

442

111

2. rue Saint-Georges  
LILLE

A.-C. CATTIN

LIEUTENANT AU 5<sup>e</sup> BATAILLON D'INFANTERIE LÉGÈRE D'AFRIQUE

# Télégraphie et Téléphonie

SANS FILS

CONFÉRENCE

Faite le 11 mai 1905 à MM. les Officiers des troupes de forteresse  
de la place de Toul  
et le 9 janvier 1907 à MM. les Officiers du 26<sup>e</sup> régiment d'infanterie  
à Nancy

AVEC 23 FIGURES DANS LE TEXTE

NANCY

LIBRAIRIE BUVIGNIER, V. BERGER, SUCCESSEUR

13, RUE SAINT-GEORGES, 13

1908





26 oct. 99  
N-16  
R-2



BMIC 45

# Télégraphie et Téléphonie

SANS FILS

Télégraphie et Téléphonie

SANS FILS

N° Bib 3880381-103801



A.-C. CATTIN

LIEUTENANT AU 5<sup>e</sup> BATAILLON D'INFANTERIE LÉGÈRE D'AFRIQUE

# Télégraphie et Téléphonie

## SANS FILS

### CONFÉRENCE

Faite le 11 mai 1905 à MM. les Officiers des troupes de forteresse  
de la place de Toul

et le 9 janvier 1907 à MM. les Officiers du 26<sup>e</sup> régiment d'infanterie  
à Nancy

AVEC 23 FIGURES DANS LE TEXTE

NANCY

LIBRAIRIE BUVIGNIER, V. BERGER, SUCESSEUR

13, RUE SAINT-GEORGES, 13

1908

20<sup>e</sup> CORPS D'ARMÉE

---

ORDRE DU CORPS D'ARMÉE

---

Avec beaucoup de clarté et de méthode, M. le lieutenant Cattin a su résumer en une seule conférence, avec des bases scientifiques très nettes, la théorie et la genèse de la télégraphie sans fil.

Bien que n'étant pas d'un intérêt purement militaire, cette étude semble devoir trouver sa place dans une bibliothèque de garnison ; elle mérite d'être citée à l'ordre du corps d'armée.

*Le général commandant,*

Signé : MICHAL.

## INTRODUCTION

---

Durant quatre années consécutives, 1903, 1904, 1905 et 1906, j'ai été chargé de l'organisation des conférences au fort de Vилley-le-Sec, où mon bataillon était détaché; en 1907, la direction de ce même service m'était confiée à la portion principale de mon corps à Nancy. Au cours de ces quatre années, je me suis souvent heurté à de grandes difficultés lorsque j'ai dû préparer une causerie en quelques jours.

Les seules causeries qui intéressent vraiment le soldat sont celles qu'accompagnent des projections lumineuses; or, les vues prêtées par certaines sociétés civiles doivent être retournées dans la huitaine, délai de rigueur, si l'on ne veut nuire à ceux qui attendent; il faut concilier ces exigences avec celles du métier militaire, par conséquent, faire très vite.

En outre, le choix porte sur six séries de vues différentes, la série disponible est seule envoyée; il est donc impossible de préparer sa conférence antérieurement. De plus, quels sont les sujets les plus fréquemment traités? Des sujets d'actualité, aussi divers que possible, qu'un officier, au cours de sa préparation professionnelle, n'a pas étudiés bien à fond : *la fabrica-*

*tion du fer et des divers métaux*, par exemple ; *les automobiles, la navigation sous-marine ou aérienne, etc.* ; ou bien des questions sociales, économiques, coloniales, sur lesquelles il ne saurait être permis de discourir au hasard, dépourvu de données précises, surtout à l'heure actuelle, où l'on rencontre parmi nos soldats des spécialistes, des praticiens de toutes les branches scientifiques modernes. Il faut donc préparer, et ce n'est pas toujours facile, surtout quand on est isolé ; on manque de documents récents et précis ; même si l'on dispose des ressources d'une excellente bibliothèque de garnison, les livres nécessaires font défaut ou sont en mains. Dans tous les cas, les recherches à faire dans une dizaine de volumes et autant de revues sont toujours longues et, comme je l'ai dit, souvent incompatibles avec le temps dont l'on dispose, sous peine de restreindre dans des proportions inadmissibles le nombre des causeries, ou de les cantonner dans des sujets sans intérêt.

Tels sont les obstacles que rencontre le conférencier ; c'est pour obvier à ces inconvénients, du moins dans l'une des innombrables parties composant la série des conférences utiles à faire aux sous-officiers et soldats, que j'ai rédigé le travail ci-après.

Mon but n'a été que de faciliter la tâche de mes camarades conférenciers, en leur permettant de préparer un sujet aussi vaste que la télégraphie et la téléphonie sans fils, en quelques heures, avec des documents suffisants et suffisamment récents.

J'ai cru bon de joindre à mon travail écrit quelques planches représentant, amplifiés, les principaux appareils en usage. Ces planches peuvent à la rigueur remplacer les projections et rendent les explications plus claires et plus faciles, le tout sans autre prétention que la simplicité et la mise à la portée de tous.

CATTIN.

---

L'histoire de la langue française est une histoire de transformations. Elle est le fruit de siècles de mutations, de créations et de destructions. Elle est le produit d'un processus continu de changement, de renouvellement et de perfectionnement. Elle est le résultat d'un effort collectif, d'un travail commun, d'une collaboration constante. Elle est le témoignage d'une civilisation qui a su s'adapter, qui a su évoluer, qui a su progresser. Elle est le reflet d'une société qui a su se construire, qui a su se défendre, qui a su se développer. Elle est le symbole d'une culture qui a su s'ouvrir, qui a su se partager, qui a su se transmettre. Elle est le fondement d'une identité, d'un patrimoine, d'une mémoire. Elle est le lien qui nous unit à nos ancêtres, qui nous relie à nos contemporains, qui nous ouvre à l'avenir. Elle est la source de notre inspiration, de notre créativité, de notre imagination. Elle est le moteur de notre progrès, de notre innovation, de notre réussite. Elle est le cœur de notre existence, de notre vie, de notre amour. Elle est le sens de notre être, de notre agir, de notre penser. Elle est la lumière de notre chemin, de notre route, de notre voyage. Elle est la vie de notre monde, de notre univers, de notre cosmos. Elle est la beauté de notre existence, de notre humanité, de notre planète. Elle est la gloire de notre civilisation, de notre culture, de notre histoire. Elle est la fierté de notre nation, de notre peuple, de notre pays. Elle est la force de notre unité, de notre cohésion, de notre solidarité. Elle est la joie de notre vie, de notre bonheur, de notre espoir. Elle est la paix de notre cœur, de notre âme, de notre conscience. Elle est la vérité de notre monde, de notre existence, de notre humanité. Elle est la sagesse de notre sagesse, de notre science, de notre philosophie. Elle est la beauté de notre art, de notre littérature, de notre musique. Elle est la grandeur de notre esprit, de notre intelligence, de notre raison. Elle est la puissance de notre volonté, de notre courage, de notre détermination. Elle est la gloire de notre victoire, de notre triomphe, de notre succès. Elle est la vie de notre monde, de notre univers, de notre cosmos. Elle est la beauté de notre existence, de notre humanité, de notre planète. Elle est la gloire de notre civilisation, de notre culture, de notre histoire. Elle est la fierté de notre nation, de notre peuple, de notre pays. Elle est la force de notre unité, de notre cohésion, de notre solidarité. Elle est la joie de notre vie, de notre bonheur, de notre espoir. Elle est la paix de notre cœur, de notre âme, de notre conscience. Elle est la vérité de notre monde, de notre existence, de notre humanité. Elle est la sagesse de notre sagesse, de notre science, de notre philosophie. Elle est la beauté de notre art, de notre littérature, de notre musique. Elle est la grandeur de notre esprit, de notre intelligence, de notre raison. Elle est la puissance de notre volonté, de notre courage, de notre détermination. Elle est la gloire de notre victoire, de notre triomphe, de notre succès.

