage de New-York au Havre par exemple) les dépêches sont transmises dans les mêmes conditions par la station la plus rapprochée du navire. Quant au passager, il ne peut donner de ses nouvelles que pendant une partie du voyage, parce que les appareils des stations de bord ne sont pas assez puissants; ils peuvent recevoir et non transmettre. Lorsque le navire approche de la côte, il appelle une station, anglaise ou française, et, dès que le télégraphiste a pu entrer en relation avec elle, il lui transmet les dépêches des passagers.

Tous les appareils de télégraphie sans fil, à quelque système qu'ils appartiennent, sont capables de recevoir les signaux de Poldhu et de Cap Cod; mais la compagnie Marconi, qui est une société financière, a refusé jusqu'ici le service avec les paquebots n'ayant pas traité avec elle. Un conflit s'est élevé à ce sujet entre elle et presque tous les Etats, sauf l'Italie et les Etats-Unis, conflit qui fut porté à la conférence de Berlin en 1906. Marconi est resté sur ses positions. Cependant, depuis cette époque, des conventions privées ont été conclues ou sont à la veille de se conclure avec les intéressés.

Il nous semble utile d'ajouter, pour mettre les choses au point, que la question du monopole de la télégraphie sans fil en faveur de Marconi a été présentée d'une manière incomplète. Il a toujours été loisible à un Etat quelconque, aussi bien qu'à une compagnie privée, d'édifier sur chacune des rives de l'Océan une station semblable à celles de Poldhu ou de Cap-Cod; personne n'a voulu le faire parce que le prix de leur



établissement est très élevé : plus d'un million par poste. Marconi s'est adressé aux compagnies de navigation et leur a tenu le langage suivant : « Moyennant une subvention de votre part, j'installerai à bord de vos paquebots un poste de T.S.F. permettant à vos passagers de recevoir des télégrammes à tout instant; vous recevrez une part des recettes. » Plusieurs compagnies ont accepté cette convention. C'est ainsi que la plupart des paquebots français naviguent sous ce régime. Naturellement, les navires des compagnies qui ont refusé de traiter avec Marconi ne jouissent pas de ces avantages.

Marconi ne devait pas en rester au simple service des navires en mer. Soutenu par des moyens financiers puissants et techniquement aidé par Solari et le professeur Fleming, il a élevé en Irlande et sur la côte Est de la nouvelle Ecosse les deux puissantes stations de Clifden et de Glace-Bay qui communiquent entre elles et effectuent un service commercial avec presque autant de régularité que si elles étaient réunies par un câble sous-marin. Les ondes de ces stations ont une portée de 4.000 kilomètres pendant le jour et l'énergie électrique mise en jeu est de 250 chevaux.

En Allemagne s'est constituée, sous la protection impériale, la société « Telefunken » qui possède deux stations à longue portée (2.000 kilomètres) celles de Nauen près de Berlin et de Norddeich à l'embouchure de l'Elbe. Les ingénieurs de cette société : Braun, Slaby, Arco, se sont révélés des techniciens de très grande valeur; ils ont établi plus de cinq cents postes tant sur les côtes que sur les navires.

De Forest et Fessenden, ingénieurs américains, ont également constitué chacun une société qui a

disséminé des stations sur les deux rivages des Etats-Unis. La société Fessenden possède même une station puissante en Ecosse.

Les ondes électriques venaient à peine de naître que l'Etat français assimilait la télégraphie sans fil

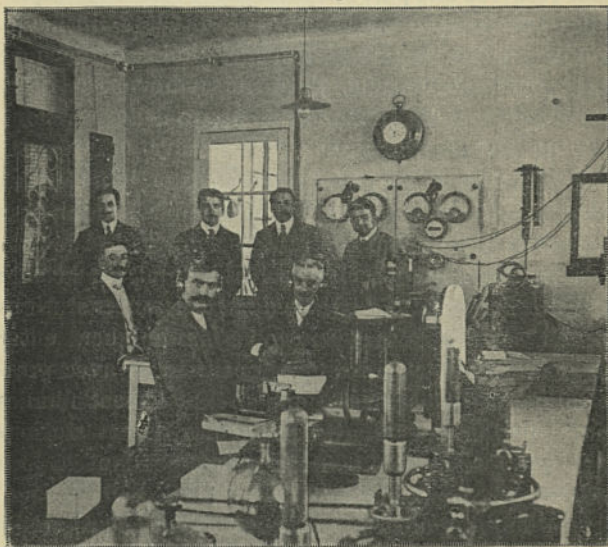


Fig. 61. — Intérieur des Saintes-Marie-de-la-Mer.

à la télégraphie ordinaire et tuait ainsi l'initiative privée. A cette époque le sous-secrétaire d'Etat placé à la tête de l'administration, bien décidé à ne rien faire, fut encore assez mal inspiré pour s'opposer à tout développement émanant des ingénieurs français, en empêchant les sociétés qui s'étaient fondée

d'établir des stations d'expériences. Nous devons regretter que les services publics soient parfois abandonnés à des compétences de second ou de troisième ordre; l'idée fixe du monopole a causé un tort immense à la télégraphie sans fil et quand, enfin, un

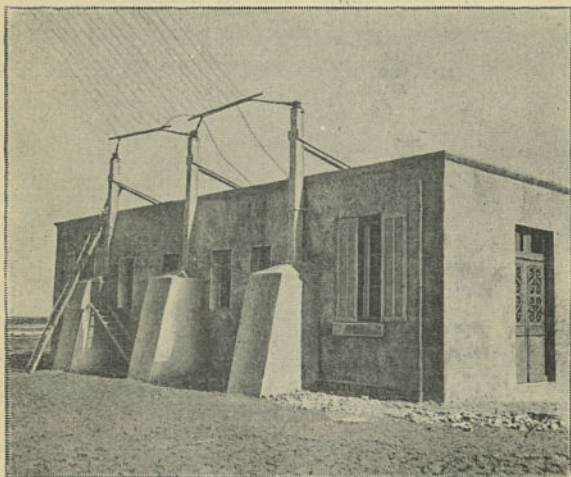


Fig. 62.

Station télégraphique des Saintes-Marie-de-la-Mer.

service spécial fut créé, nous étions en retard de cinq ans sur toutes les nations voisines. Grâce à l'activité de M. Petit, et malgré les faibles ressources mises à sa disposition, nous avons vu que nos côtes commencent à se garnir de stations et peu à peu, nous nous efforçons de rattraper le temps perdu.

Pendant quelques constructeurs, Ducrétet et Roger les premiers, Rochefort ensuite, s'attachaient



à l'étude des appareils et en vendaient même quelques-uns ; mais leurs travaux étaient étouffés dans l'œuf par l'impossibilité où ils se trouvaient d'effectuer des expériences sérieuses puisqu'il leur était interdit d'élever des stations.

*La télégraphie sans fil militaire.*

Quelques officiers français appartenant au génie et à la marine, sans attendre que l'ordre leur vint de leurs ministères respectifs, se mirent, par goût, à l'étude des ondes hertziennes et de leurs applications, dès que furent connues les premières expériences de Marconi. Déjà en 1900 le capitaine du génie Ferrié posait le principe du détecteur électrolytique. Lors de la catastrophe de la Martinique, en 1903, la télégraphie sans fil militaire, bien que disposant de ressources plus que modestes, était à même d'établir une communication entre la Guadeloupe et la Martinique pour suppléer au câble sous-marin rompu pendant le seisme.

Ce fut ensuite la tour Eiffel qui attira l'attention du capitaine Ferrié et du lieutenant Brenot. Nous avons raconté l'histoire de ce poste, nous n'y reviendrons pas. Ajoutons seulement que, dès 1905, divers points de la frontière de l'Est étaient reliés avec cette première station qui, à cette époque, disposait seulement d'une puissance de un demi-cheval. Puis vint l'affaire d'Algésiras. Cette fois le monde politique s'émut. En cinq jours Belfort fut pourvu d'une station communiquant régulièrement avec la tour Eiffel. Mais les bureaux restaient sourds à l'appel des techniciens. Notre budget ne pouvait supporter, une dépense de quelques milliers de francs nécessaires à la sécu-

rité nationale ! En France les hommes de génie sont nombreux ; si nous encourageons leurs initiatives, nous serions toujours au premier rang du progrès ; mais les bureaux s'opposent à toute entreprise nouvelle.

Il fallut l'initiative de quelques officiers aidés par

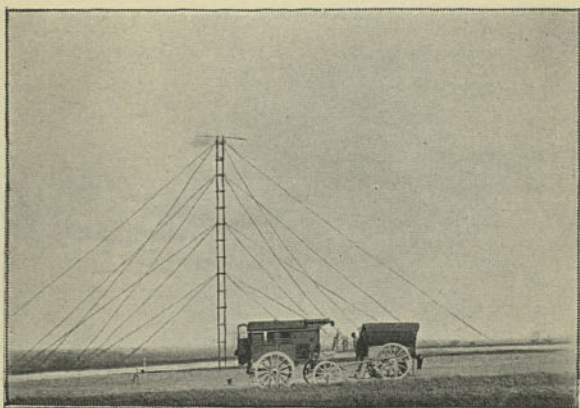


Fig. 63.

Poste de T. S. F. par voitures attelées et échelle porte-antenne.

M. Eiffel pour que le premier poste fixe de T. S. F. fût installé à la tour de 300 mètres ; les expériences avaient été faites avec un ballon comme support d'antenne. Il fallut aussi l'ordre formel du général Brugère pour faire admettre en haut lieu l'idée d'une communication à longue portée au centre de Paris.

En 1906, Toul, Verdun, Epinal recevaient une station radiotélégraphique.

En même temps l'étude des postes militaires était poussée activement. On a vite reconnu, en effet,

combien il serait utile aux armées en marche d'être pourvues de stations mobiles qui les suivraient dans leurs déplacements et entreraient en fonctions quelques instants après l'arrivée des voitures à leur destination. C'est alors que l'on a constitué les postes



Fig. 64.

L'automobile poste de T. S. F. L'arrivée sur le lieu désigné.

attelés ou automobiles dont la portée varie de 100 à 700 kilomètres. — En 1908, au moment des troubles du Midi, le capitaine Ferrié et le lieutenant Brenot communiquèrent entre la tour Eiffel et Montpellier dans les deux sens avec un de ces postes volants.

Les organes de la station complète : groupe électrogène producteur du courant électrique, appareils de transmission et de réception, antennes et mâts porte-antennes sont rassemblés sur des voitures spécialement construites pour les recevoir. L'armée



allemande utilise également des stations portatives dont nous avons parlé, avantageuses dans les pays de montagnes où les voies carrossables sont peu nombreuses, parce que les mulets gravissent aisément les sentiers les plus escarpés, montent le matériel aux

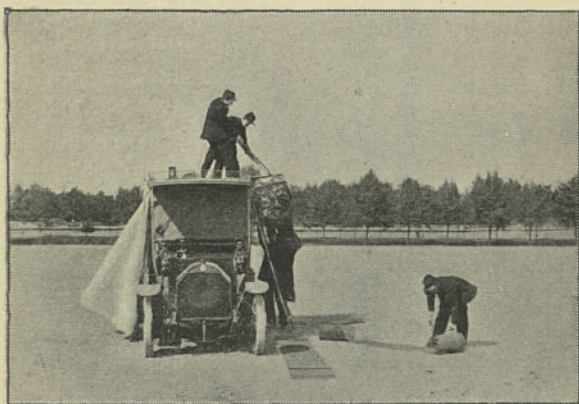


Fig. 65.

L'automobile poste de T. S. F. Les premiers préparatifs.

endroits les plus élevés inaccessibles aux voitures. Mais la mobilité de ces stations paraît insuffisante.

Nos officiers ont étudié un type spécial de voitures automobiles qui paraît vouloir donner toutes satisfactions au point de vue de la rapidité du transport. Elles sont capables de passer dans tous les chemins suivis par les voitures régimentaires et, autre avantage essentiel, le poste radiotélégraphique qu'elles transportent peut être installé en fort peu de temps. Enfin la station est peu visible de loin afin de n'être

pas trop exposée au feu de l'ennemi et elle n'immobilise qu'un personnel très restreint.

L'armée française possède actuellement cinq de ces stations pourvues l'une d'un moteur et châssis Berliet de 20 chevaux, les quatre autres, d'un moteur

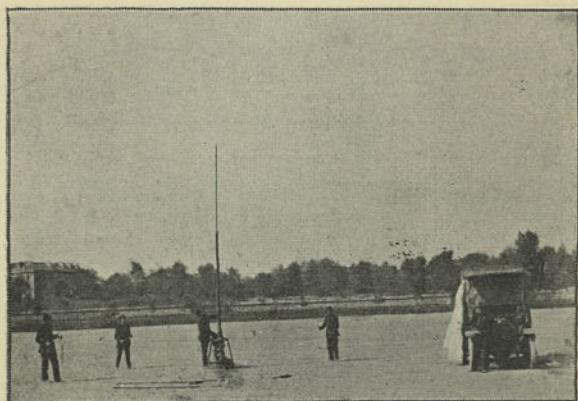


Fig. 66.

On commence à élever le mât.

et châssis Delahaye de 16 à 20 chevaux. Le poids total, appareils compris, est de 2.800 kilogrammes pour la plupart. — Le moteur est employé à deux fins: il actionne d'abord la voiture, puis, lorsque celle-ci est arrivée à destination, on l'accouple à un alternateur produisant le courant électrique nécessaire. Une faible partie de l'énergie du moteur est alors employée : de 1 à 3 chevaux suivant les cas. Chaque voiture est desservie par les sapeurs télégraphistes et un chef de poste.

L'antenne la plus généralement employée se com-

pose de six fils soutenus par un mât tubulaire en acier établi par le génie militaire, ou par un mât télescopique Casanova. —

Ce dernier, imaginé dans le but d'activer la mise en place de l'antenne, est fait de tubes d'acier rentrant les uns dans les autres et dressés au-dessus d'un treuil. Le treuil étant posé sur le sol, les fils de l'antenne sont attachés à l'extrémité du plus petit des tubes logé ainsi que les autres, dont le diamètre est de plus en plus grand, dans le tube-enveloppe constituant la base du mât. Il suffit alors, après avoir fixé ce dernier sur le treuil, d'actionner la manivelle pour dresser le

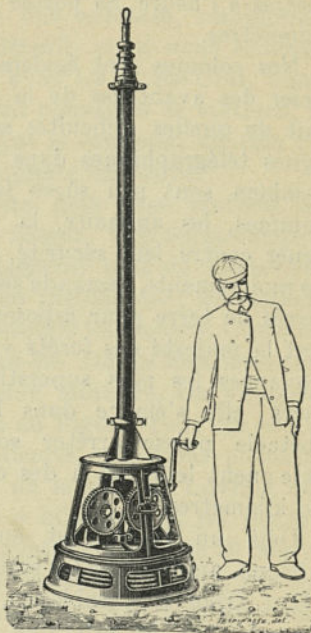


Fig. 67.  
Mât télescopique Casanova.

mât et porter l'antenne à une vingtaine de mètres de hauteur en quelques minutes. Pendant les déplacements de la station, les fils et le mât sont fixés sur le toit de la voiture; les appareils occupent l'intérieur. Chacun de nos corps d'armée va être pourvu incessamment d'une station radiotélégraphique automobile semblable aux cinq premières.



Le poste automobile se met en station en un quart d'heure et sa vitesse de déplacement est de 30 kilomètres à l'heure. Sa portée est normalement de 150 kilomètres.

Nos colonies sont également à la veille de bénéficier des avantages de la télégraphie sans fil. On sait de quelles difficultés est entourée la pose des lignes télégraphiques dans les régions tropicales et combien sont peu sûres les communications. Les hommes, les animaux, la végétation, semblent se liguer contre leur sécurité. La « sans fil » libre de ses mouvements, demande seulement quelques mètres carrés de terre pour reposer sa tête. De là, respectant la majesté des forêts vierges aussi bien que les croyances les plus superstitieuses des peuples barbares elle s'élançait dans l'espace sans qu'aucun obstacle puisse arrêter son essor. Les dépêches atteignent leur but à des centaines ou des milliers de kilomètres.

Déjà un réseau est en voie d'organisation en Afrique, amorcé par les stations de Bizerte, Fort-de-l'Eau, Oran et Casablanca. Le commandant Ferrié, secondé par le capitaine Brenot et le capitaine Fracques, s'occupe actuellement de l'établissement du poste de Tombouctou qui communiquera avec les précédents et avec ceux de Port-Etienne, dans la baie du Levrier, de Dakar (installés déjà par le capitaine Vivet et le lieutenant Garnade). Konakry, Monrovia, Tabou, Grand-Bassam, Cotonou. Brazzaville et Léopoldville seront ensuite reliés au réseau nord-africain par des stations intermédiaires d'une puissance de 1.000 à 1.500 kilomètres. On étudie également le projet de réunir les stations de Madagas-

car à ce réseau, ainsi que l'établissement de nouvelles stations p us puissantes en Indo-Chine.

Tous ces projets, une fois exécutés, rétabliront quelque peu l'équilibre détruit, et, si nous sommes loin de pouvoir rivaliser avec les Etats-Unis, dont les côtes sont littéralement couvertes de stations, il n'en est pas moins vrai que le continent africain va devenir un peu notre propriété exclusive.

En Indo-Chine il existe déjà trois stations de 300 kilomètres : celles de Saïgon, Cap Saint-Jacques et Poulo-Condor. A Madagascar celle de Analavava est de même portée que les précédentes ; les stations de Mayotte et Majunga ont 600 kilomètres. Une quatrième est à l'étude à Nossi-Bé. Toutes sont installées avec des appareils du génie militaire. On va également réunir Tombouctou au Figuig. Tous ces postes sont établis dans les meilleures conditions possibles actuellement. Ainsi celui de la baie du Lévrier, qui dispose d'une énergie de 4 kilowatts et est pourvu d'une antenne portée par quatre pylônes de 70 mètres de hauteur, a pu se faire recevoir à Bizerte, soit sur une distance de 3.500 kilomètres. Les bateaux l'entendent jusque dans le golfe de Gascogne.

#### *La télégraphie sans fil et la navigation.*

La télégraphie sans fil est appelée à jouer un rôle humanitaire considérable.

Par elle, les voyageurs cessent d'être perdus sur les mers et les océans, isolés du reste du monde pendant de longues semaines. Nous avons vu que les paquebots transatlantiques reçoivent à chaque instant des nouvelles qui leur sont transmises par Poldhu

ou par Cap-Cod. On imprime même un journal de bord qui est distribué aux passagers. Ce serait peu de chose s'il ne devenait possible à un navire en perdition de demander du secours soit à la côte la plus rapprochée soit aux autres navires se trouvant dans

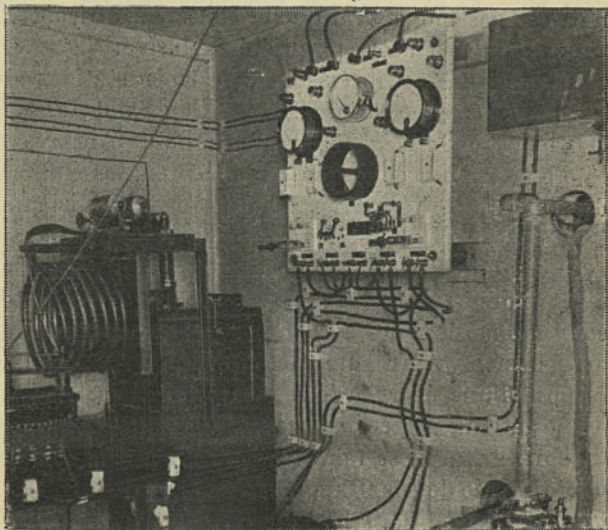


Fig. 68. — Intérieur du poste C. G. R.  
du navire de commerce *Parana*.

les mêmes parages. Dès que le télégraphiste lance au-dessus des vagues, au milieu de la tempête, les signaux de détresse, tous ceux qui les reçoivent volent au secours du navire et si sa perte ne peut toujours être évitée, du moins le sauvetage des passagers est-il presque certain si les secours ne sont pas trop éloignés.



Qui ne se souvient de l'abordage du paquebot *Republic*, le 23 janvier 1909? 750 personnes étaient perdues sans la télégraphie sans fil et surtout sans la présence d'esprit du télégraphiste qui, après avoir réparé ses appareils endommagés par le choc, lança

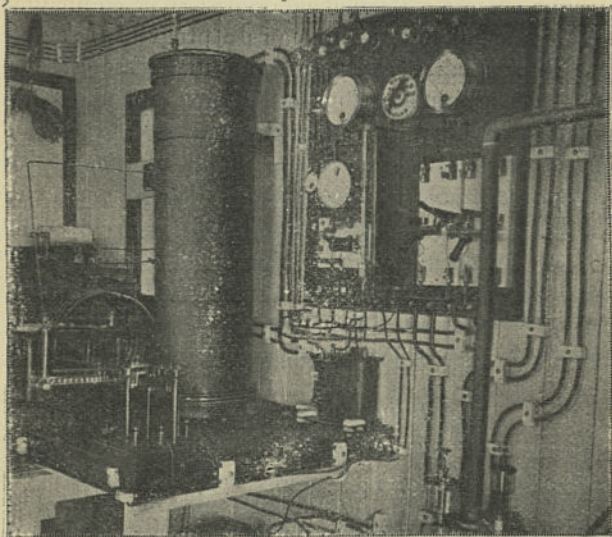


Fig. 6). — Poste de T. S. F. du navire *Pampa*.

sans interruption les signaux de détresse réglementaires. La *Lorraine* et le *Baltic* les perçurent, accoururent sur le lieu de la catastrophe et sauvèrent l'équipage et les passagers.

Le *Kentucky*, également en perdition le 4 février 1910, pendant un voyage de New-York aux ports du

Pacifique, ne dut le salut de son équipage qu'à la télégraphie sans fil.

Quelques jours plus tard, le 9 février, le *Général Chanzy* se perdait corps et biens pendant la traversée de Marseille à Alger, près des îles Baléares. Ce paquebot, n'était pas pourvu d'appareils de T.S.F. La catastrophe eût été certainement évitée si la compagnie s'était mieux tenue au niveau du progrès. Il semble que l'insouciance commande en maîtresse absolue dans nos administrations aussi bien que dans nos organisations privées. Malgré les exemples du *Républic* et du *Kentucky*, certaine de nos compagnies de navigation se refuse encore à installer des postes de T.S.F. à bord de ses paquebots. Une loi vient d'être votée aux Etats-Unis pour obliger tous les navires à comprendre le radiotélégraphie parmi les services du bord ; nous désirons vivement que cette initiative soit suivie par le Parlement français.

*La transmission de l'heure  
par les ondes électriques.*

Une application intéressante de la télégraphie sans fil a été réalisée l'an dernier : la transmission de l'heure à distance. Elle relève encore du domaine maritime

Dès 1903, M. Augustin Normand proposait l'installation de postes émetteurs d'ondes dans tous les ports importants. M. Bigourdan astronome de l'Observatoire de Paris, exécuta à ce sujet quelques expériences à l'aide d'appareils construits par MM. Ducrétet et Roger. Une station d'essai fut même établie au parc Montsouris ; elle recevait les batte-

ments du pendule à secondes de l'Observatoire.

La tour Eiffel était toute désignée pour effectuer la distribution universelle de l'heure. Aussi MM. Becquerel, Bouquet de la Grye, l'amiral Gaschard, songèrent de suite à elle lorsque le principe de l'organisation d'un tel service fut posé. Le 30 novembre 1908, le ministre de la marine, con vaincu des avantages que la navigation tirerait de ce nouveau service, avisait l'Académie des Sciences que la station radiotélégraphique du Champ de Mars était autorisée à recevoir les appareils servant à l'envoi des signaux horaires.

Le principe étant admis, le commandant Ferrié fut chargé de l'étude du projet pendant que M. Leroy, horloger, s'occupait de l'installation du pendule à l'Observatoire. Le 23 mai 1910, tout était terminé et depuis cette date, le poste de la tour Eiffel donne l'heure à la moitié du monde. A minuit et à midi une onde porte à tous les navires l'heure exacte du méridien de Paris; pour ceux qui n'auraient pu l'enregistrer, le signal est répété à minuit deux minutes et à minuit quatre minutes exactement. L'envoi de chacun de ces signaux est précédé d'un groupe d'autres signaux avertisseurs, combinés de telle sorte qu'il n'est pas possible de confondre le signal de minuit avec celui de minuit deux et celui de minuit quatre.

Grâce à cette imperceptible vibration de l'éther, les navires en mer peuvent déterminer exactement leur longitude, opération effectuée, auparavant, toujours à peu près, car elle était subordonnée à la régularité de marche des chronomètres. Le navire emporte l'heure exacte, mais après quelques jours



de navigation les variations des chronomètres sont telles que les indications de ces instruments ne jouissent plus que d'une précision relative.

Les pendules installées dans ce but à l'Observatoire de Paris sont des instruments de haute précision; elles varient seulement de 1/10 de seconde par semaine environ, grâce à un système de correction magnétique très précis, dans les détails duquel nous ne pouvons entrer sans nous éloigner de notre sujet.

A son tour, des appareils spéciaux provoquent l'envoi de signaux avertisseurs, puis des signaux horaires que tous les récepteurs de télégraphie sans fil placés dans un rayon de 6.000 kilomètres peuvent recevoir s'ils le désirent.

Il n'est pas indispensable de posséder à bord une station de télégraphie sans fil pour bénéficier de cette organisation. Plusieurs constructeurs ont établi dans ce but des récepteurs spéciaux fort simples et peu coûteux. Mais ils ne peuvent pas servir à transmettre des dépêches. Ils comportent en général un détecteur à contacts solides, deux éléments de pile et un écouteur téléphonique. Pour les installations à bord, on fixe l'antenne à un mât, la terre étant représentée par la coque métallique du navire. A terre, on élève une longue perche ou, s'il est possible, on se sert d'un édifice comme support d'antenne.

#### *La détermination des longitudes.*

Les études relatives à la transmission de l'heure se sont poursuivies en même temps que d'autres se rapportant à un but différent : la détermination des longitudes.

Le fil télégraphique a été largement mis à contribution pour ces relevés qui exigent une très grande précision. Mais on ne trouve pas des conducteurs partout; quant à installer une ligne spéciale, il n'y faut pas songer.

Par contre, la télégraphie sans fil s'adapte merveilleusement à ces sortes de travaux. L'inconvénient que l'on est obligé de lui reconnaître relativement au secret de la correspondance par suite de la dispersion des ondes dans tous les sens devient, ici, une précieuse qualité, puisqu'il est possible d'actionner autant de postes qu'on le désire. C'est pourquoi le Bureau des longitudes, en particulier son président, M. Poincaré, a cherché à réaliser cette application de la télégraphie sans fil, application qui nécessite, il est utile de le souligner, une précision rigoureuse.

La transmission de l'heure en effet, peut être entachée d'une erreur d'une demi-seconde ou même d'une seconde sans trop d'inconvénients, puisqu'une différence de quelques centaines de mètres dans la longitude lorsque le navire fait son point, est insignifiante. Il serait seulement utile de donner l'heure absolument exacte à un navire qui voudrait entrer dans un port par un brouillard intense rendant invisibles les feux de la côte. Dans ce cas, le navire se contente de stopper en attendant qu'il lui soit possible de reconnaître sa route.

Par contre en géodésie, toute erreur apportée dans la détermination d'un lieu géographique a une importance capitale, car celle de la plupart des lieux voisins en dépend. Qu'en plein centre africain, dans les pays encore inexplorés, une erreur commise



soit rectifiée par une mission étrangère, en voilà assez pour faire naître un conflit que la diplomatie devra apaiser.

Les premières expériences effectuées en vue de l'emploi de la télégraphie sans fil en géodésie eurent lieu entre Paris et Brest sous la direction de M. Guyon; elles furent tout à fait concluantes. Le Bureau des longitudes chargea alors le commandant Ferrié de lui établir un système d'émission d'ondes suffisamment précis pour se plier aux rigueurs de cette science.

Le pendule employé ici est à entretien électromagnétique établi d'après les données de M. Lipmann, auquel on a appliqué un dispositif spécial représenté par une légère lame métallique fixée à la partie supérieure du pendule, participant ainsi à ses mouvements. A la même hauteur, de chaque côté du pendule, sont disposés deux légers ressorts en argent reliés à un circuit de fils et rapprochés l'un de l'autre d'une quantité telle que la lame métallique les touche très légèrement lorsque le pendule occupe la position verticale. Ce double contact établit une communication entre eux et le circuit de pile effectuant l'envoi d'un courant de très courte durée dans un relais; celui-ci provoque à son tour l'éclatement d'une étincelle entre les deux électrodes de l'appareil transmetteur; cette étincelle produit, au moment voulu, l'envoi d'un signal *aussi bref que possible*. C'est là une des conditions les plus indispensables à réaliser.

Le pendule, installé dans un poste quelconque de télégraphie sans fil rapproché autant que possible des lieux dont on veut déterminer la longitude si les appareils ne peuvent fournir que des ondes de



faible longueur, ne bat pas la seconde. Il est réglé de manière à être en avance ou en retard d'une fraction de seconde  $b$  en déterminée, un centième par exemple.

Supposons maintenant que nous ayons à déterminer la longitude de deux villes A et B, éloignées l'une de l'autre d'une distance quelconque, notre poste de télégraphie sans fil pourvu de son pendule, étant capable de les atteindre par ses ondes. Dans chacune des villes on installe un récepteur téléphonique de T. S. F. et un chronomètre pourvu d'un microphone. On comprend d'ores et déjà que les battements du pendule seront perçus distinctement dans le récepteur téléphonique puisque en somme, les battements constituent une simple transmission d'un point du système Morse. En même temps le chronomètre à plaque vibrante est disposé de telle sorte que ses battements soient encore perçus dans le récepteur. Une oreille attentive entendra donc à la fois le tic-tac du pendule et celui du chronomètre, mais à des instants différents puisque le second bat exactement la seconde, tandis que le premier bat la seconde plus ou moins un centième de seconde. Mais on observera, à des intervalles de temps égaux, une coïncidence entre les battements.