GATIN

LILLE  
rue du Lombard  
ET COLONIALE  
SOCIÉTÉ COMMERCIALE

# Télégraphie et Téléphonie

## SANS FILS

### TÉLÉGRAPHIE ÉLECTRIQUE SANS FILS

Si, avant d'aborder l'étude sommaire de la *télégraphie électrique sans fils* qui fait l'objet de cette conférence, nous jetons un regard vers le passé, il sera peut-être intéressant de constater, qu'à toutes les époques depuis la genèse, les hommes ont senti la nécessité de pouvoir communiquer leur pensée rapidement et à grande distance, sans le secours d'aucun conducteur, au moyen de signaux convenus.

Les moyens de transmission de la pensée par un code de signaux furent naturellement limités par l'étendue des facultés visuelles et auditives des organes humains; cette limite s'étendit chaque jour, au fur et à mesure des progrès réalisés dans le domaine de l'acoustique et de l'optique, par la création d'instruments divers, lunettes d'approche, porte-voix, etc.

Cette nécessité pour l'homme d'avoir la possibilité, en un moment voulu quelconque, de se mettre subtilement en relation avec ses semblables, s'est transmise d'âge en âge, et n'est certainement pas l'une des moindres causes qui orientèrent dans ce sens les études de bon nombre de savants physiciens dont les découvertes successives ont rendu possible et pratique la *télégraphie électrique sans fil*.

Dans les temps anciens, c'est la guerre surtout qui créa cette nécessité de pouvoir communiquer entre amis en un langage insaisissable pour l'ennemi, entre un château, une ville assiégés et l'armée de secours, entre une flotte et la côte. Chacun sait combien fut cruelle aux Parisiens, pendant le siège de 1870-1871, la privation de nouvelles de l'extérieur; nous dirons, d'ailleurs, plus loin, deux mots des efforts tentés pour satisfaire cet obsédant besoin. De nos jours encore, dans les débuts tout au moins, c'est dans le domaine militaire que se sont localisés les emplois de la *télégraphie électrique sans fil* avant de passer dans la vie usuelle des peuples.

Jusqu'en 1792, les moyens de communication demeurent très restreints, surtout très rudimentaires, ne permettant pas un échange de longues dépêches dans un temps relativement court et à des distances considérables. En 1792, CHAPPE invente son télégraphe à postes fixes par utilisation des points culminants du terrain.

Le système de télégraphie Chappe, dont le code possédait 98 signaux, subsista en France jusqu'en 1848; il comprenait 534 stations, desservant 5 000 kilomètres de lignes. Chacun connaît l'histoire de la première de ces lignes, établie entre Paris et Lille, comptant 16 stations et qui put, en quatre minutes seulement, annoncer à la Convention les succès de l'armée du Nord.

Vers 1820, l'Allemand GAUSS réalisa de bonnes communications optiques, à des distances variant entre 30 et 40 kilomètres, au moyen d'un simple petit miroir-plan recevant les rayons solaires, qui étaient ensuite dirigés sur un point voulu de l'espace. Cet appareil fort rustique appelé *héliotrope* fut, en 1848, donné à toute l'armée prussienne.

Un Anglais, MANCE, perfectionna l'héliotrope de Gauss; l'armée anglaise fut dotée du nouvel appareil qui rendit, selon plusieurs relations anglaises et étrangères, de signalés services au cours de la récente campagne sud-africaine.

En France, les colonels LAUSSEDAT et MANGIN amenèrent la télégraphie optique au point où elle en est aujourd'hui : appareils de divers modèles, lentilles, miroirs pour le soleil, lampes à pétrole, lampes à alcool ou électriques pour la nuit ou les temps brumeux, interrupteurs permettant la transmission du code Morse, appareils actuellement en service dans les corps et les états-majors et donnant de bons résultats entre 30 et 40 kilomètres.

Tous ces genres de télégraphie reposent sur un principe connu : la *théorie des vibrations* ; la télégraphie acoustique est une application des vibrations sonores comme la télégraphie optique en est une autre des vibrations lumineuses ; la télégraphie électrique sans fil, elle, est une application des vibrations électriques qui, d'ailleurs, ainsi que l'ont démontré de récents travaux, sont identiques aux vibrations lumineuses.

Le cadre de cette conférence ne me permet pas, même en les résumant succinctement, d'exposer les nombreuses théories et expériences qui ont, au cours de ces dix dernières années, démontré l'identité des ondes lumineuses et électriques, créant ainsi les lois nouvelles de leur propagation ; cependant, pour l'intelligence de ce qui va suivre, il serait préjudiciable de les passer entièrement sous silence, il est donc nécessaire d'en esquisser au moins les grandes lignes.

## VIBRATIONS

Dans un milieu donné, un corps vibre quand il est soumis à une succession de modifications mécaniques, identiques entre elles, ayant même durée, qu'on dénomme *période vibratoire*.

Si on fait vibrer un diapason, si on écarte de leur position de repos un pendule, l'extrémité d'une lame d'acier flexible et qu'on les abandonne ensuite à eux-mêmes, les vibrations qui se produisent sont une suite de déplacements

de part et d'autre d'une position d'équilibre, et après un nombre entier de périodes vibratoires, le diapason, le pendule, la lame d'acier reviennent à l'état premier, c'est-à-dire au repos.

Lorsque, par un moyen quelconque, on enregistre les vibrations d'un corps, d'un style en acier, par exemple, on obtient une courbe festonnée (fig. 1, ligne pointillée), sur laquelle on peut vérifier que la longueur de chacun des

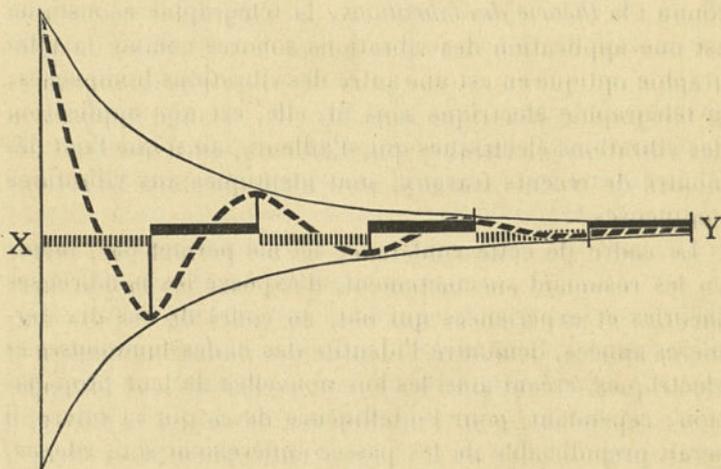


Fig. 1. — Ondes.

festons est égale, demeurant indépendante de leur profondeur : les vibrations sont donc isochrones. Ce sont ces vibrations qui, prenant naissance dans un milieu élastique, produisent les *ondes* dont la propagation dans le milieu fixe considéré se fait selon la ligne festonnée de la figure 1 semblable à celle des vibrations. Exemple :

Lance-t-on une pierre dans une nappe d'eau tranquille, le point où le choc se produit devient le centre d'une onde circulaire dont le rayon croît avec une vitesse constante, proportionnellement au temps, tout en diminuant progressivement d'intensité.