Les opérateurs de chaque poste écoutent aux récepteurs et notent après combien de signaux la coïncidence est établie. Il suffit pour déterminer la longitude des lieux de connaître la différence de temps qui existe entre deux coïncidences successives : l'une dans le poste A l'autre dans le poste B puisque une heure correspond à un arc de 15 degrés.

Pour obtenir la précision nécessaire, il est indispensable que les chronomètres donnent l'heure exacte

du lieu; aussi chacun des postes doit-il être muni des appareils astronomiques nécessaires : lunette méridienne ou astrolabe.

Les études relatives à la réalisation de cette méthode ont été faites par MM. Driencourt, ingénieur, Claude, astronome de l'observatoire de Montsouris et le commandant Ferrié. Un certain nombre d'expériences eurent lieu dans cet observatoire et dans celui de Paris qui recevaient l'un et l'autre les battements du pendule installé à la tour Eiffel; elles ont permis de reconnaître que la méthode n'est pas sujette à une erreur de plus d'un centième de seconde de temps.

Les postes de Brest, Bizerte, Alger, etc., ont reçu ou vont recevoir très prochainement les installations électriques nécessaires à la détermination des longitudes par ce procédé.

#### *Les radio-télégrammes météorologiques.*

Avant l'apparition de la télégraphie sans fil, la prévision du temps présentait une lacune importante. L'immense surface de l'Océan Atlantique Nord, sur laquelle naissent la plupart des perturbations atmosphériques qui influencent l'Europe, étant dépourvue d'observateurs, les dépressions ne pouvaient être signalées qu'au moment où elles étaient à nos portes.

On avait essayé de combler cette lacune en se faisant adresser des télégrammes météorologiques des points les plus avancés de la côte américaine; mais leurs indications demeuraient sans effet, les dépressions signalées n'atteignant pour ainsi dire jamais les côtes européennes. Le gouvernement anglais eut l'idée



d'ancrer à de grandes distance des côtes des navires observatoires reliés au continent par des câbles télégraphiques sous-marins; mais il s'aperçut bientôt que les services rendus ne répondaient pas suffisamment aux sommes engagées.

Dès les débuts de la télégraphie sans fil, on eut l'impression que cette lacune pourrait être facilement comblée.

En 1904, raconte le *Cosmos*, le journal anglais *Daily Telegraph* mettait l'idée à exécution en établissant pour la première fois un service régulier de télégrammes météorologiques adressés à ses bureaux par quelques-uns des paquebots des principales compagnies de navigation. Chaque navire faisant route vers l'Amérique envoyait journallement à la rédaction du *Daily Telegraph* les indications relatives à la position du navire, à la pression barométrique, à la température, à la direction et à la force du vent, à l'état du ciel, à l'état de la mer. Ces données, rapprochées des observations faites dans les stations météorologiques irlandaises permettaient d'étudier l'allure de la pression atmosphérique jusqu'à une certaine distance sur l'Océan. L'initiative prise par le journal londonien suscita l'enthousiasme en Angleterre où les conditions climatoriales sont étroitement liées à celles du bassin Atlantique.

La question fut portée à la conférence internationale de météorologie d'Insruck en 1905. On entreprit ensuite dans les stations météorologiques anglaises et américaines des essais de transmission des dépêches du temps par les navires de guerre. L'amirauté anglaise enjoignit à ses navires de transmettre des radiotélégrammes aux stations des îles



Scilly et de Rock's Point qui devaient les retransmettre ensuite par les moyens ordinaires au *Meteorological Office* de Londres.

Le gouvernement allemand, intéressé par ces tentatives, chargea le Dr P. Polis, directeur de l'obser-

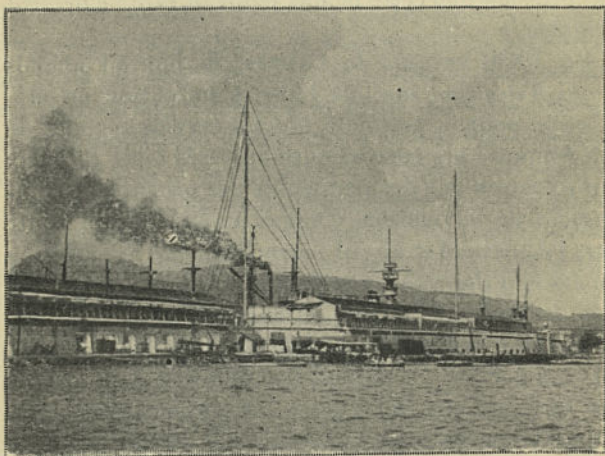


Fig. 70. — Station côtière des pilotes (Toulon).

vatoire météorologique d'Aix-la-Chapelle, d'effectuer à son tour des essais et de voir s'il était utile d'instituer un service analogue pour le *Deutsche Seewarte* de Hambourg.

Pendant une traversée de l'Atlantique le Dr Polis put constater personnellement la possibilité de transmettre des avis météorologiques non seulement de navire à navire, mais encore avec les principaux bureaux centraux d'Europe et d'Amérique, en les

faisant passer surtout par les stations de Clifden et de Cap-Cod. Chaque navire passant à portée des ondes du *Kaiserin-Augusta-Victoria* était requis de communiquer les observations météorologiques faites dans les vingt-quatre heures. Elles contenaient la position du navire, l'heure, la hauteur barométrique, la température de l'air et de la mer, la direction et la force du vent. En général les télégrammes échangés étaient au nombre de cinq par jour. En même temps, par la station de Clifden et jusqu'à environ 3.000 kilomètres des côtes anglaises, le paquebot allemand recevait communication des dépêches des stations météorologiques continentales anglaises et françaises rassemblées par l'observatoire d'Aix-la-Chapelle. Ces télégrammes chiffrés arrivèrent toujours à destination en peu de temps.

Par exemple, à 1.640 milles des îles Scilly, le Dr Polis reçut le télégramme suivant :

62613 263 63126 64526 70928 68930 69532 qui, traduit en langage, clair signifiait :

« Aix-la-Chapelle : baromètre 762,6 mm., thermomètre 13°; vent : direction W.-N.-W., force 3. Stornoway : 763, 1 mm.; vent W.-N.-W. Malin Head : 764,5. W.-N.-W. Valentia : 770,9. N.-W. Scilly : 768,9. N.-N.-W. Saint-Mathieu : 769,5-N. —

A la suite d'accords préliminaires avec le *Weather Bureau* de Washington, le paquebot reçut aussi des avis météorologiques, par l'intermédiaire de Cap-Cod, pendant la fin du voyage d'aller et les premiers jours du retour.

Avec les éléments reçus, le Dr Polis put chaque jour établir une carte météorologique et y inscrire la position et la route suivie par quelques aires princi-

pales de hautes et basses pressions. Lui-même communiquait chaque jour ses propres observations à Aix-la-Chapelle, où elles arrivaient dans un délai minimum de 2 h. 45 minutes.

Au retour, un rapport fut présenté à la Commission nommée par le gouvernement allemand; il concluait à la possibilité d'un service régulier sur les navires en mer.

Le service des radiotélégrammes météorologiques fonctionne actuellement sur une large échelle dans l'Atlantique Nord; il a reçu une organisation stable par l'entente commune des gouvernements anglais américain et allemand.

Neuf compagnies de navigation prennent part à ce service : les dépêches sont toutes rédigées suivant un code chiffré dont les observations comprennent : la hauteur barométrique à une heure déterminée, la direction et la force du vent à la même heure, l'état général du temps, la lecture du baromètre, la direction et la forme du vent trois heures avant les observations précédentes. Le télégramme contient en outre le nom du navire et sa position au moment où s'effectuent les observations. Les observations ont lieu à des heures régulières : 7 heures du matin et 6 heures du soir, de plus, à 4 heures du matin et à 3 heures du soir ont lieu des observations de contrôle.

Lorsque l'un de ces navires équipé avec les appareils de la Compagnie Marconi correspond avec une station côtière équipée avec les mêmes appareils, la dépêche est acheminée directement au bureau central de Londres. Si le navire n'est plus à portée des stations côtières anglaises ou américaines, il transmet sa dépêche à un navire plus rapproché.



La manière de fixer la position du navire en longitude et en latitude, à 4 heures et à 7 heures du matin est désignée par un nombre constituant les trois derniers chiffres du premier groupe et les trois derniers du troisième de cinq chiffres que comporte la dépêche. On a dû, dans ce but, diviser la carte de l'Atlantique Nord en un damier dont les cases numérotées ont un degré de longueur et un degré de largeur. Le réseau en longitude va du zéro de Greenwich à 50° Ouest et celui en latitude est compris entre les parallèles 30° et 60° Nord. La météorologie, naguère limitée à l'étude des zones terrestres s'étend désormais sur tout le Nord de l'Atlantique dont les navires constituent autant de stations flottantes transmettant chaque jour leurs observations.

TÉLÉGRAMME	TRADUCTION	EXPLICATION
	<i>Germania.</i>	Nom du navire.
1 <sup>er</sup> group. 3135	{ 31. long. 15° W; lat. 151. 51° N.....	Position à 4 h. matin.
2 <sup>e</sup> groupe 00257	{ 002. 30,02 pouces.... 57. S W; 6.....	Baromètre à 4 h. m. Vent: direct. et force.
3 <sup>e</sup> groupe 36174	{ 361. long. 16W; lat 51. 7. 7 h. matin.....	Position à 7 h. matin. Heure de l'observat.
4 <sup>e</sup> groupe 99745	{ 4. couvert..... 997. 29,97 pouces.... 45. S.: 7.....	Etat du ciel à 7 h. m. Baromètre à 7 h. m. Vent: direct. et force.

Il suffira, pour montrer toute la précision que comporte la transmission de ces dépêches, de signaler le bulletin du paquebot *Caronia* imprimé à bord. Durant la traversée de New-York à Liverpool, en six jours, ce paquebot a été en relations avec quarante postes radiotélégraphiques dont trois stations cô-

tières américaines, deux stations côtières anglaises et trente-cinq navires.

*La télégraphie sans fil et la navigation aérienne.*

Les différents appareils de navigation aérienne, ballons libres ou dirigeables, machines volantes, ne seront capables de rendre les services que nous sommes autorisés à en attendre, que lorsqu'ils auront reçu l'équipement télégraphique mettant les officiers ou les passagers en relations constantes avec les états-majors ou avec les postes fixes.

L'application militaire que l'on fait de ces engins réclame une prompte solution parce qu'il est souverainement illogique d'obliger les observateurs à revenir à leur point de départ pour communiquer à leurs chefs les résultats d'une expédition aérienne au-dessus d'une armée prenant ses dispositions dernières pour livrer un combat. Il importe que l'officier, témoin des préparatifs de l'adversaire, soit outillé pour signaler à l'état-major auquel il est attaché et à l'instant même, tous les changements de tactique qui s'opèrent sous ses yeux afin que les préparatifs d'attaque ou de défense s'effectuent pour ainsi dire automatiquement d'après les renseignements recueillis.

Dans cette voie de nombreuses expériences eurent lieu en Allemagne, principalement en 1909 et 1910, et les dirigeables des types Zeppelin, Gross, Parseval, purent communiquer à une cinquantaine de kilomètres. Toutefois les appareils de T.S.F. utilisés possédaient un rendement défectueux, et pour des résultats médiocres, des puissances déjà considérables

(plusieurs chevaux) étaient nécessaires. Le dirigeable se trouvait par le fait très alourdi.

Le génie militaire français a pu, aux dernières manœuvres de Picardie, mettre en service un nouveau matériel de télégraphie sans fil pour dirigeables,

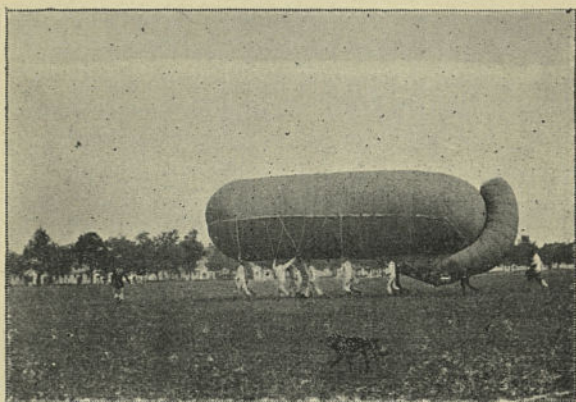


Fig. 71. — Draken ballon.

dont le rendement est supérieur à celui de nos voisins, et d'une légèreté remarquable.

L'installation des appareils récepteurs à bord des engins de navigation aérienne ne présente aucune difficulté; il suffirait, en effet, d'installer un détecteur électrolytique avec quelques éléments de pile et un récepteur téléphonique pour recevoir les signaux émis par les postes terrestres. Une telle application est incomplète puisque l'intérêt militaire de la navigation aérienne réside dans la possibilité, non de re-



cevoir des ordres, mais de transmettre des renseignements. L'installation d'un poste émetteur d'ondes est donc absolument indispensable. A quelle source d'électricité doit-on avoir recours? Il est naturel d'envisager l'installation d'une dynamo ou d'un alter-



Fig. 72. — Un parc de T. S. F. avec draken-ballon.

nateur qui seraient actionnés par le moteur même du dirigeable. Pour les premiers essais effectués sur le Bayard-Clément, on utilisa une simple batterie formée de dix éléments d'accumulateurs donnant 20 volts sous 5 ampères. La transformation de ce courant continu à basse tension en courant à haute tension s'effectuait à l'aide d'une bobine Ruhmkorff semblable à celles ordinairement employées dans les postes peu puissants; mais la longueur de l'étincelle produite par les moyens ordinaires constituant un dan-

ger à cause de la proximité de l'immense réservoir d'hydrogène, on produisit, non plus des étincelles longues et peu nombreuses, mais des étincelles courtes, et très rapprochées, donnant dans le téléphone un ronronnement bien caractéristique rappelant un

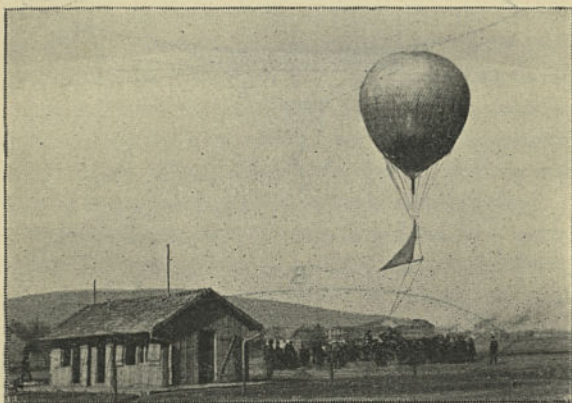


Fig. 73. — Un ballon sphérique porte-antenne.

son musical. Dans ce but un interrupteur spécial fut construit ; il donne 250 à 300 interruptions par seconde au lieu de 100 interruptions de la bobine de Ruhmkorff. De plus ces étincelles jaillissent à l'intérieur d'enveloppes closes qui empêchent tout contact entre elles et le gaz hydrogène s'échappant accidentellement du ballon. L'interrupteur, que l'on désigne également sous le nom de vibrateur, peut être comparé à un diapason dont les branches sont maintenues dans l'état de mouvement par des électro-aimants.