**Longueur d'onde.** — Si nous représentons par  $V$  la distance qui, une seconde après l'ébranlement, sépare l'onde finale de l'onde initiale; par  $n$  le nombre des ondulations qui se sont produites pendant le même temps, nous pouvons écrire :

$$\lambda = \frac{V}{n},$$

la lettre  $\lambda$  représentant la longueur d'onde, donnée qui, comme nous le verrons plus loin, a une importance prépondérante en *télégraphie électrique sans fil*.

Plaçons maintenant une barbe de plume, un bouchon de liège, un corps léger quelconque à la surface du liquide ébranlé, nous verrons ce corps monter puis redescendre au passage de l'onde tout en demeurant exactement à sa place primitive; c'est donc qu'aussitôt après le passage de l'onde tout mouvement a cessé dans le milieu; les particules de ce dernier sont retombées au repos après avoir, sans déplacement propre, transmis le mouvement à leurs voisins.

Dans les milieux élastiques tout se passe d'une manière identique.

Lorsqu'en un point quelconque d'un milieu élastique on produit un ébranlement, il se propage de proche en proche, donnant naissance à une onde à l'intérieur de laquelle tout mouvement a cessé, se développant autour du centre d'ébranlement sans déformer le milieu. Si l'onde considérée prend naissance et se développe dans un milieu homogène, elle possède des propriétés identiques dans toutes les directions et devient alors une sphère dont le rayon augmente proportionnellement au temps.

Nous venons, bien entendu, de considérer le cas d'un ébranlement momentané et unique; si ce centre d'ébranlement devient le siège d'un mouvement vibratoire, les ondes produites à chaque période seront des sphères concentriques équidistantes d'une longueur d'onde et dont le rayon est dit rayon de propagation.

Plusieurs ondulations ayant pour origine soit le même centre d'ébranlement, soit des centres différents, un régime vibratoire identique ou variable, peuvent se superposer, annihiler mutuellement leurs effets ou, inversement, ajouter leurs énergies respectives dans une composante plus puissante, pour s'annihiler à nouveau plus loin; toutes ces questions sont suffisamment traitées dans les moindres cours de physique, nous les passons donc sous silence, nous contentant de les signaler.

**Ondes sonores.** — Le son, sous ses formes multiples, naît du mouvement vibratoire d'un corps quelconque. Les vibrations sonores ne produisent d'ondes que dans les milieux pondérables, les solides, les liquides, les gaz. Les ondes sonores se propagent avec une vitesse particulière à chaque milieu et à chaque état de ce même milieu, ainsi : dans l'air à 0° le son parcourt 331 mètres à la seconde, il en parcourt 340 dans l'air à + 16° C.

La propagation des ondes sonores se fait par transmission de pressions, ce qui, comme nous le verrons plus loin, n'est pas le cas des ondes lumineuses et électriques.

L'amplitude de l'onde considérée est naturellement d'autant plus grande que la vibration qui en a déterminé l'existence est plus intense, comme l'amplitude de l'onde liquide est en rapport direct avec l'énergie du choc initial. De même, l'amplitude de l'onde sonore diminue proportionnellement au carré du rayon de propagation.

La vérification expérimentale de la propagation des ondes sonores se fait au moyen de diapasons accordés; faisons vibrer un diapason, le son produit se propage en ondes sphériques autour du point d'émission. Si maintenant, dans le champ acoustique ainsi produit, nous plaçons un ou plusieurs diapasons accordés avec le premier, ils vibrent aussitôt à l'unisson; c'est-à-dire que les vibrations dont ils sont le siège sont identiques à celles qui ont ébranlé le diapason initial.

Les ondes sonores se réfléchissent, produisant ainsi l'écho, sont dirigeables et soumises aux lois générales de la dispersion, de la réfraction, de l'interférence et de l'interruption comme les ondes lumineuses dont nous allons dire quelques mots.

**Ondes lumineuses.** — De nombreuses expériences ont démontré que tout point lumineux est le siège d'un mouvement vibratoire et que la propagation de la lumière s'opère, comme celle du son, par ondes successives. Il a été dit plus haut que les ondes sonores ne prenaient naissance et ne se développaient que dans les milieux pondérables ; la lumière, elle, franchit les espaces que nous appelons *vides*, en impressionnant un milieu spécial : l'Éther.

Jusqu'à nos jours, la faiblesse de sa masse spécifique a rendu l'Éther absolument impondérable. C'est un milieu élastique, ininterrompu et homogène, remplissant l'univers entier, capable de transporter, à travers l'espace et sans aucune perte, toutes les formes de l'énergie, son, chaleur, lumière, électricité ; ceci étant demeuré toutefois dans le domaine de la constatation pure et simple, sans qu'on puisse en découvrir le caractère propre et défini, ni le mécanisme.

Une perturbation, un ébranlement quelconque vient-il à se manifester dans la matière, l'Éther est influencé selon des ondulations qui se propagent en ligne droite à travers l'espace. La présence de ces ondulations peut être révélée par toute organisation mécanique, animale ou chimique, capable de se laisser à son tour influencer par elles. Dans cet ordre d'idées, la lumière est perçue par l'œil, la chaleur par la peau, le son par l'oreille ou le diapason, l'électricité par le galvanomètre.

« L'Éther, a dit l'un des plus éminents physiciens contemporains, M. Thomson, est la raison même du verbe *onduler*. Nous devons nous contenter de savoir qu'il existe et qu'il transmet les énergies sous forme d'ondes définies, avec une vitesse connue, qu'il est parfait par nature, mais qu'il

demeure aussi indéchiffrable que la pesanteur, la vie ou la pensée. »

Les divers travaux sur la propagation de la lumière donnèrent les résultats suivants :

Vitesse de propagation : 300 000 kilomètres par seconde ;

Période vibratoire : la milliardième partie d'un milliennième de seconde ;

Plus grande longueur d'onde : 0<sup>mm</sup> 000 166.

C'est en étudiant les lois du transport des énergies par l'Éther que Faraday d'abord, puis Maxwell, Siemens, Blondlot, conclurent non seulement à l'analogie, mais à l'identité absolue des ondes lumineuses et des ondes électriques.

Faraday, qui le premier constata les phénomènes d'induction, prouva que tout circuit électrique était le siège d'un mouvement vibratoire se propageant dans l'espace suivant des ondulations probablement analogues aux vibrations lumineuses. La solution n'était pas absolue, il restait un côté de l'hypothèse à vérifier. Maxwell d'abord, puis Zeemann, Blondlot, Siemens, assumèrent cette tâche et ne tardèrent pas à démontrer que le maître avait pronostiqué juste.

Pour Maxwell, lumière et électricité ne font qu'un, n'ayant pour seule distinction que la perceptibilité oculaire d'une part et l'imperceptibilité d'autre part ; phénomène expliqué d'ailleurs ainsi que la différence de dispersion, la différence d'aptitude à la diffraction, par un écart constaté entre les périodes vibratoires lumineuses et électriques. En effet, la plus petite longueur d'onde électrique obtenue jusqu'à ce jour est 3 millimètres, correspondant à un régime vibratoire de 100 milliards d'oscillations à la seconde ; or, notre œil ne peut percevoir que les vibrations comprises entre 497 et 728 billionnièmes de seconde.

Pour appuyer leurs théories, Maxwell, Blondlot, Siemens, etc., démontrèrent :

1° Que la vitesse de propagation des ondes lumineuses et électromagnétiques était la même ;

2° Qu'un rayon lumineux ayant son point d'émission dans un champ magnétique était complètement modifié par ce champ ; son spectre se trouvant doublé, triplé même, selon le cas ;

3° Que les ondes électromagnétiques sont, comme les ondes lumineuses, soumises aux lois de la réflexion, de la réfraction, de l'interruption, de l'interférence, de la dispersion, et la théorie des ondulations, limitée jusque-là dans le domaine de l'acoustique et de l'optique, avait définitivement conquis celui de l'électricité, la part du lion de la physique moderne.

Nous avons vu plus haut que la longueur minimum d'onde électrique obtenue jusqu'à ce jour (exception faite pour les rayons X et les rayons N, insuffisamment repérés pour qu'on ait pu les classer dans le diagramme du spectre) était de 3 millimètres. Il est très probable, même certain, que si, par un procédé quelconque, on arrivait à rendre cette longueur d'onde, par conséquent les deux régimes vibratoires électromagnétique et lumineux égaux entre eux, on obtiendrait la synthèse de la lumière. Cette lumière serait obtenue sans dépenser préalablement une énergie considérable pour produire une chaleur minimum de 800 degrés nécessaire à l'existence du foyer lumineux, seul capable de mettre en mouvement les particules d'Éther ; ce serait la lumière froide du ver luisant, et les ondes électromagnétiques seraient comprises dans le domaine de la visibilité.

Nous venons de voir succinctement le mode de propagation des ondes électriques à travers l'Éther, passons rapidement en revue maintenant les phénomènes généraux et les lois de l'induction.

## INDUCTION

En 1831, Faraday constata que, si dans le voisinage d'un circuit  $a$  (fig. 2), parcouru par un courant électrique, on plaçait un second circuit fermé comme le premier  $a'$ , mais

complètement isolé et dépourvu de toute source d'électricité, il se manifestait par simple influence un courant dans le second circuit.

Le circuit *a* fut appelé circuit primaire ou inducteur, le circuit *a'* circuit secondaire ou induit.

Faraday remarqua de plus que le phénomène d'induction se produisait avec plus d'intensité si le circuit primaire

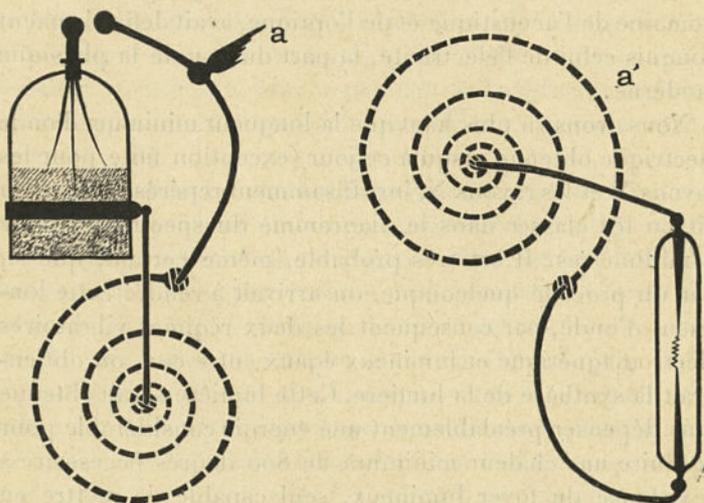


Fig. 2. — Induction.

inducteur *a*, au lieu d'être parcouru par un courant continu, l'était par un courant oscillant produit par les décharges d'un condensateur, une bouteille de Leyde par exemple ; dans ce cas, un tube de Geissler placé dans le circuit secondaire ou induit s'illuminait rapidement. Le principe de la télégraphie électrique sans fils était trouvé, mais ces phénomènes d'induction d'un circuit actif sur un circuit neutre n'étaient sensibles qu'aux faibles, même très faibles distances, tellement peu sensibles qu'ils avaient pu échapper à des observateurs tels que Fresnel, Arago et Ampère, qui n'en soupçonnèrent même pas l'existence. Les découvertes

de Faraday trouvèrent dans la science et l'industrie de multiples applications, mais, dans la branche spéciale qui nous intéresse, rien de sérieux ne fut réalisé avant 1888, date vers laquelle le physicien allemand Hertz publia ses remarquables travaux posant les bases pratiques de la télégraphie électrique sans fils.

### OSCILLATEUR ET RÉSONATEUR DE HERTZ

Hertz, s'inspirant des hardies conclusions de Maxwell relatives à la transmission des ondes par l'Éther, entreprit

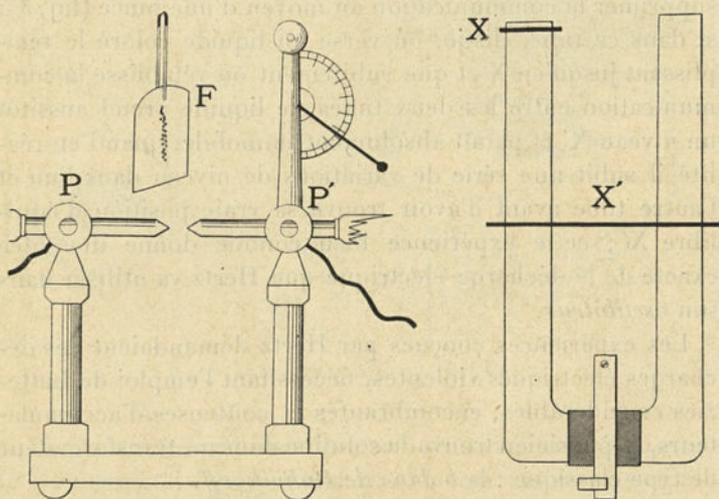


Fig. 3. — Étincelle électrique.

Oscillations d'équilibre.

de démontrer que les phénomènes d'induction constatés par Faraday se manifestaient dans un champ très vaste autour du circuit primaire, surtout si les ondes émises provenaient de décharges électriques.

Comme on le sait, la décharge électrique n'est pas une

étincelle unique jaillissant entre deux conducteurs de potentiels différents, ou dans la rupture d'un circuit, c'est une série d'étincelles oscillantes ayant une durée constante et diminuant progressivement d'intensité jusqu'au repos. La figure 4 montre une feuille de papier qui, tirée rapidement de bas en haut au moment où une décharge électrique a jailli entre les pointes P et P', est trouée d'une série de petites déchirures indépendantes les unes des autres. La décharge électrique peut d'ailleurs être ramenée aux oscillations isochrones que subit un pendule pour reprendre sa position d'équilibre, quand une force étrangère quelconque l'en a écarté. De même, si dans un premier tube relié à un second par un long anneau de caoutchouc permettant de supprimer la communication au moyen d'une pince (fig. 3); si dans ce tube, dis-je, on verse un liquide coloré le remplissant jusqu'en X et que subitement on rétablisse la communication entre les deux tubes, le liquide prend aussitôt un niveau X' et paraît absolument immobile, quand en réalité il subit une série de variations de niveau dans l'un et l'autre tube avant d'avoir trouvé sa vraie position d'équilibre X'; cette expérience bien connue donne une idée exacte de la décharge électrique que Hertz va utiliser dans son *oscillateur*.

Les expériences conçues par Hertz demandaient des décharges électriques violentes, nécessitant l'emploi de batteries considérables, encombrantes et coûteuses d'accumulateurs, le physicien trouva la solution dans un transformateur de type classique : la *bobine de Ruhmkorff*.

**Bobine de Ruhmkorff.** — Le fonctionnement de la bobine de Ruhmkorff est trop connu pour que nous insistions sur ce point. C'est une bobine d'induction ordinaire (fig. 4) comprenant :

Une source d'électricité, piles ou condensateurs P;

Un circuit primaire à gros fil entourant un noyau de fer doux R;

Un circuit secondaire en fil très fin entourant complètement le premier  $R'$ .

Un condensateur  $O$  est destiné à absorber les étincelles de rupture jaillissant entre l'interrupteur  $I$  et le noyau de fer doux  $R$ .