Les installations à bord des dirigeables différent

suivant les types auxquels ils appartiennent. On sait que dans tous les postes, le fait de réaliser un *contre-poids* par une mise à la terre équilibre mieux le circuit

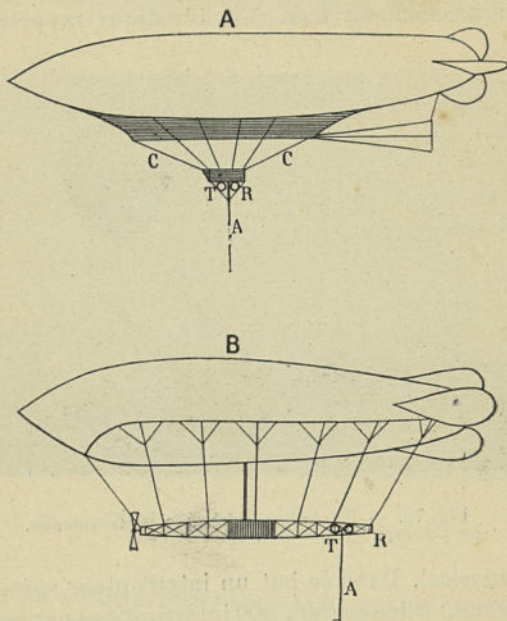


Fig. 74. — La T. S. F. à bor des dirigeables.  
 A, type *Patrie*. — B, type *Clément-Bayard*. — A, antenne.  
 T, transmission. — R, réception. — CC, contre-poids.

oscillant et les résultats obtenus sont meilleurs. Dans les dirigeables il est impossible de songer à cette prise de terre. Le contre poids doit donc être constitué par un réseau métallique qui sera suffisant dans les dirigeables à longue nacelle comme le Clément-Bayard si l'on utilise cette nacelle même, mais imparfait



dans les dirigeables du type *Patrie* chez lesquels la nacelle offre peu de surface. Dans ce dernier cas on ajoute un réseau de fils métalliques supplémentaires s'étendant de la nacelle aux pointes avant et arrière du ballon.

L'antenne est constituée par un fil de 150 mètres de long traîné derrière le ballon.

Les expériences effectuées aux manœuvres de Picardie sous la direction du commandant Ferrié permirent d'obtenir d'excellentes communications à une centaine de kilomètres, l'énergie consommée étant d'un vingtième de cheval. Le matériel complet pesait 65 kilos. Pour obtenir la même portée, les Allemands transportent 300 kilos d'appareils.

Au printemps dernier, le capitaine Brenot a commencé l'étude d'appareils pour aéroplanes. Il fallait, pour que la solution fût intéressante, réaliser un matériel très léger, puissant néanmoins, et d'un encombrement extrêmement réduit. Le transmetteur, d'un type tout nouveau, ne pèse que 14 kilos : il ne nécessite ni piles, ni accumulateurs ; l'énergie mise en jeu est la même néanmoins que celle du premier poste du dirigeable Bayard-Clément. Les expériences avaient commencé avec succès sur un monoplane piloté par le lieutenant Agrariva quand une chute malheureuse survenue près de Saint-Cyr brisa entièrement l'oiseau qui volait à 15 mètres de hauteur. Les aviateurs furent sauvés. L'installation a été refaite sur un biplan, et les expériences sont en cours.

#### *La navigation sous-marine et la T. S. F.*

On procède actuellement, dans la marine française, à une série d'essais de télécommunication entre

nos sous-marins et les grosses unités. Les expériences portent sur l'efficacité des systèmes phoniques et en même temps sur la télégraphie sans fil.

En février un appareil de T.S.F spécialement construit pour les sous-marins, a été installé à bord du submersible *Prairial*. Au cours du premier essai, le sous-marin quittant la baie de Saint-Vaast-la-Hougue où était mouillé le *Bouvines*, put transmettre à ce dernier tous les incidents qu'il notait au cours de ses évolutions. On peut donc considérer dès maintenant que le nouveau mode de télécommunication est pratiquement applicable à la navigation sous-marine; celle-ci transmettra au commandement des forces navales tous les renseignements que ses unités parviendraient à recueillir sur les mouvements d'une flotte ennemie. A la suite de cette constatation l'Amiral Boué de Lapeyrère a décidé de munir d'appareils de télégraphie sans fil tous les sous-marins de la flotte française.

## CHAPITRE XIV

### La téléphonie sans fil.

#### UN MOT SUR LES COURANTS TÉLÉGRAPHIQUES ET TÉLÉPHONIQUES

La télégraphie ordinaire utilise des courants continus, plus ou moins longs, mais dont l'intensité demeure constante pendant toute la durée de la transmission. Un point et un trait du système Morse sont tracés avec le courant issu de la même pile, la seule différence réside dans la longueur des signaux : le trait est trois fois plus long que le point. Entre deux envois successifs, la ligne n'est parcourue par aucun courant.

Dans la téléphonie il n'en est plus de même. D'abord les courants sont très faibles ; ensuite ils s'acheminent sans interruption sur la ligne pendant toute la durée d'une conversation. On sait que l'organe transmetteur est un microphone constitué par des fragments de charbon disposés sous la plaque vibrante. Lorsque l'on parle on fait vibrer cette plaque qui tasse les grains et ceux-ci déterminent l'envoi d'un courant plus ou moins intense selon qu'ils se trouvent plus ou moins serrés les uns contre les autres. Ce



courant est donc soumis à des vicissitudes constantes et, au lieu de se propager toujours avec la même valeur, il prend une forme ondulatoire très irrégulière puisque l'amplitude de ces ondulations dépend des éclats de voix. Un murmure enverra peu de courant

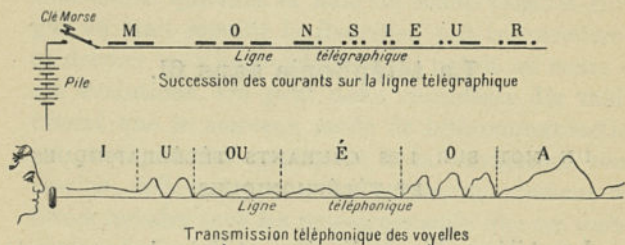


Fig. 75.

Figure montrant la différence qui existe entre une transmission télégraphique et une transmission téléphonique.

un cri perçant produira l'effet opposé. Et entre les deux sons, il existe une marge très vaste dans laquelle prend place une voix normale.

Ces courants sont reçus dans le récepteur; ils modifient le champ magnétique d'un électro-aimant et obligent la plaque vibrante disposée au-dessus des noyaux de cet électro à fléchir, à vibrer plus ou moins fortement, pour reproduire les intonations de la parole.

On voit donc qu'il existe entre les courants télégraphiques et les courants téléphoniques une différence considérable expliquant pourquoi la transmission de la parole n'a été réalisée que de longues années après celle de la pensée.

## ONDES ENTRETENUES

La production d'ondes affectant la forme des courants téléphoniques n'est pas possible avec les appareils ordinaires de la télégraphie sans fil. Nous savons, en effet, qu'une étincelle donne naissance à un train d'ondes s'amortissant plus ou moins vite, mais toujours séparé du train suivant par un espace considérable si on le compare à la longueur respective des trains. Si l'on voulait utiliser des oscillations de cette nature en téléphonie sans fil, il faudrait que les « silences » soient rendus assez courts et assez peu nombreux pour que le nombre de périodes sensibles et d'amplitudes égales soit du même ordre que celui des oscillations sonores. Or les harmoniques qui donnent à la voix son timbre particulier peuvent atteindre des fréquences de l'ordre de 5.000.

Il devient évident (1) que pour reproduire le son complet de la voix au moyen des ondes amorties, il faudra que le nombre des décharges par seconde soit d'au moins 7.000 puisque seule la première onde de chaque train est utilisable. Et encore n'obtiendrions-nous au téléphone qu'un son continu que l'on ne pourrait faire disparaître qu'en dépassant la fréquence de 35.000 correspondant à l'extrême limite des sons perceptibles par l'oreille humaine. On serait ainsi conduit à employer des fréquences de l'ordre de 40.000. Des systèmes basés sur ce principe ont toutefois été étudiés avec succès par MM. Blondel et Majorama.

---

(1) Conférence de M. le lieutenant de vaisseau Colin à la Société internationale des électriciens.

La téléphonie sans fil a été surtout réalisée actuellement par les *ondes entretenues*, c'est-à-dire se succédant sans interruption.

Les fréquences de l'ordre nécessaire peuvent être facilement obtenues avec les alternateurs spéciaux mais leur construction est très difficile parce que, dès que l'on atteint de grandes périodes, le courant

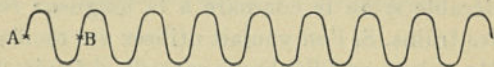


Fig. 76. — Ondes entretenues.  
AB, longueur d'onde.

est trop faible. Ainsi Duddell a pu obtenir une fréquence de 120.000 périodes et Rhumer 300.000, mais les alternateurs n'avaient qu'une puissance de deux dixièmes de watt (Duddell) et même un millième (Rhumer). Cependant Fessenden serait arrivé à réaliser un alternateur de plus d'un kilowatt avec une fréquence de 100.000. Plusieurs savants s'attachent à résoudre ce problème qui apporterait la solution définitive de la téléphonie sans fil et en même temps celle de la syntonie en télégraphie sans fil.

Le seul procédé actuel vraiment pratique pour produire des ondes entretenues réside dans l'emploi de l'arc électrique. En 1892, Elihu Thompson signalait qu'un arc électrique faisant partie d'un circuit complété par un appareillage spécial pouvait être le siège d'oscillations entretenues.

En 1900, Duddell, répétant les expériences de Thompson, observa que, dans certaines conditions, l'arc donnait une note musicale. Ce phénomène est



celui de *l'arc chantant*. M. Javau, directeur de la société Gramme, avait observé en 1874, que l'arc électrique était le siège de bruits paraissant être la reproduction de ceux que font les charbons frottant sur le collecteur de la dynamo génératrice. Des expériences suivies furent instituées ensuite en Allemagne, en 1898, par M. Simon qui reconnut que l'arc électrique émet des ondes sonores. Des essais de téléphonie furent même effectués en France par MM. Heller et Coudray. Ils donnèrent des résultats tels que l'on songeait sérieusement à établir cette propriété de l'arc en vue de publier dans les gares de chemins de fer des avis collectifs aux voyageurs.

Mais M. Blondel, en 1902, indiquait nettement l'emploi de l'arc électrique pour la production des ondes hertziennes entretenues appliquées à la télégraphie et à la téléphonie sans fil. L'année suivante, M. Campos signalait également le même fait, en attirant l'attention sur plusieurs arcs jaillissant dans le vide. D'autre part Duddell n'avait pu obtenir des oscillations d'une fréquence supérieure à 10.000; mais Banti, en 1903, atteignait 120.000 et Salomonson 400.000. Le problème n'était cependant pas encore résolu parce que dès que l'on veut, avec l'arc de Duddell, mettre en jeu une énergie suffisante pour obtenir des communications à grande distance on est conduit à diminuer la fréquence.

La solution exacte a été donnée par M. Poulsen qui faisait jaillir l'arc dans une atmosphère composée d'hydrogène contenant des composés d'hydrogène et constamment renouvelée. De plus l'électrode positive faite en cuivre et non plus en charbon, se présente sous la forme d'un tube de cuivre dans l'intérieur

duquel circule un courant d'eau destiné au refroidissement. Les oscillations ainsi obtenues atteignent une fréquence de un million. En face de l'arc se trouvent des électro-aimants très puissants parcourus par le courant qui alimente l'arc; il a pour fonction

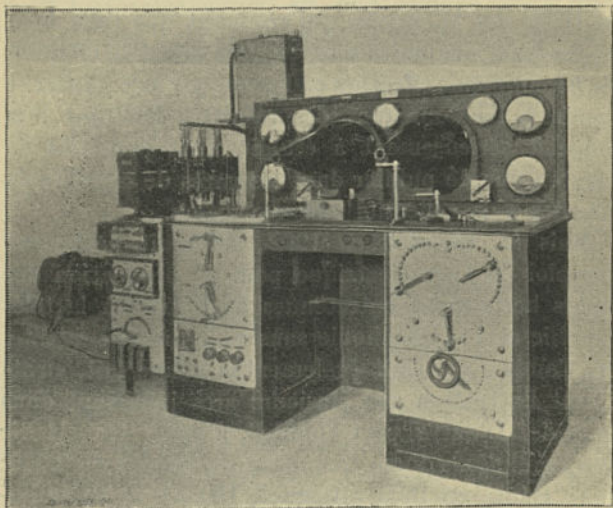


Fig. 76.

Poste de téléphonie sans fil des navires *Justice* et *Vérité*.

d'abord de fixer l'arc en le mettant dans l'obligation de jaillir toujours entre les deux mêmes points des électrodes et ensuite d'augmenter l'énergie des oscillations. Enfin le charbon qui constitue l'électrode négative ou cathode est taillé à arrête vive et tourne sur lui-même à raison de un dixième de millimètre par minute.

## EXPÉRIENCES DE TÉLÉPHONIE SANS FIL

Les premiers pas de la téléphonie sans fil datent de la découverte de Poulsen dont les expériences ont été répétées par un grand nombre de savants étrangers : de Forest, Majorama, Fessenden, Goldsmith, Ruhmer, Blondel, le capitaine Brenot. Ces

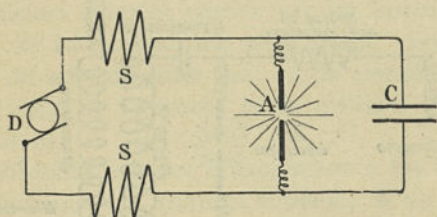


Fig. 77. — Arc chantant de Duddell.

D, dynamo. — SS, bobines de self-induction. — A, arc électrique.  
C, condensateur.

derniers entre autres, en 1908, utilisèrent des arcs à très haute tension jaillissant entre deux plateaux métalliques fixes plongés dans un liquide isolant.