On sait que tout courant circulant dans le primaire avec une intensité  $P$ , par exemple, détermine dans le secondaire

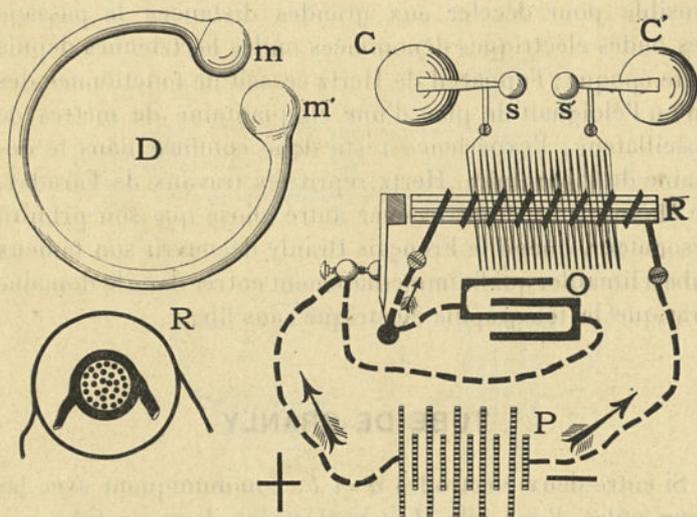


Fig. 4. — Excitateur et résonateur de Hertz.

un courant induit de sens contraire circulant avec une intensité  $P'$  directement proportionnelle aux nombres  $n$  et  $n'$ , représentant respectivement les tours de spire des circuits primaire et secondaire; on comprend dès lors comment, avec une source d'électricité relativement faible, Hertz put obtenir de violentes décharges. Il augmenta d'ailleurs encore la résistance du système en plaçant aux deux pôles de rupture du secondaire, les capacités sphériques  $c$  et  $c'$  jouant pour ainsi dire le rôle de condensateur. Tel fut l'oscillateur de Hertz.

Pour explorer le champ de son oscillateur, Hertz construisit un *résonateur*; ce fut un simple conducteur circulaire non fermé D, terminé à la rupture par deux sphères M, M'. Lorsque cet appareil se trouvait dans le champ et suffisamment rapproché d'un oscillateur en action, un flux de petites étincelles jaillissait en M M'; étincelles de même nature et de même durée que celles jaillissant en SS'. Malgré tout, le résonateur de Hertz n'était pas suffisamment sensible pour déceler aux grandes distances le passage des ondes électriques dénommées ondes hertziennes depuis cette époque; l'appareil de Hertz cessait de fonctionner dès qu'on l'éloignait de plus d'une cinquantaine de mètres de l'oscillateur; l'expérience resta donc confinée dans le domaine du laboratoire. Hertz reprit les travaux de Faraday, de Maxwell, espérant trouver autre chose que son primitif résonateur, quand le Français Branly découvrit son fameux tube à limaille, qui fit immédiatement entrer dans le domaine pratique la télégraphie électrique sans fils.

### TUBE DE BRANLY

Si entre deux électrodes *a* et *b*, communiquant avec les deux pôles d'une pile P et renfermées dans un tube non conducteur et hermétique R, on interpose de la limaille métallique L, le circuit est coupé et le courant ne passe pas, comme le montre un galvanomètre E compris dans le circuit et dont l'aiguille reste au zéro (fig. 5). La limaille n'est donc pas conductrice. Mais vient-on, même à une distance considérable du tube R, à faire jaillir une étincelle électrique, à créer une série d'ondes hertziennes, au moyen de la décharge d'une bouteille de Leyde, ou d'un condensateur quelconque, immédiatement l'aiguille du galvanomètre dévie fortement, aucun doute n'est possible, le courant circule librement au travers de la limaille L devenue subitement conductrice, propriété qu'elle conserve

d'ailleurs assez longtemps après le passage de l'onde hertzienne.

D'autre part, si on vient à frapper légèrement sur le tube R avec le doigt ou un petit marteau *c*, l'aiguille du galvanomètre retombe brusquement au zéro, la limaille a perdu ses propriétés conductrices et le courant est de nouveau interrompu jusqu'à ce qu'une nouvelle onde hertzienne vienne reproduire les mêmes effets. Comme on le voit,

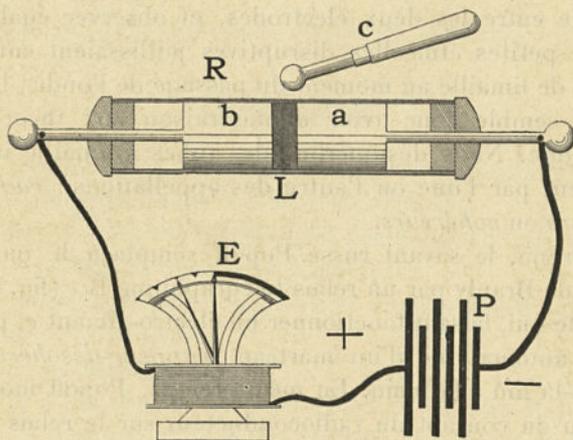


Fig. 5. — Tube de Branly.

le tube de Branly était un révélateur extrêmement sensible des perturbations électromagnétiques.

Branly varia à l'infini la nature de ses électrodes et de ses limailles; ses expériences donnèrent des résultats sensiblement analogues dans tous les cas.

On n'est actuellement pas encore très fixé sur le fonctionnement théorique des tubes à limaille. Branly attribue la suppression de la rupture à une modification de l'Éther dans le voisinage de la limaille L sous l'action des vibrations électriques; il appela son tube *radioconducteur*. En Angleterre, le physicien Lodge mena parallèlement à Branly

des études analogues ; il attribue le changement de conductibilité de la limaille à la formation de multiples contacts entre les grains métalliques sous l'action des ondes hertziennes et dénomma les tubes qu'il construisit *cohérents*.

De récentes expériences, notamment celles de MM. Arons et Tommasina en Italie, démontrèrent d'une façon évidente certaines transformations dans la limaille exposée à l'action des ondes hertziennes. Ces deux expérimentateurs ont pu constater (en 1904) la formation de véritables ponts de limaille entre les deux électrodes, et observer également que de petites étincelles disruptives jaillissaient entre les grains de limaille au moment du passage de l'onde ; l'expérience semble donc avoir donné raison aux théories de M. Lodge. Nous désignerons des tubes à limaille indifféremment par l'une ou l'autre des appellations : *radioconducteurs* ou *cohérents*.

En 1895, le savant russe Popoff remplaça le galvanomètre de Branly par un relais télégraphique *R e* (fig. 8) très sensible qui, faisant fonctionner un électro-aimant *e*, permit le jeu automatique d'un marteau *frappeur-décohéreur* *F*, jusque-là mû à la main. En même temps, Popoff modifiait l'action du courant du radioconducteur sur le relais en en diminuant l'intensité. Dans un remarquable mémoire, il donnait comme très avantageuse pour la réception des ondes hertziennes, une disposition consistant à relier l'une des électrodes au sol, l'autre à un paratonnerre isolé ou à un faisceau de fils tendus verticalement dans l'espace ; c'est l'origine des plaques de terre et des antennes.

Le simple tube de Branly ainsi modifié par Popoff permit l'enregistrement des décharges électriques provenant d'un orage ayant lieu dans un rayon atteignant 40 kilomètres.

Les remarquables travaux de Popoff furent continués par une foule de savants, notamment par Marconi en Italie, Ducretet en France, Slaby en Allemagne, qui amenèrent rapidement la réalisation pratique de la télégraphie électrique sans fils, enfin sortie de l'ombre.

## APPAREILS

Les données qui précèdent sont suffisantes pour nous permettre d'aborder de suite la description et le fonctionnement des divers appareils actuellement en usage dans les postes radiotélégraphiques. Ces postes comprennent :

- 1° Un *transmetteur* ;
- 2° Un *récepteur* ;
- 3° Une *antenne* commune, simple ou multiple.

### Transmetteur

Le transmetteur n'est autre chose qu'un oscillateur de Hertz à manipulateur ; il comprend (fig. 6) :

- R, une *bobine de Ruhmkorff* à potentiel variable selon la puissance des ondes à émettre ;
- P, une *série de piles* ou *batteries d'accumulateurs* ;
- C, un *condensateur* ;
- M, un *manipulateur*.

Le fil *a* est relié à l'antenne dite *radiatrice*, le fil *t* à la terre ; le manipulateur M est vertical, le contact se fait par deux tiges de cuivre rouge baignant dans le pétrole pour éviter l'échauffement. Ce manipulateur permet de fermer à volonté le circuit inducteur de la bobine R, selon les signes conventionnels du code Morse, et d'obtenir ainsi des ondes ou plutôt des émissions d'ondes équivalentes soit à un trait, soit à un point.

**Fonctionnement.** — En appuyant sur le manipulateur M, on met en contact les deux tiges de cuivre rouge, fermant ainsi le circuit primaire de la bobine qui fonctionne aussitôt. Le circuit secondaire envoie alors un flux de force électrique dans les sphères *s* et *s'*, la terre d'une part, l'antenne de l'autre, tenant lieu des capacités *c* et *c'* de l'oscillateur de Hertz (fig. 3). Quand la différence de potentiel, c'est-à-dire

d'équilibre que crée le courant induit de la bobine dans les sphères  $s$  et  $s'$  est suffisante, il y a rupture, rétablissement d'équilibre par décharge électrique, puis repos, puis étincelle à nouveau, tout cela se passant d'une façon à peu près instantanée. La perturbation électrique produite par l'étincelle disruptive est transmise par les fils de l'antenne

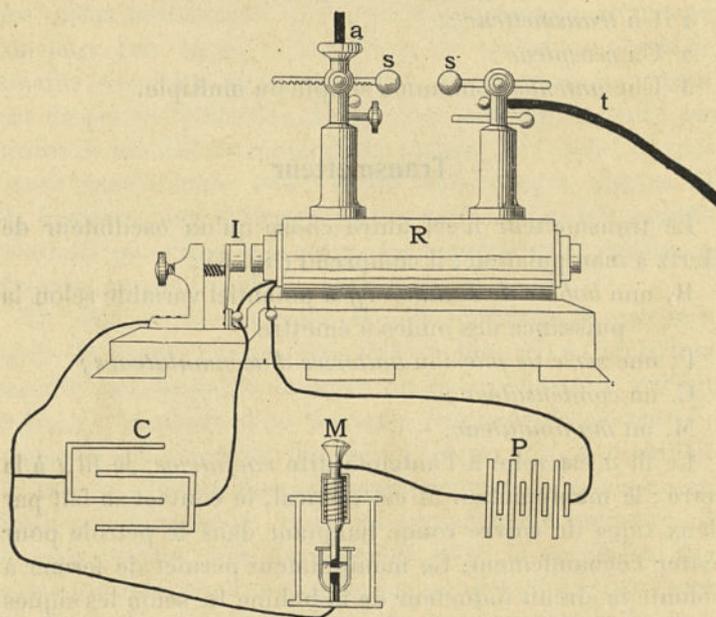


Fig. 6. — Transmetteur.

dans l'espace, dans l'Éther, où, selon la théorie de Maxwell, elle se répand en une série d'ondes sphériques qui se propagent de proche en proche dans le milieu. Si on laisse remonter le manipulateur sous l'effet de son ressort antagoniste, le contact cesse entre les deux tiges de cuivre, le courant primaire de la bobine est rompu, le système retombe au repos.

La manipulation de l'appareil de télégraphie sans fils,

comme nous l'avons dit plus haut, correspond aux signaux Morse, mais elle doit être considérablement plus lente que pour les appareils de télégraphie ordinaire.

### Récepteur (fig. 7)

Le récepteur est un tube de Branly (généralement du moins) modifié, dans le circuit duquel a été intercalé un récepteur Morse ordinaire. Il comprend :

R, un *radioconducteur* ou *cohéreur* ;

Re, un *relais* ;

P, une *pile* assez considérable du circuit enregistreur ;

P', une *pile*, généralement du modèle Leclanché, de deux éléments seulement, actionnant le circuit du radioconducteur ;

M, un *enregistreur Morse* ;

e, un *électro-aimant* ;

F, un *frappeur-décohéreur*.

Le fil *a* est relié à l'antenne, le fil *t* à la terre.

**Fonctionnement.** — Quand une onde hertzienne vient frapper l'antenne collectrice *a*, elle est transmise par les fils conducteurs constituant cette dernière au radioconducteur R ; la limaille de fer est aussitôt influencée et devient conductrice, le circuit du radioconducteur est fermé, le courant est lancé dans les spires de l'électro-aimant Re du relais qui, s'aimantant, attire à lui la plaque de fer doux I, fermant ainsi le circuit du frappeur et de l'enregistreur Morse. Mais aussitôt le courant établi, l'électro-aimant *e* est actionné, la plaque de fer doux I' est attirée vers lui et le frappeur F légèrement détaché du tube R en même temps que le circuit est interrompu en I' ; l'électro-aimant *e* cesse donc de fonctionner sous l'effet de son ressort, le frappeur, qui n'est plus attiré, vient heurter légèrement le radioconducteur et décohérer la limaille. Dès lors, le circuit du radioconducteur est coupé, la plaque de

fer doux I n'est plus attirée par l'électro-aimant Re du relais ; sous l'action de son ressort, elle reprend sa position primitive et tout le système revient au repos, jusqu'à ce qu'une cause analogue vienne reproduire les mêmes effets. Tout ce qui vient d'être expliqué se passe avec une extrême rapidité, si bien qu'aussitôt une onde reçue, le cohéreur est décohééré et prêt à en enregistrer une nouvelle. Les

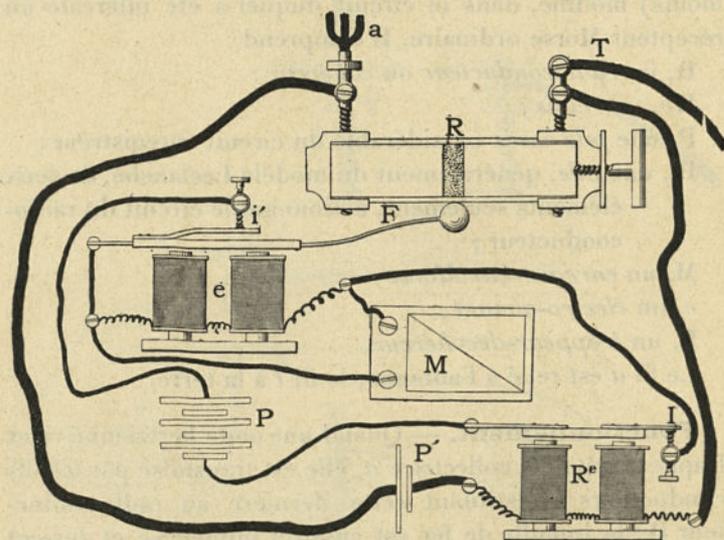


Fig. 7. — Récepteur.

mouvements extrêmement rapides du frappeur qui se meut au passage de chaque onde sont fidèlement reproduits par la pointe du levier du récepteur, de telle sorte que les signaux enregistrés au Morse ne sont pas des traits francs comme dans la télégraphie ordinaire, mais des traits tremblés composés d'une infinité de points juxtaposés.