La production des ondes entretenues par l'arc électrique s'effectue en intercalant dans le circuit de cet arc des bobines de self-induction SS (fig. 77) et un condensateur C. Le courant de la dynamo charge le condensateur qui se décharge entre les deux électrodes (charbons de l'arc) en donnant naissance à l'arc électrique. Or nous savons que les décharges des condensateurs sont oscillantes; grâce à la communication continue avec la source, les ondes sont soutenues et affectent une forme suffisamment constante pour se prêter à la transmission de la parole. Le circuit du



microphone installé entre l'antenne et la prise de terre a une action suffisante sur le premier pour modifier comme il convient, la propagation des ondes sur l'antenne lorsque l'on parle devant la plaque vibrante. Les modifications s'effectuent par exemple par l'in-

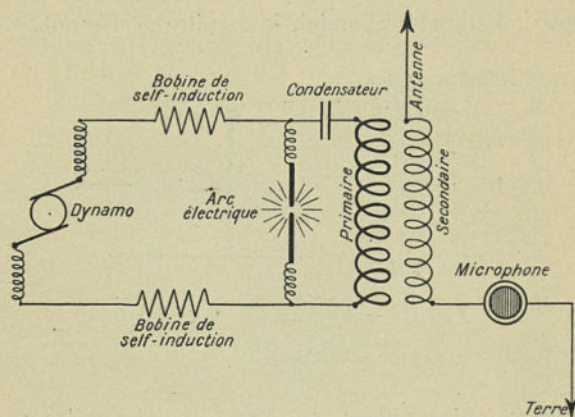


Fig. 78. — Procédé de téléphonie système Poulsen.

termédiaire d'un transformateur dont le circuit primaire appartient à celui de l'arc, le secondaire étant intercalé entre l'antenne et le microphone. Les ondes dont l'amplitude devient variable sous la seule action de la parole se transmettent à travers l'espace telles qu'elles ont été produites et agissent sur l'antenne réceptrice. Le détecteur qui peut être magnétique, électrolytique ou solide, perçoit les variations introduites dans la production des ondes et oblige le récepteur téléphonique à les reproduire, à les transformer en vibrations sonores.

Les lieutenants de vaisseau Colin et Jeance ont également cherché la transmission de la parole en utilisant l'arc de Poulsen; mais ils emploient plusieurs arcs : l'anode de cuivre est constituée par un fort cylindre refroidi par le pétrole; l'électrode négative est faite d'un crayon de charbon de un millimètre de diamètre seulement porté par un radiateur à ailettes qui permet de le refroidir de l'extérieur. Enfin les deux officiers agissent encore sur les circuits dans lesquels ils intercalent un assez grand nombre de bobines de self-induction tant sur le circuit de l'arc que sur celui de l'antenne et ils utilisent plusieurs microphones.

La multiplication des microphones a été inspirée par ce fait que tout courant supérieur à un ampère devient nuisible à son organisme délicat et il manifeste ses troubles internes par des bruits insolites.

Le professeur italien Majorama a construit pour obvier à cet inconvénient un microphone à liquide comportant la chute de l'eau acidulée avec une pression convenable, contre une surface vibrante. Sans entrer dans les détails de cet appareil, on comprend que la présence d'un jet liquide le rend peu pratique. M. Majorama parvint déjà en 1907 à correspondre à 60 kilomètres entre Monte-Mario et Porto-Danzig. Ajoutons encore qu'au lieu de recourir à l'arc électrique il se contentait de trains d'ondes amorties qu'il rapprochait jusqu'à en obtenir 10.000 par seconde. Récemment M. Majorama a atteint 420 kilomètres entre Rome et San Giuliano.

M. Poulsen, avec plusieurs microphones, afin de pouvoir utiliser des courants puissants, a téléphoné de Berlin à Copenhague, soit sur une distance de 460

kilomètres, et de Lyngby à Esbjerg (270 kilomètres).

L'emploi des arcs multiples tenté en Allemagne, mais sans recourir à l'atmosphère de Poulsen, aurait donné des résultats moins intéressants, les distances d'intercommunication n'ayant pas dépassé 75 kilomètres. M. de Forest a fait en 1908 diverses expériences entre la tour Eiffel et Melun avec des antennes de 40 mètres. Les conversations furent parfaitement engagées.

Fessenden a installé deux postes radiotéléphoniques reliant New-York et Brant-Rock soit sur une distance de 350 kilomètres. Il se sert d'un alternateur pour produire des ondes entretenues dont la fréquence est de 100.000 environ. L'une des antennes celle de New-York, a 60 mètres de hauteur, l'autre 120 mètres.

MM. Goldschmith et Ruhmer utilisant une antenne faite de 20 fils et ayant 70 mètres de hauteur, une onde de 1750 mètres, ont obtenu une bonne communication entre Bruxelles et Namur soit sur 60 kilomètres.

Les lieutenants de vaisseau Colin et Jeance ont étudié leurs appareils entre la tour Eiffel et Melun et se sont livrés à d'heureuses expériences entre la station de la marine à Toulon et le croiseur *Condé*. Le rapport de la communication à bord du *Condé* constate qu'à 93 kilomètres la réception était meilleure qu'à une distance moindre à cause des hauteurs placées entre lui et le poste transmetteur. A 128 kilomètres, continue le rapport, des auditeurs un peu exercés ont compris à coup sûr et les autres n'auraient eu besoin que d'une assez courte accommodation pour comprendre complètement. A partir de



139 kilomètres la compréhension nécessitait la répétition des phrases. La distance extrême de réception pour un auditeur très entraîné peut être de 170 kilomètres. D'autres expériences ont eu lieu ensuite sur une distance de 240 kilomètres entre Toulon et Port-Vendres. L'audition a été parfaite.

Tel est actuellement l'état de la téléphonie sans fil. En somme aucun résultat décisif, mais une série d'expériences au cours desquelles les limites de la conversation paraissent s'étendre. Les procédés actuels autorisent-ils à croire qu'ils n'exigent que des améliorations de détail. Nul ne le sait. L'alternateur et l'arc électrique sont aux prises, c'est-à-dire d'une part les ondes entretenues si séduisantes et d'autre part les trains d'ondes extrêmement rapprochés.

Les techniciens, même ceux qui ont tenté par l'arc de Poulsen, ne sont pas sans envisager l'entrée en scène de l'alternateur qui seul peut-être est capable d'apporter la solution désirée et en même temps celle non moins attendue de la syntonisation parfaite qu'attend la télégraphie sans fil.

## CHAPITRE XV

### Solutions diverses se rapportant à la télégraphie et à la téléphonie sans fil.

Parmi les nombreuses solutions envisagées par les savants pour réaliser la télécommunication sans fil, une seule, la télégraphie optique a pu satisfaire aux besoins militaires pendant de nombreuses années. Souvent elle était insuffisante, mais ses qualités éventuelles : la simplicité et le faible prix de revient, lui permirent de figurer à côté de la télégraphie électrique dans les expéditions militaires et de tenir une place importante particulièrement en Algérie où elle est encore employée, d'ailleurs.

Nous n'en parlerons pas parce qu'elle est trop connue; les questions d'optique qui l'intéressent figurent dans tous les cours de physique élémentaire, ainsi que la description des appareils. Nous allons passer rapidement en revue les travaux des savants qui ont cherché une solution originale au problème de la suppression du conducteur entre deux postes télégraphiques ou téléphoniques.

*Télégraphie ordinaire sans fil.* — Les phénomènes produits à distance par les courants électriques ou par le magnétisme, à des distances très courtes,

hâtons-nous de le dire, ont attiré d'une manière très sérieuse l'attention des électriciens du siècle dernier.

Certains auteurs attribuent à l'Écossais James Bowmann Lindsay la première expérience heureuse de télégraphie sans le secours d'un conducteur. Cela remonterait à l'année 1831; Lindsay se serait servi de l'eau de la Tay pour correspondre à la distance de un mille. Cependant la priorité de la découverte a été disputée à cet auteur par Samuel Morse parce que l'on n'est pas très sûr que l'expérience de Lindsay n'ait pas eu lieu en 1854. Dans ce cas, Morse, l'inventeur du joli petit appareil que nous connaissons, arriverait bon premier en 1842.

Effectuant des essais avec son appareil, Morse avait tendu un fil isolé à travers un canal. Un bateau levant l'ancre coupa le fil; néanmoins la communication put être continuée entre les deux berges en disposant un conducteur le long de chacune d'elles.

Morse n'avait pas agi inconsciemment, car il connaissait les expériences de Steinheil, lesquelles avaient posé le problème de la suppression du fil. Steinheil cherchait s'il lui serait possible d'employer des rails de chemins de fer pour télégraphier. Il ne réussit pas, mais découvrit le principe de la terre conductrice remplaçant le fil de retour. Vivement intéressé il porta ses investigations sur la conductibilité du sol et reconnut qu'un galvanomètre subit l'action d'un courant issu d'une pile dont les pôles sont dirigés dans le sol à une faible distance du galvanomètre.

Et l'expérimentateur écrivit : « L'avenir montrera si l'on parviendra à télégraphier à grande distance sans employer des conducteurs métalliques. Pour de



faibles distances, jusqu'à 50 pieds, j'en ai constaté la possibilité par des expériences; mais, pour de grandes distances la réussite est seulement supposable, soit en augmentant la force inductrice galvanique, soit en construisant des multiplicateurs spécialement appropriés à ce but, soit enfin en augmentant les surfaces de contact des extrémités du multiplicateur.»

La question était donc « dans l'air », comme on dit, dès le début même de la télégraphie électrique; son importance n'échappa à personne, aussi voyons-nous une foule de savants s'y consacrer âprement, sans beaucoup de succès, d'ailleurs, jusqu'au moment où Hertz eut fait connaître les résultats de ses expériences sur les ondes. A partir de ce moment la foule des chercheurs se rue sur l'onde et les procédés de télégraphie sans fil par conduction et par induction sont délaissés.

Rendons un dernier hommage aux tentatives faites en vue de réaliser la T. S. F.; nous le devons aux hommes de génie qui ont disparu sans gloire parce qu'ils étaient venus trop tôt dans une science trop jeune. « Toute conquête scientifique peut être comparée à la prise d'une forteresse, écrit le professeur Domenico Mazotto (1). Des vies entières de savants ont été consacrées aux recherches abstraites du domaine scientifique et n'ont eu d'autre objectif que la recherche de la vérité avant que la découverte d'une de ces vérités ait pu recevoir de grandes applications au point de vue pratique. »

---

(1) La Télégraphie sans fil, par le professeur Domenico Mazotto, traduction J. A. Montpellier.

Après Morse, Lindsay et Steinheil, Willoughby Smith chercha à relier télégraphiquement le phare de Fastnet à une localité de la côte, la marée empêchant la pose d'un câble. Il installa à partir du phare deux fils nus posés sur les rochers et se dirigeant dans des directions opposées; chacun de ces fils se terminant par une plaque métallique plongeant dans l'eau. Un conducteur de 15 km. fut également tendu sur les rochers du rivage. Un poste était relié à chaque conducteur. En employant des courants intenses Smith put télégraphier entre les deux postes, l'eau servant de conducteur.

De 1852 à 1870, Highton chercha le problème de la transmission par l'eau. Ses recherches le conduisirent à installer deux fils tendus sur chaque rive d'une rivière et dont les extrémités plongeaient dans l'eau. Les télégraphistes anglais adoptèrent ce dispositif dans les Indes pour rester en relation à travers les fleuves les plus larges; ils supprimèrent même l'un des fils.

Pendant le siège de Paris, Bourbouze, désireux de relier la capitale avec Rouen, immergea dans la Seine, à Rouen, un système comportant deux plaques métalliques prolongées chacune par un conducteur, chaque conducteur étant rattaché à l'un des pôles d'une pile. La même installation fut faite à Paris, mais ce deuxième circuit comportait un galvanomètre. Les expériences préliminaires donnèrent de bons résultats; elles ne furent pas poursuivies après la levée du siège.

En 1894 — on voit que la plupart des expériences sont de date très récente — Rathenau et Rubens imaginèrent le dispositif que montre notre figure 79.

Deux plaques EE de 15 mètres carrés de surface, immergées, étaient reliées par un conducteur de 500 mètres de longueur comportant un voltmètre V. Sur le conducteur étaient branchés : une pile P, un rhéostat R, un interrupteur de courant I actionné par un moteur, un ampère-mètre A et un manipulateur M. En face de cette installation étaient amarrés deux bateaux CD reliés par un câble dont

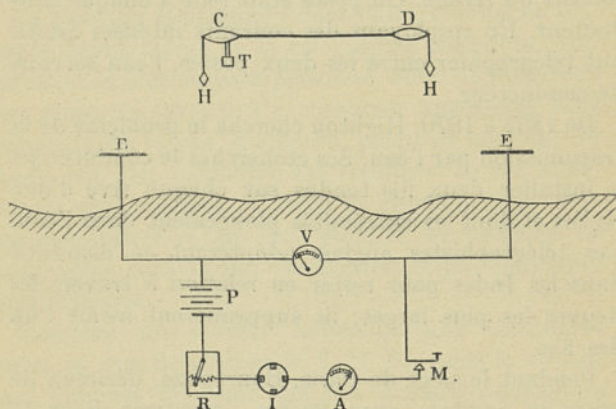


Fig. 79. — Télégraphie sans fil par l'eau.

les extrémités HH plongeait dans l'eau ; l'un de ces bateaux C était pourvu d'un téléphone T intercalé dans le circuit du câble.

On peut considérer une telle installation comme constituant une bobine d'induction dont les deux circuits : primaire EE et secondaire HH seraient développés. En effet, à chaque interruption du circuit primaire effectuée dans l'interrupteur I on enten-



daït dans le téléphone du secondaire les courants induits transmis par l'eau. En manœuvrant le manipulateur Morse M on percevait très nettement les signaux au récepteur téléphonique.

Ces expériences eurent lieu sur le lac Wansee près de Potsdam; elles avaient été demandées par les autorités maritimes allemandes intéressées à connaître

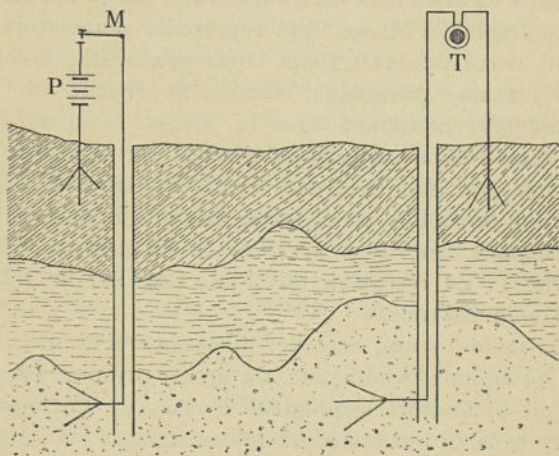


Fig. 80. — Télégraphie sans fil par la terre.

dans quelles conditions il était possible de se servir de l'eau comme conducteur télégraphique. On put télégraphier par ce procédé jusqu'à la distance de 4.500 mètres qui était la longueur maximum du lac. M. Rathenau fut d'avis que cette distance pouvait être augmentée à la condition de prolonger les deux circuits et d'employer un courant puissant.

Tout ce que nous venons de dire se rapporte à

l'étude de la conductibilité de l'eau. Les chercheurs ne se sont pas bornés à ce travail; ils ont également sondé le sol à la suite de Steinheil et fait d'intéressantes constatations. Mais, jusqu'à l'invention du téléphone, les appareils mis à leur disposition n'étaient pas suffisamment délicats; c'est pourquoi il nous faut arriver à l'année 1894 pour assister à un premier essai sérieux de transmission par le sol, essai dû à l'abbé L. Michel, que représente schématiquement notre figure 80. Deux trous percés dans le sol à une certaine profondeur recevaient chacun un fil conducteur pénétrant dans le terrain. L'un de ces fils était relié à un manipulateur Morse M connecté d'autre part avec une pile P dont l'autre pôle était mis à la terre. L'autre fil faisait retour à la terre dans les mêmes conditions après avoir traversé un téléphone T. La réception put s'effectuer sur un kilomètre de distance.

La même année, Strecker disposait, en se servant du sol comme conducteur, un circuit primaire et un circuit secondaire semblables à ceux de Rathenau et Rubens. Il put transmettre des signaux à 15 kilomètres avec une ligne primaire de 3 kilomètres et une ligne secondaire de 1 kilomètre.

Plus récemment Orling et Armstrong communiquèrent à 35 kilomètres avec un dispositif analogue à celui de Strecker, mais en employant un relais très sensible. Enfin M. Maiche a également réalisé un système de télégraphie et de téléphonie par le sol fondé sur le même principe que les précédents dispositifs.

Il s'agit donc, dans toutes ces recherches, de phénomènes de conductibilité du sol ou de l'eau.

La télégraphie sans fil pouvait encore se concevoir d'une autre manière : par induction dans l'air.

Un morceau de fer placé à une certaine distance d'un aimant s'aimante à son tour; un corps conducteur quelconque situé dans le voisinage d'un autre corps électrisé se charge également. De même un fil métallique tendu à proximité d'un autre parcouru par un courant est lui-même parcouru par un courant électrique. Tous ces phénomènes sont désignés sous le nom de phénomènes d'induction.

Ce transport de l'énergie d'un corps à un autre s'effectue à travers l'air, mais par l'intermédiaire d'un élément que nous connaissons : l'éther. Nous savons qu'en réalité il n'y a pas transport d'électricité, mais seulement production de vibrations des molécules de l'éther, lesquelles vibrations font naître dans les corps ou circuits avoisinants des actions magnétiques ou des courants semblables à ceux qui leur ont donné naissance.

L'induction est dite électrostatique lorsque le corps électrisé est *chargé* d'électricité comme une bouteille de Leyde, par exemple. Au contraire, lorsqu'il s'agit d'électricité en mouvement dans un conducteur, le phénomène d'induction qui se produit dans un circuit rapproché est désigné sous le nom d'induction électrodynamique.

Nous n'insisterons pas sur ce sujet, nous bornant à étudier comment les deux formes du phénomène ont pu être mises à contribution dans les recherches effectuées en vue de réaliser la télégraphie sans fil.

De tous les problèmes qui se sont posés depuis les premières expériences de télégraphie sans conducteur, celui de la communication avec les trains en



marche a fait l'objet des recherches les plus nombreuses; cependant aucune solution définitive n'est encore intervenue.

Smith, en 1881, avait imaginé dans ce but d'utiliser une ligne télégraphique élevée au-dessus de la voie et à une distance très rapprochée de la toiture des wagons, laquelle portait un ruban métallique isolé de ses rapports mais relié d'une part à un télé-

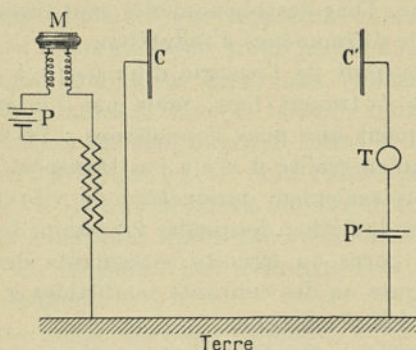


Fig. 81. — Téléphonie sans fil Dolbear.

phone et d'autre part à la terre par l'intermédiaire des roues et des rails. Edison opéra de même en 1889 et obtint de bons résultats. Cependant ces systèmes ne relèvent que de très loin de la transmission sans conducteur.

Dolbear imagina un procédé par l'induction électrostatique assez simple et intéressant. Deux disques métalliques  $CC''$  étaient placés l'un en face de l'autre à une distance qui dépendait de l'intensité des courants de la pile B. Celle-ci était reliée d'une part à la terre, après avoir traversé l'un des circuits d'une bobine d'induction, d'autre part à la plaque C par

un microphone M et le second circuit de la bobine d'induction. Voilà pour le poste transmetteur. A la réception, le même dispositif était adopté et le récepteur téléphonique T branché sur le circuit du disque C' et de la pile P', le second pôle de la pile étant mis à la terre.

Edison, qui a surtout cherché ses découvertes dans les idées antérieures, reprit le procédé pour le modifier ; nous ignorons à quelle distance les conversations furent échangées.

Dans le même ordre d'idées, signalons encore sans nous y arrêter les expériences de Kilses et de Tesla dont les résultats demeurèrent assez ternes.

En 1880, le professeur Trowbridge, de Cambridge (États-Unis), eut le premier l'idée de l'induction électrodynamique pour atteindre le but que nous connaissons. Il transmet les battements d'une horloge en se servant d'un fil inducteur et d'un fil induit de 150 mètres de longueur.

Quatre ans plus tard, Phelps s'attache à la recherche d'une communication entre les gares et les trains en marche. Un fil parcourait la voie entre les rails ; il était relié avec les appareils télégraphiques des stations. Le poste récepteur, disposé dans un wagon, comportait un cadre rectangulaire vertical portant, enroulé sur lui, un fil de cuivre isolé de 2.500 mètres de longueur ; la base de ce circuit traversant le plancher du wagon était rapprochée autant que possible du fil constituant l'inducteur. Les courants induits recueillis par le circuit récepteur étaient reçus dans un relais dont l'armature fermait le circuit d'une pile locale comportant un appareil Morse.

Si, de l'une des stations on envoyait des signaux

dans le fil inducteur, des courants induits prenaient naissance dans la bobine inductuée, mettaient en marche le relais, lequel actionnait le récepteur Morse. Pour télégraphier depuis le wagon, il suffisait d'agir sur le manipulateur; le circuit induit devenait inducteur et les signaux étaient reçus dans les appareils de la station.

Les essais effectués avec une ligne de 20 kilomètres

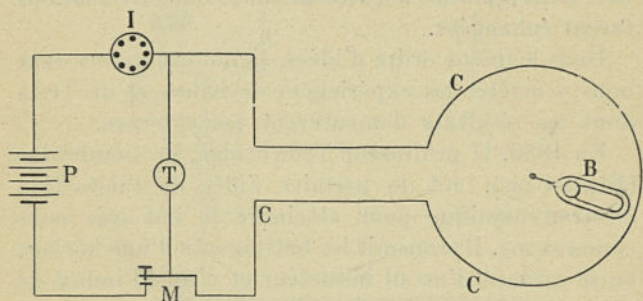


Fig. 82. — Télégraphie sans fil Eversted et Lennet.

donnèrent d'excellents résultats, mais n'eurent aucune application pratique bien que Woods et Adler les aient répétés avec succès en 1888.

Vers la même époque, MM. Eversted et Lennet songèrent à appliquer les phénomènes d'induction à la transmission des dépêches entre la côte et les bateaux en marche. Leur expérience préparatoire fut exécutée sur un bateau retenu à l'ancre à une certaine distance de la côte.

Ils immergèrent un conducteur C relié aux appareils transmetteurs et disposé en cercle (fig. 82) de telle façon que le bateau B, retenu par son ancre, fût



constamment placé sous l'influence des courants du conducteur, quelque position qu'il prît sous l'action du vent, en tirant sur sa chaîne.

L'embarcation était entourée d'un fil isolé qui en faisait cinquante fois le tour, de sorte qu'elle constituait en quelque sorte le cadre du circuit induit terminé, à l'intérieur, par un récepteur téléphonique.

Sur la côte, le poste transmetteur comportait une batterie de pile P, un manipulateur Morse M et un interrupteur de courant I.

L'idée était fort ingénieuse, mais d'une mise en pratique détestable; car, pour communiquer avec un bateau en marche, il fallait que celui-ci se trouvât placé dans le rayon d'action du conducteur sous-marin et il était difficile de saisir le moment exact.

En somme, tous ces systèmes n'eurent aucune suite parce qu'ils reposaient sur l'obligation de placer les circuits inducteur et induit à une distance très rapprochée l'un de l'autre. Il appartenait à M. Preece, ingénieur en chef des télégraphes anglais, de réaliser, toujours par l'induction, une communication sur des distances suffisamment longues pour être pratiques.

Après avoir étudié à fond la technique des courants induits, M. Preece établit, en 1886, une communication entre Gloucester et Bristol à travers la Severn, sur une distance de 6 kilomètres 500 mètres. Un fil télégraphique de 22 kilomètres fut tendu sur chacune des rives du cours d'eau et relié à un autre conducteur de manière à constituer un circuit fermé. Le courant inducteur était soumis à des interruptions très rapides et un récepteur téléphonique branché sur le circuit induit percevait ces interruptions.

D'autres expériences eurent lieu ensuite, en 1893,

sur le canal de Bristol entre les deux petites îles de Flat-Holm et Steep-Holm et le cap Lavernock-Point.

Les distances respectives étaient de 5.300 et 8.500 mètres.

Sur la côte on avait tendu un fil aérien de 1.157 m. parcouru par des courants alternatifs et chacune des îles reçut un autre fil aérien parallèle au premier, de 546 mètres de longueur. Les communications furent excellentes avec Flat-Holm, mais peu intelligibles avec la seconde île. L'installation est devenue définitive depuis 1898 et cette île ne possède pas d'autre communication télégraphique avec le rivage que celle imaginée par M. Preece. On utilise une batterie de 50 éléments Leclanché et les courants inducteurs sont soumis à quatre cents interruptions par seconde. On reçoit au téléphone à la vitesse de 40 mots par minute.

C'est là le seul dispositif de télégraphie sans fil par les courants induits qui soit parvenu à survivre aux expériences. Les ondes hertziennes sont venues interrompre les recherches dans cet ordre d'idée en accaparant toutes les intelligences.

*La téléphonie par la lumière.* — Nous serions tout à fait incomplets dans l'exposé des recherches relatives à la télécommunication sans fil si nous passions sous silence les belles expériences radiophoniques dont Graham Bell et Summer Tainter, en 1878, posèrent le principe.

Ces savants découvrirent, en effet, qu'une plaque très mince vibre sous l'action des rayons lumineux intermittents. Le *Pholophone* primitif devint ensuite le *Thermophone* parce que M. Mercadier avait reconnu que les radiations calorifiques et chimiques possèdent la même propriété.

Ce second appareil est représenté par notre (fig. 83). Voici en quoi il consiste. Un miroir M reçoit un faisceau de rayons solaires qu'il réfléchit sur la lentille A; celle-ci le concentre en son foyer. Ce foyer est occupé par un disque D percé, sur sa périphérie, d'un certain nombre de trous très petits, et monté sur un axe actionné par un moteur. Le rayon lumineux passant par l'un de ces trous franchit ensuite deux autres lentilles B et C et vient enfin se condenser en un

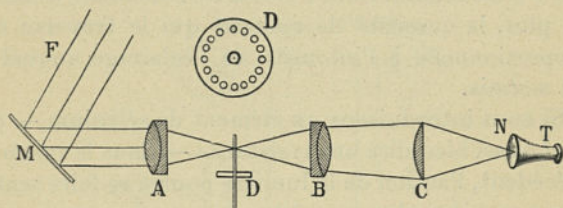


Fig 83. — Thermophone Bell et Tainter.

point sur une lame très mince N, recouverte de noir de fumée, adaptée à un cornet acoustique T.

Si on met le disque D en mouvement, le faisceau lumineux subit des interruptions successives d'autant plus rapprochées que la vitesse de rotation est plus grande, et on perçoit dans le cornet acoustique, une série de vibrations, de bruits, dont l'intensité dépend de la vitesse du disque.

Si l'on veut effectuer une transmission télégraphique avec cet appareil, rien n'est plus simple. Il suffit en effet de procéder comme en télégraphie optique en intercalant un écran commandé par un manipulateur Morse sur le passage du faisceau lumineux.

Pour augmenter la distance d'intercommunication,



qui n'est pas très grande avec le système que nous venons de décrire et qui constitue un principe plutôt qu'un appareil, on peut avoir recours à un corps connu depuis longtemps et dont on a beaucoup parlé au cours des années précédentes pour la transmission des images photographiques : le sélénium, métalloïde se présentant sous le même aspect que le soufre. Ce corps possède une étrange propriété : intercalé dans le circuit d'une pile, il ne laisse passer le courant que s'il est éclairé. Dans l'obscurité il demeure isolant ; de plus, la quantité de courant qui le traverse est proportionnelle à l'intensité de l'éclairage auquel il est soumis.

Si nous introduisons un élément de sélénium — on peut aussi bien dire une résistance — dans le système précédent, l'action de la lumière pourra se faire sentir d'une manière plus complète puisque nous provoquerons le passage d'un courant électrique capable d'actionner, au moment voulu, un relais télégraphique.

D'autre part, il est encore possible d'utiliser un miroir derrière lequel on parlera ; les vibrations de la parole agiront sur le faisceau lumineux et la plaque réceptrice répétera les articulations transmises. Nous aurons réalisé un système de *téléphonie sans fil*.

MM. Bell et Tainter modifièrent leur appareil primitif dans ce sens et créèrent un véritable téléphone optique qui fut accueilli avec un très grand enthousiasme. Les inventeurs, disait-on, étaient parvenus à « faire parler la lumière ».

La téléphonie par les radiations lumineuses a tenté deux autres savants : MM. Simon et Reich, auteurs du dispositif que représente notre figure 84. Les organes principaux sont deux miroirs paraboliques MM

placés l'un au poste transmetteur l'autre au poste récepteur et se faisant face de manière que le faisceau lumineux issu de la lampe à arc F placée au foyer du premier miroir soit recueilli par le second. L'arc électrique fait partie d'un circuit comprenant la génératrice D et le primaire CP d'une bobine d'induction. Le secondaire de cette bobine comporte une faible pile et un microphone. Lorsque l'on parle

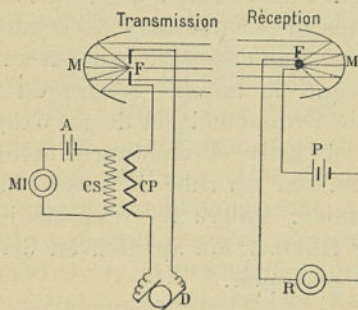


Fig. 84. — Système de téléphonie sans fil de Simon et Reich.

devant le microphone le courant de la pile modifie l'intensité de celui de lumière qui parcourt le primaire et cela par induction. L'arc électrique subit ces modifications que répète le faisceau lumineux.