*Récepteur automatique.* — Dans bien des cas, on remplace le récepteur ordinaire Morse par un récepteur automatique, se mettant en mouvement au passage de la première

onde hertzienne et s'arrêtant un instant après la réception du dernier signal, pour fonctionner à la première onde nouvelle. Cet appareil, qui laisse entre chaque dépêche un espace suffisant pour qu'il n'y ait pas de confusion possible, est commode en ce sens qu'il n'exige ni une sonnerie d'avertissement, ni un télégraphiste constamment à son poste.

*Relais.* — Les relais employés par M. Ducretet dans ses appareils de télégraphie sans fils sont beaucoup plus sen-

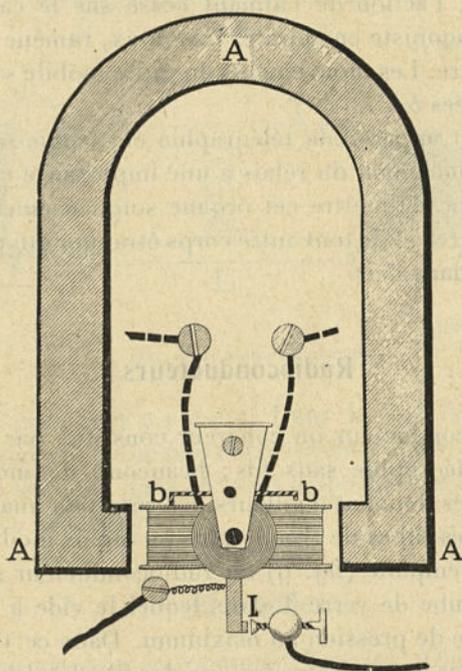


Fig. 8. — Relais.

sibles que l'électro-aimant ordinaire qui figure dans le schéma de l'appareil de réception. Ils comprennent essentiellement :

- A, un *aimant* en fer à cheval ;
- B, un *cadre-électro-aimant* mobile (fig. 8).

Ce cadre mobile est intercalé dans le circuit du radio-conducteur et placé entre les pôles de l'aimant en fer à cheval perpendiculairement aux lignes de force de ce dernier. Quand une onde électromagnétique vient lancer le courant dans l'électro-aimant formé par le cadre mobile, ce dernier, en vertu d'un principe connu, tend à se placer parallèlement aux lignes de force de l'aimant, et en se déplaçant (très légèrement d'ailleurs) vient fermer en I le circuit du frappeur et du récepteur. Quand le courant ne passe plus, l'action de l'aimant cesse sur le cadre qu'un ressort antagoniste en spirale, très doux, ramène à sa position première. Les mouvements du cadre mobile sont limités par les butées *b b'*.

Dans tout appareil de télégraphie électrique sans fils, le bon fonctionnement du relais a une importance capitale ; il importe donc de mettre cet organe soigneusement à l'abri des poussières et de tout autre corps étranger qui pourraient se trouver dans l'air.

### Radioconducteurs

Le radioconducteur ou cohéreur constitue par lui-même toute la télégraphie sans fils ; beaucoup de modèles ont été employés donnant d'ailleurs des résultats analogues, ce sont tous des tubes de Branly plus ou moins modifiés.

Marconi emploie (fig. 9) un radioconducteur se composant d'un tube de verre T dans lequel le vide a été fait à 1 millimètre de pression au maximum. Dans ce tube, viennent s'ajuster deux électrodes que des fils de platine scellés dans le verre font communiquer : l'une avec l'antenne, l'autre avec la terre ; toutes deux sont, bien entendu, intercalées dans le circuit. Ces électrodes *a* et *b* sont séparées par un intervalle de 1 demi-millimètre, rempli de limaille métallique. Le tube de Marconi a environ 6 centimètres de longueur sur 4 millimètres de diamètre.

Ducretet emploie un radioconducteur à réglage et démontable. Il est constitué par un tube T en bois dur et très sec ; la vis V permet de faire varier à volonté l'écartement des électrodes, selon l'éloignement, selon l'état atmosphérique, ce qui est très avantageux au point de vue de la sensibilité des appareils. L'herméticité absolue est assurée par des

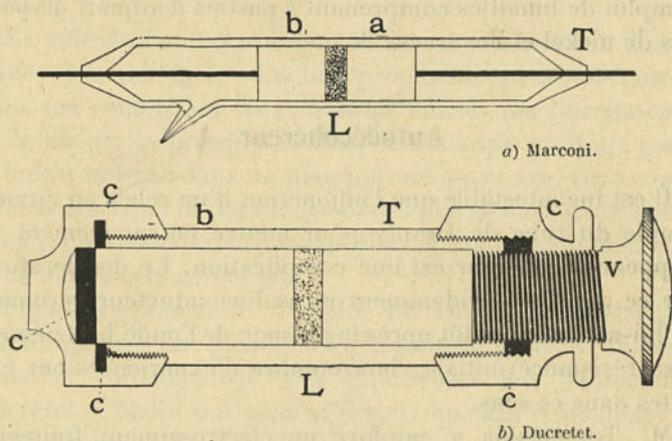


Fig. 9. — Radioconducteurs.

tampons isolateurs *e e e e e*. Dans le but de faciliter le déplacement de la limaille entre les électrodes, l'une d'elles, ou même les deux dans certains dispositifs de Marconi, ont été taillées en biseau.

## Électrodes

Marconi emploie couramment l'argent, Ducretet l'acier ou le nickel, sans grandes différences quant aux résultats ; néanmoins, dans les expériences faites avec des électrodes en métaux très magnétiques, le lieutenant de vaisseau Tissot remarqua que la limaille s'aimantait à la longue et que l'appareil devenait irrégulier, sans que cela ait cependant grande importance.

## Limailles

Ainsi qu'il a déjà été dit, comme nature, comme grosseur de grains, les limailles varient à l'infini ; les plus employées sont celles d'argent, d'or ou de nickel. Marconi préconise l'emploi de limailles comprenant 4 parties d'argent, 96 parties de nickel et des traces de mercure.

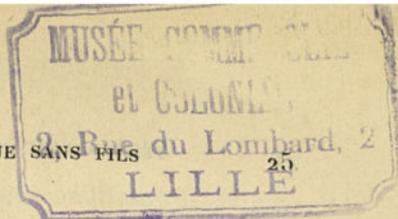
## Autodécohéreur

Il est incontestable que l'adjonction d'un relais au circuit simple du tube de Branly pour mettre en mouvement le frappeur-décohéreur est une complication. Le desideratum sur ce point est évidemment un radioconducteur revenant de lui-même, aussitôt après le passage de l'onde hertzienne, à sa résistance initiale ; bon nombre d'expériences ont été faites dans ce sens.

M. Tommasina a employé un électro-aimant frappeur fonctionnant par attraction au moment où le tube à limailles était influencé, mais on ne tarda pas à remarquer que, sous l'action répétée du contact de cet électro-aimant avec le tube, la limaille s'aimantait rapidement, perdant de ce fait la plupart de ses propriétés caractéristiques ; beaucoup d'autres essais basés sur les mêmes principes échouèrent pour des causes identiques.

M. Hughes remarqua, au cours de ses travaux sur le microphone, que des grains de charbon rendus conducteurs par l'action d'une onde hertzienne se décohéraient d'eux-mêmes aussitôt que l'influence avait cessé ; cette propriété fut utilisée par M. Tommasina, qui obtint d'excellents résultats d'autodécohérence en employant des radioconducteurs à grenailles de charbon.

MM. Popoff et Ducretet employèrent aussi avec succès des autodécohéreurs renfermant une poussière de perles d'acier.



## Antennes

Une seule antenne suffit, elle est donc à la fois *radiatrice* et *collectrice*. Le conducteur le plus généralement employé est un faisceau de fils de cuivre très fins, soigneusement isolé.