Le foyer du miroir récepteur est occupé par un élément de sélénium faisant partie du circuit électrique de la pile P dans lequel est intercalé le récepteur téléphonique R. Le sélénium — nous connaissons sa propriété — laisse passer plus ou moins de courant selon l'intensité de la lumière qu'il reçoit; Par conséquent, sans être des techniciens consommés,

nous comprendrons aisément comment ces courants variés traverseront le téléphone en obéissant fidèlement à ceux que la parole aura fait naître dans le microphone. La plaque vibrante réceptrice enregistrera ces courants et notre oreille percevra les sons transmis.

Un tel appareil est un instrument de laboratoire extrêmement ingénieux, mais il n'est appelé à aucun avenir commercial.

Ruhmer, qui s'est consacré depuis à l'étude de la téléphonie sans fil par les ondes électriques, est également l'auteur d'un dispositif analogue au précédent mais dans lequel la lumière solaire est remplacée par la lumière Drummond (jet de gaz oxyhydrique — oxygène et hydrogène — brûlant sur un bâton de chaux) et le sélénium par un tube de verre contenant du charbon granulé. Malgré les résultats intéressants obtenus par Ruhmer son appareil est demeuré sans applications pratiques.

#### *La télégraphie par les radiations obscures.*

Dans le chapitre consacré à l'étude des ondes en général nous avons été amenés à signaler la présence de radiations obscures s'étendant de part et d'autre du spectre. Tous les cours de physique élémentaire donnent des détails précis sur ces radiations que l'on a désignées sous le nom d'*ultra-violettes* et d'*infra-rouges* suivant la place qu'elles occupent à la suite du spectre. Rappelons seulement que les premières sont des rayons chimiques agissant sur certains composés (les plaques photographiques les enre-



gistrent) tandis que les secondes exercent une action calorifique sur des thermomètres spéciaux.

Hertz, l'homme des ondes, est également l'auteur d'une bien belle découverte relative aux propriétés des rayons ultra-violet. Il a trouvé, en effet, que ces radiations exercent une influence sur la production des étincelles éclatant entre deux corps électrisés différemment; elles hâtent, en effet, l'éclatement. Righi, qui n'est pas non plus un inconnu pour nos lecteurs, a démontré à son tour que la lumière artificielle, celle de la lampe à arc surtout, est plus riche en rayons ultra-violet que la lumière solaire, probablement parce que ceux issus du soleil sont en partie absorbés pendant leur voyage interplanétaire. D'autre part on a appris également que ces fameuses radiations sont parfois arrêtées au passage par des corps transparents comme le verre et le mica, alors que d'autres, opaques, se laissent aisément traverser. Autre chose encore. Si on soumet aux radiations ultra-violettes deux corps différemment électrisés, la production de l'étincelle est facilitée si les corps sont placés dans le vide. Wiedemann et Ebert ont enfin reconnu qu'il suffit, pour favoriser la production de l'étincelle, que le corps électrisé négativement soit seul atteint par ces radiations.

De tous ces faits, les chercheurs, constamment à l'affût du phénomène qui doit leur donner la clef d'un mystère, ont tiré certains appareils, propres, dans leur esprit, à réaliser un système de télégraphie sans fil. L'un des premiers en date, qui en a inspiré d'autres, est celui de Zickler.

Imaginez une lanterne L dans l'intérieur de laquelle on dispose une lampe à arc A, les rayons

issus de cet arc se réfléchissant sur un miroir S pour sortir de l'appareil en une lentille T. Si, devant la lentille nous plaçons un écran de verre E, celui-ci se laissera traverser par les rayons lumineux, mais il interceptera les rayons ultra-violetes dont cette lumière est très riche. Il suffira donc d'agir sur l'écran pour arrêter ou non les fameuses radiations. En somme ce dispositif est en tous points semblable à celui employé dans les appareils de télégraphie optique.

Passons maintenant au système récepteur.

Un tube en verre T (fig. 85) est fermé par une lame

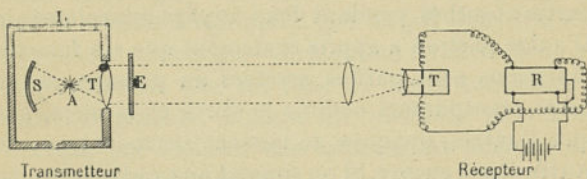


Fig. 85. — Expériences de Zickler.

de quartz qui laisse passer les radiations ultra-violettes. Dans ce tube on a fait le vide après avoir fixé les deux électrodes d'une bobine de Ruhmkorff R. Le quartz est taillé en lentille de façon à concentrer, sur les électrodes, le faisceau ultra-violet qui lui arrive.

Il n'est pas bien difficile de comprendre ce qui va se produire lorsque les ultra-violettes frapperont les électrodes ou simplement l'électrode négative : des étincelles jailliront, étincelles peu puissantes il est vrai, mais dont le bruit sera aisément perceptible. La production de ces étincelles est subordonnée

à l'envoi des radiations, lequel est commandé par la manœuvre de l'écran. Si nous communiquons à celui-ci des déplacements rythmés suivant l'alphabet Morse, nous obtiendrons à la réception des successions d'étincelles reproduisant ce rythme et qu'un télégraphiste exercé convertira immédiatement en langage clair.

M. Zickler combina ensuite son appareil de manière à lui permettre l'inscription des signaux sur une bande de papier, comme dans la télégraphie ordinaire, en utilisant un détecteur de télégraphie sans fil obéissant aux ondes émises par les étincelles et agissant sur un circuit récepteur.

La première expérience eut lieu au commencement de 1898 sur une distance de 50 mètres, et dès la fin de la même année l'auteur était parvenu à télégraphier sur 1.300 mètres.

Ce succès devait être sans lendemain puisque, à partir de cette époque, les ondes accomplirent des prodiges.

Stella, puis Dussaud, poussèrent également quelques pointes investigatrices dans cette direction qui depuis a été abandonnée.

Les radiations infra-rouges, cousines germaines des radiations ultra-violettes pourraient se prêter également à la transmission des signaux télégraphiques et téléphoniques. Elles présenteraient sur les précédentes l'avantage d'être moins susceptibles à l'action des poussières atmosphériques qui absorbent très rapidement les ultra-violettes à cause de leur faible longueur d'onde. Si les ondes électriques n'avaient apporté une solution pratique au problème dont nous avons exposé les principes, il est probable



que des chercheurs se fussent trouvés pour faire agir les infra-rouges sur des thermomètres spéciaux et leur faire rendre des signaux écrits ou phoniques. Mais Hertz, Branly et Marconi ont canalisé les recherches dans la voie qui semble, jusqu'à présent, la plus fertile en applications pratiques.

---

## CHAPITRE XVI

### La télé mécanique sans fil.

La télé mécanique réside dans la production d'effets mécaniques à une distance plus ou moins grande de la station qui commande. L'électricité est la mère de la télé mécanique. Grâce à elle, et par l'intermédiaire de fils ou de câbles conducteurs, on peut actionner au loin des machines abandonnées à elles-mêmes. Les horloges électriques appartiennent à cette branche de la science puisque une pendule régulatrice envoie, à des moments égaux, des courants qui entretiennent le mouvement d'un grand nombre d'autres pendules.

La télégraphie et la téléphonie peuvent également être considérées comme des applications de la télé mécanique. Le courant de transmission actionne, en effet, la palette d'un électro-aimant, laquelle provoque soit une impression de signaux, soit le déclenchement de machines qui s'arrêtent dès que les émissions cessent. Ce courant, en agissant indirectement sur la plaque du récepteur téléphonique, produit encore un effet mécanique ayant pour corollaire la reproduction de la parole.

Dès lors la substitution des ondes électriques au fil

conducteur ne modifie en aucune façon le caractère de télé mécanique que présentent la télégraphie et la téléphonie ; elles font partie d'une branche nouvelle de la science : la télé mécanique sans fil. Le professeur Branly s'est particulièrement attaché à montrer que des effets mécaniques autres que ceux se rapportant à la réception des dépêches peuvent être réalisés. Tout appareil susceptible d'obéir à l'impulsion qu'il reçoit d'un fil de ligne, est également apte à enregistrer, d'une manière fidèle, les commandes qui lui seront transmises par l'intermédiaire de l'étincelle électrique.

Pour démontrer ce fait, M. Branly a construit un mécanisme récepteur spécial commandant un certain nombre de circuits différents, chacun de ces circuits comportant un appareillage spécial : groupe de lampes électriques à incandescence, ventilateur électrique, pistolet, électro-aimant porteur, moteur électrique. Avec ce mécanisme le nombre et la diversité des commandes est presque illimité. Des expériences très curieuses eurent lieu au laboratoire de l'Institut catholique et elles furent répétées devant une nombreuse assistance dans la salle du Trocadéro au cours d'une conférence faite par le savant en 1905.

L'organe principal du poste récepteur est un axe distributeur en acier sur lequel sont calés des disques métalliques isolés à la fois les uns des autres et de leur axe commun. Ces disques se partagent en deux groupes bien distincts : disques *interrupteurs* et disques *avertisseurs*.

Le rôle des disques interrupteurs est de fermer et de rompre les circuits auxquels ils sont reliés. Chacun d'eux porte, sur sa circonférence, une saillie dont la



longueur est égale au cinquième de cette circonférence pendant la rotation de l'arbre, les saillies ou cames viennent en contact avec une tige métallique flexible et établissent un circuit, celui auquel est relié le disque. Comme il est nécessaire de produire des effets mécaniques à des moments différents, les cames de contact n'occupent pas la même position sur chacun des disques. M. Branly les a disposés de telle façon que la came du second disque vienne seulement se mettre en contact avec sa tige lorsque celle du premier quitte son contact. Le circuit n° 1 se fermant tout d'abord, le circuit n° 2 se fermera seulement lorsque le premier sera rompu, et les circuits n°s 3, 4, 5, se fermeront dans les mêmes conditions, l'un à la rupture du précédent.

L'axe distributeur est installé sur la face supérieure d'une cage métallique dans laquelle est placé un trépied radio-conducteur et son circuit qui comprend une pile et un relais. Sous l'action d'une étincelle envoyée par le poste transmetteur, le circuit du radio-conducteur, de la pile et du relais se ferme. Ce dernier organe détermine ensuite, par le contact de son levier armature avec un butoir de pile, la fermeture d'un second circuit dans lequel sont intercalés tous les disques interrupteurs et les goupilles correspondantes ainsi qu'un électro-aimant déclancheur.

En définitive trois sortes de circuits sont fermés par l'onde électrique. D'abord le circuit du radio-conducteur avec son relais, ensuite les circuits dits de travail ou des électro-aimants déclancheurs qui ont une partie commune comprenant une pile et deux contacts du relais et des parties distinctes : disques

et goupilles. Ce circuit est fermé lorsqu'une étincelle éclate au moment où la came du disque est en contact avec sa goupille. Enfin les circuits des déclancheurs tout à fait distincts et comportant les appareils à mouvoir qui peuvent être placés dans un même local ou distribués dans des locaux plus ou moins éloignés

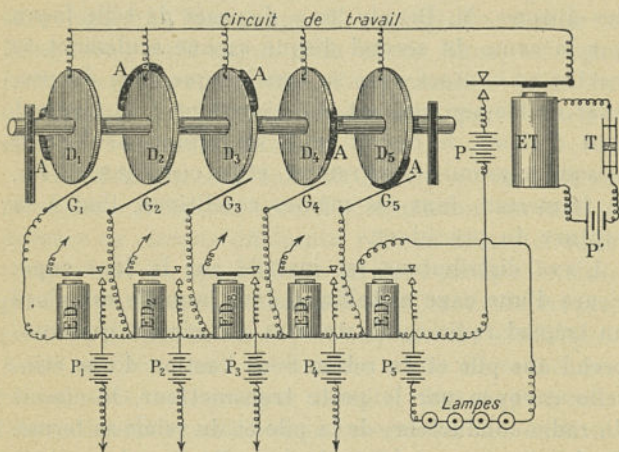


Fig. 86. — Système imaginé par M. Branly pour la télégraphie sans fil (réception).

Notre schéma (fig. 86) permet de se rendre compte aisément de la production de ces phénomènes multiples.

Le premier circuit, celui du tube radio-conducteur, obéit à l'action de l'onde issue de l'étincelle et fait fonctionner normalement le relais ET qui est dit relais de travail. Ce relais ferme le circuit de la pile P' sur celui des disques (D<sub>5</sub>) sur la figure, dont la came A est en contact avec la goupille G et l'électro-déclan-

cheur ED fonctionne comme le précédent relais pour envoyer dans le circuit des lampes, par l'intermédiaire de son armature, un courant d'éclairage.

Cependant les phénomènes ne se produisent pas aussi simplement que nous venons de le montrer. L'opérateur du poste transmetteur doit savoir à quels moments il lui faut faire jaillir une étincelle pour commander tel circuit et non un autre. Le poste récepteur, qui peut être situé à plusieurs centaines

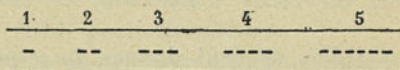


Fig. 87. — Bande portant les signaux de la dépêche de contrôle.

de kilomètres, lui envoie, dans ce but, une dépêche qui le renseignera complètement.

L'envoi de la dépêche est automatique; il s'effectue à l'aide d'un disque spécial appelé disque des temps, muni sur son pourtour de cinq groupes de dents. Le premier groupe a une dent, le second deux, le troisième trois, etc. Ces dents viennent en contact, pendant la rotation du disque, avec un ressort qui ferme le circuit d'une bobine d'induction. Le passage d'une dent détermine l'envoi d'une étincelle. Si par exemple le groupe de cinq dents passe, cinq étincelles éclateront, déterminant l'envoi de cinq traces d'ondes qui inscriront cinq points sur la bande de papier du récepteur Morse constituant le poste de départ avec le manipulateur servant à l'envoi des étincelles. L'opérateur ayant lusur la bande les cinq points successifs, sait que la came du disque n° 5 entre en contact avec



sa goupille et que, par conséquent, le circuit des lampes est fermé. Il appuie alors sur son manipulateur et envoie un train d'ondes qui fait fonctionner instantanément les trois circuits.

Notre schéma montre bien pourquoi les autres appareils ne sont pas actionnés : les cames ne sont pas en contact avec leurs goupilles.

Le poste récepteur est encore pourvu d'une autre série de disques que l'on nomme disques de contrôle et qui permettent à l'opérateur de s'apercevoir si l'effet qu'il a cherché à produire a réellement eu lieu.

Un tel système ne peut donner de résultats pratiques que si le radio-conducteur est soustrait à l'action des ondes étrangères par un procédé quelconque ou par la syntonie. M. Branly s'est attaché à résoudre ce problème sans avoir recours à la seconde méthode qui est cependant la seule actuellement en usage dans le télégraphie sans fil. Par l'emploi d'un interrupteur rotatif intervenant encore dans l'établissement des circuits il est parvenu à apporter une solution, ingénieuse mais qu'il considère encore lui-même comme étant trop compliquée.

Tout récemment M. Branly a construit, dans son laboratoire, un autre appareil protecteur dans lequel l'organe principal est un disque métallique circulaire capable d'occuper deux positions différentes l'obligeant à tourner dans un sens ou dans l'autre. Dans ces diverses positions le disque détermine des fermetures et des ouvertures de circuit et des déplacements de pièces mobiles utilisées en vue du résultat cherché.

Trois séries d'expériences ont eu lieu ; il nous paraît nécessaire de les décrire.

On opère d'abord sans étincelles perturbatrices. Des flux d'étincelles coupés par des interruptions sont lancés automatiquement du poste de départ par un excitateur tournant mis en marche par un mouvement d'horlogerie, grossièrement accordé avec celui qui entraîne le disque de l'appareil de sécurité au poste récepteur. Normalement l'effet mécanique désiré se produit.

L'appareil est ensuite exposé aux étincelles perturbatrices d'un poste quelconque. Ces étincelles sont discontinues ou prolongées. Elles ne produisent aucun effet sur le poste récepteur.

Enfin, en présence des étincelles perturbatrices produites par une station de télégraphie sans fil située à proximité des appareils télémechanique, on lance du poste transmetteur de commande les ondes actives coupées par des interruptions. Dans ce cas l'effet désiré est produit comme si les étincelles perturbatrices n'existaient pas.

On voit, d'après ces trois expériences, que le nouvel appareil de syntonisation mécanique se comporte d'une manière très satisfaisante. Il constitue doré et déjà un grand perfectionnement et M. Branly en continue l'étude, car il reste encore soumis à l'action perturbatrice des ondes entretenues.

A côté du savant qu'est M. Branly, d'autres chercheurs travaillent le même problème en vue d'une application pratique immédiate. La solution la plus intéressante est certainement celle de la direction des torpilles. La torpille est l'engin destructeur le plus puissant qu'ait produit l'art militaire. Habilement lancée, elle détruit en une minute le plus colossal des cuirassés si elle atteint son but. Pendant la guerre

russo-japonaise on a pu s'apercevoir combien il est difficile aux torpilleurs d'approcher des cuirassés, et les mines sous-marines ont fait autant de mal aux escadres que les torpilles.

La télémechanique sans fil étant résolue, le sort d'une flotte serait à la merci de l'onde électrique qui dirigerait la torpille à sa guise contre le but choisi à l'avance, sans que celui-ci pût lui échapper. La direction des torpilles par les ondes mettrait aux mains de la nation qui en détiendrait le secret l'arme la plus formidable que le génie humain eût jamais rêvée. C'est la raison pour laquelle tant de chercheurs s'acharnent sur cette solution. M. Gabet paraît avoir été jusqu'ici l'un des plus heureux; mais avant de nous prononcer d'une manière absolue sur la valeur réelle de son invention, il est prudent d'attendre les expériences définitives auxquelles l'engin doit être soumis.

La torpille se présente sous une forme différente des appareils analogues employés actuellement dans les marines militaires. Elle est constituée par un corps cylindrique, terminé de part et d'autre en ogive, dans lequel prennent place le moteur et tous les organes mécaniques et électriques utilisés pour la propulsion, pour la commande à distance, ainsi que la charge d'explosif. L'hélice et le gouvernail seuls sont extérieurs. Au-dessus, porté par des montants fixés sur la plate-forme, se trouve un flotteur cylindrique également terminé en pointes; il est surmonté des supports des antennes réceptrices des ondes. Le poids total de l'engin est de quatre mille kilogrammes environ, dans lesquels 1.800 kilogrammes sont représentés par le moteur de 200 à 300 chevaux nécessaire à la propulsion.



L'organe essentiel de cette torpille est le *télécom-mulateur* récepteur; mais il ne saurait résoudre seul le problème de la radio-mécanique dont la solution

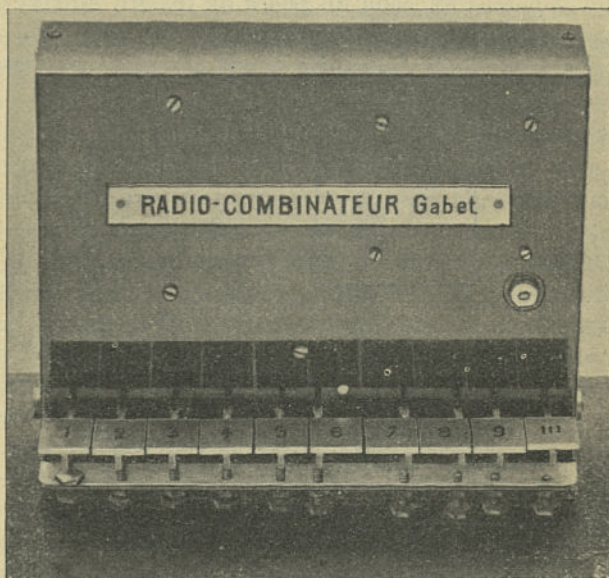


Fig. 88. — Radio-combinateur Gabet.

exige, ainsi que nous l'avons vu, un appareillage spécial pour soustraire les détecteurs d'ondes à l'action perturbatrice des étincelles provenant des appareils placés dans la coque même de la torpille à côté de ces détecteurs, et surtout à celle des ondes émises intentionnellement ou accidentellement par d'autres postes appartenant soit à la côte, soit aux navires

voisins. M. Gabet garde encore secrets les montages auxquels il a recours pour soustraire son récepteur aux ondes étrangères.

Le principe sur lequel repose le fonctionnement des appareils est celui du *retard au contact*, différent par conséquent de la distribution par disques.

La commande transmise ayant été reçue par les

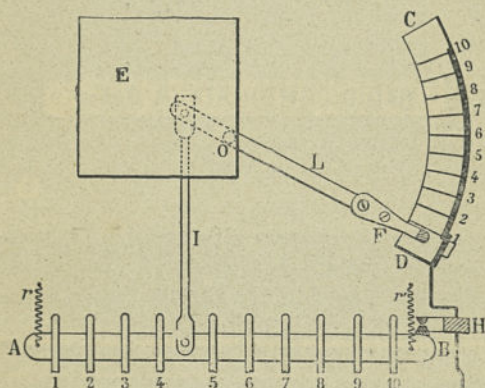


Fig. 89. — Schéma du radio-combinateur Gabet.

organes récepteurs, ceux-ci se mettent en mesure d'entrer en fonction, mais cette fonction ne s'accomplit qu'un instant après, avec un retard. Grâce à lui plusieurs circuits peuvent être franchis sans que les appareils aient le temps de les enregistrer; ils fonctionnent seulement deux secondes et demie après que la commande a été ordonnée au poste de départ.

L'appareil de commande s'appelle le *radio-combinateur*; il appartient au poste de départ et affranchit l'opérateur du soin matériel de la manipulation

hertzienne. Il suffit, en effet, d'appuyer sur l'une des touches (fig. 88) pour actionner à distance l'organe désigné par cette touche. Il comporte un clavier de 22 centimètres de longueur fait de dix touches numérotées de 1 à 10; ces touches reposent sur une barre horizontale AB (schéma fig. 89) solidaire d'une tige I qui commande un levier L articulé au point O. Ce levier est terminé par un ressort de contact F frottant sur un secteur CD en ébonite, porteur de segments en cuivre numérotés dans le même ordre que les touches et établissant et coupant successivement un circuit. Le courant électrique arrive par l'axe du levier L convenablement isolé et va ensuite actionner un manipulateur asservi après être passé par le contact H. Celui-ci est fermé seulement lorsque la barre AB ramenée par les deux ressorts antagonistes *rr* se trouve dans la position indiquée par notre schéma.

Les touches agissent sur les leviers qui provoquent le déplacement dans le sens vertical de la barre AB. Ce déplacement est variable, et l'amplitude du mouvement s'accroît de la touche 1 à la touche 10; le levier L obéit à ces mouvements, le frotteur F parcourt les segments et vient se placer sur celui correspondant à la touche. Le courant ayant été coupé en H pendant l'ascension du frotteur, ce dernier établit, dans sa descente, le nombre de contacts correspondant à l'emplacement de la touche sur laquelle a appuyé l'opérateur.

Grâce à cet appareil extrêmement simple, la manœuvre peut être exécutée par n'importe quel opérateur; celui-ci n'a qu'à obéir à l'ordre qui lui est donné d'appuyer sur telle ou telle touche. Le commandant



porte donc son attention sur les éclipses des phares du flotteur afin de contrôler la marche des appareils placés à l'intérieur de la torpille.

L'appareil récepteur distributeur s'appelle le *télécommutateur*; il est placé à l'intérieur de la torpille. Il comporte un levier AIB oscillant autour du point I.

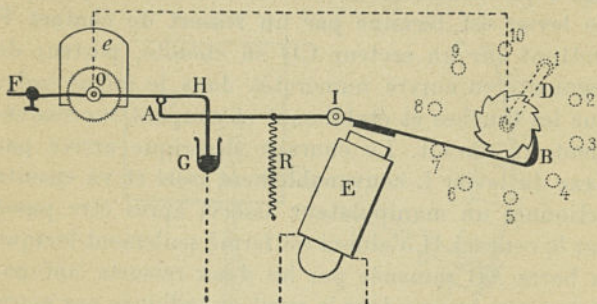


Fig. 90. — Schéma du télécommutateur Gabet.

sous l'appel d'un électro-aimant E intercalé dans le circuit récepteur de T. S. F. L'extrémité B de ce levier porte un cliquet qui, à chaque contact, fait progresser d'une dent la roue à rochet. L'axe de cette roue est pourvu d'un toucheau D situé derrière la planchette, obéissant aux mouvements de la roue et venant successivement en contact avec les plots correspondant respectivement aux contacts du radio-combinateur et, par le fait, aux pressions exercées sur les touches.

Le problème consiste donc à amener le toucheau D sur un plot correspondant à la commande désirée sans passer électriquement par les plots intermédiaires. Ce résultat est obtenu par l'organe du retard

au contact agissant sur le levier AIB par le système qui lui est solidaire au point A. Ce système comporte un levier FOH articulé au point O et dont une des extrémités plonge dans un godet à mercure G. Lorsqu'un courant traverse l'électro E, la branche A du levier AIB soulève le levier FOH et l'extrémité H quitte le mercure. Elle redescend ensuite lentement avec un retard d'environ deux secondes et demie obtenu par un petit régulateur à ailettes solidaire d'un train d'engrenages sollicité à chaque appel par le poids du levier FOH lui-même. D'autre part le courant d'utilisation passe au godet de mercure avant de se rendre aux plots de distribution. Or, dans la position d'appel du cliquet, le levier FOH est relevé : le courant est coupé et c'est la raison pour laquelle il ne passe pas dans les plots à ce moment. On peut donc franchir successivement les dix plots sans que le courant y parvienne, à la condition de ne pas donner au levier FOH le temps de redescendre. Il suffit d'émettre des trains d'ondes rapprochés par un intervalle inférieur à deux secondes et demie pour éviter la formation de signaux autres que celui commandé. Les contacts parcourus par l'appareil transmetteur envoient bien des courants, mais ces courants, qui actionnent pourtant le détecteur d'ondes, demeurent sans action sur le télécommutateur. Celui-ci, agissant seulement lorsque le toucheau de la roue se pose pendant plus de deux secondes et demie sur un des plots qu'il est susceptible de parcourir.

Les circuits fermés, comme nous l'avons montré, vont agir, soit sur des embrayages magnétiques, soit sur des servo-moteurs chargés d'exécuter la manœuvre désirée. Dans la torpille radio-automatique,

ce sont des embrayages magnétiques actionnés par le moteur lui-même qui commandent ainsi la rotation du gouvernail et celle des ailes des hélices réversibles permettant la marche avant et la marche arrière.

Le levier AIB commande également un jeu d'éclipses des phares situés à la tête des mâts porte-

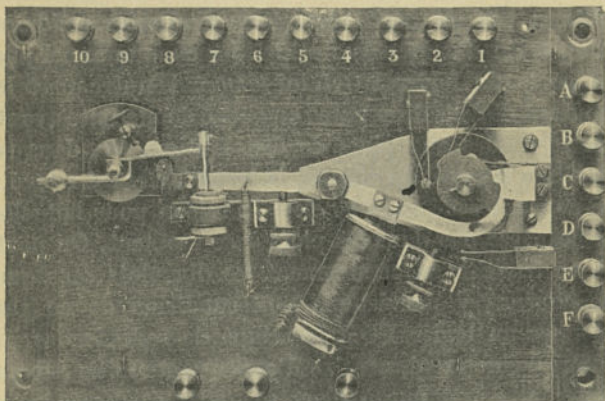


Fig. 91. — Le télécommutateur Gabet.

antennes; d'après les éclipses, l'opérateur placé à distance peut surveiller l'exécution des commandes, et grâce au retard au contact, arrêter une commande fausse avant qu'elle soit exécutée par la torpille. Ce procédé de contrôle optique, qui tient lieu du transmetteur Morse automatique de M. Branly, s'applique à la direction en plein jour aussi bien que pendant la nuit. Les phares sont oxy-acétyléniques à pastille incandescente et d'une puissance de 20.000 bougies



Ajoutons, pour compléter les renseignements que nous avons recueillis de M. Gabet lui-même, que, n'étant plus astreint au lancement dans un tube lance-torpille, cet engin peut porter une charge de 900 kilogrammes d'explosif, soit sept à huit fois supérieure à celle des torpilles actuelles. Dans ces conditions, tout cuirassé touché serait immédiatement coulé, quels que soient son tonnage et son système de cloisonnement.

Le problème de la direction des torpilles, une fois résolu, donnera la maîtrise absolue de la mer à la nation qui en sera la bénéficiaire.

---

À l'heure actuelle août 1915 on con-  
que les plus forts appareils radiotélé-  
pourraient à 100 m de distance sauter  
1 gramme d'1 cm de hauteur



# TABLE DES MATIÈRES

---

	Pages
AVANT-PROPOS.....	IX
CHAPITRE I. — Le télégraphe Morse.....	1
— II. — Hertz, Branly, Popoff, Marconi.....	5
— III. — Un poste de télégraphie sans fil.....	9
— IV. — Les ondes électriques.....	23
— V. — Analogie entre les ondes électriques et les ondes lumineuses.....	32
— VI. — Rôle de l'amortissement, syntonisation.	36
— VII. — L'antenne.....	42
— VIII. — Poste transmetteur de T. S. F.....	51
— IX. — Poste récepteur.....	59
— X. — La direction des ondes.....	68
— XI. — Histoire du poste de la tour Eiffel.....	75
— XII. — Max Wien, Telefunken, Von Lepel....	83
— XIII. — Les applications de la télégraphie sans fil.	109
— XIV. — La téléphonie sans fil.....	147
— XV. — Solutions diverses se rapportant à la télégraphie et à la téléphonie sans fil	158
— XVI. — La télémechanique sans fil.....	179

---

PARIS. — IMPRIMERIE LEVÉ, RUE DE RENNES, 71