Le rôle de l'antenne n'est pas encore clairement déterminé; il semble que son action principale est de concentrer dans son conducteur les radiations émises par l'excitateur, et de diriger la presque totalité de l'énergie produite pour la lancer ensuite dans un plan normal à son axe. On a constaté en effet que la portée des ondes hertziennes était beaucoup plus considérable dans un plan normal à l'antenne que dans toute autre direction.

Popoff recommande l'emploi de capacités en treillis métallique très fin, placées à l'extrémité supérieure de l'antenne et verticalement. Les expériences des lieutenants Ducretet et Melin ont prouvé depuis qu'elles donnaient de meilleurs résultats si on les plaçait horizontalement en les isolant avec soins bien entendu. L'emploi d'antennes multiples augmente les chances de bon fonctionnement des appareils tant récepteurs que transmetteurs.

La hauteur à laquelle doivent être placées les antennes n'est guère déterminable par une formule rigoureuse; cette donnée dépend des conditions du climat, de la nature du sol, de la région à franchir, etc. D'une façon générale, on peut admettre que la hauteur des antennes ne doit pas être inférieure à 5 mètres, et qu'à partir d'une distance à franchir supérieure à 25 kilomètres la formule de Marconi :

$$\text{Hauteur} = 0^m 15 \sqrt{\text{Distance}}$$

H et D étant exprimées en mètres, peut être tenue pour exacte dans des conditions normales, une hauteur de 80 mètres étant donnée comme maximum.

## Mâts

Dans les installations rapides, on emploiera des mâts de fortune, peupliers, mâts de signaux, maisons élevées, tours,

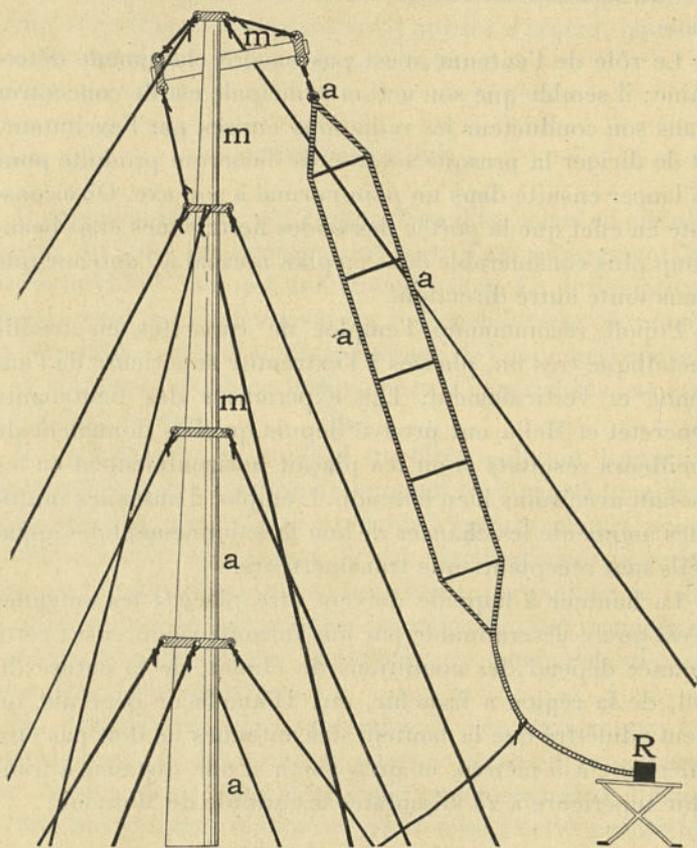


Fig. 10. — Antennes.

clochers, etc., mais toutes les fois que cela est possible, il vaut mieux installer des mâts spéciaux qui facilitent beau-

coup l'isolement complet de l'antenne, condition qui toujours devra être réalisée.

Les mâts employés  $m$  (fig. 10) mesurent en général 10 centimètres de diamètre à la base pour 10 mètres de hauteur. Un mâtereau transversal  $m'$  supporte l'antenne, en permettant l'isolement complet.

Les antennes doivent être suspendues au mât aussi verticalement que possible. Les haubans qui maintiennent le support d'antennes sont généralement des cordes goudronnées très légères. Dans tous ces agrès, il faut éviter d'une manière absolue l'emploi des corps conducteurs ou semi-conducteurs.

Dans les postes volants de campagne, demandant une installation rapide et aussi peu de matériel que possible, de petits ballons captifs, des cerfs-volants, ou bien encore de légers bambous s'emboîtant les uns dans les autres, sont les seuls supports d'antennes qui puissent être employés en dehors des mâts de fortune.

### Plaques de terre

La mise à la terre doit être faite minutieusement. Les plaques métalliques employées sont généralement en zinc, présentant une grande surface sous un poids et un volume relativement faibles. Les plaques de terre doivent être enterrées dans le sol et humectées d'eau de temps en temps au moyen d'un tube-piquet qu'on plante vers le milieu de la plaque. Les expériences de MM. Ducretet et Melin ont fait ressortir qu'il y avait grand avantage à enterrer les plaques horizontalement, et non verticalement, surtout dans les sols très secs.

Les conduites souterraines de gaz, d'eau surtout, constituent d'excellentes prises de terre.

Sur des terrains sablonneux, rocheux ou très secs, on multiplie les plaques de terre qu'on relie entre elles par de gros conducteurs.

Au bord de la mer, d'un lac, d'un cours d'eau, on dispose les plaques de terre noyées dans l'eau.

Sur les navires, les parties métalliques de la carène en contact avec la mer constituent les prises de terre.

### Isolateurs

Il est très important, pour le bon fonctionnement des appareils, que les antennes soient méticuleusement isolées ; on emploie des cylindres d'ébonite qu'on essuie fréquemment avec un chiffon de drap, et qu'on enduit de vaseline si l'atmosphère est par trop humide. L'isolateur placé près du poste est à tendeurs, afin de permettre, en cas de vent, les oscillations des antennes sans amener la détérioration des appareils.

### Radiateur d'essai

C'est un appareil fort simple, comprenant un rudimentaire mécanisme de sonnerie électrique actionné par un seul élément Leclanché et produisant de très petites étincelles. Il est indispensable pour bien régler les appareils récepteurs. Voici d'ailleurs succinctement comment on opère.

Un fil de cuivre long de 50 centimètres environ est placé dans une position verticale sur le radiateur d'essai et constitue l'antenne *radiatrice étalon*. On supprime le fil de terre du radioconducteur et on le remplace par un fil de cuivre de 50 centimètres placé verticalement, et qui constitue l'antenne *collectrice étalon*. Cela fait, on ferme le circuit du radiateur d'essai placé à une dizaine de mètres du récepteur, et on serre progressivement la vis V jusqu'à ce que le frappeur réponde exactement aux ondes produites par les petites décharges du radiateur. L'appareil est alors réglé.

## Radiotéléphone

**Radioconducteurs métalliques.** — Les radiotéléphones sont des appareils permettant la réception auriculaire, par variations d'intensité dans le courant, des signaux conventionnels du code Morse ; ils furent mis en usage en 1900 par Popoff et Ducretet. L'organe principal d'un radiotéléphone est un radioconducteur métallique.

**Radioconducteur de Bose.** — M. Bose construisit un oscillateur donnant des ondes extrêmement courtes ; pour déceler les perturbations produites dans l'Éther à une certaine distance par les décharges de son oscillateur, Bose fut amené à la réalisation d'un appareil très sensible.

Le radioconducteur Bose se compose d'un grand nombre d'hélices en fil d'acier emprisonnées dans une rainure creusée dans un bloc d'ébonite ; une vis permet le réglage. Toutes les spirales ont un point de contact entre elles, ainsi qu'avec les deux électrodes en bronze du système, qui en tout temps est parcouru par un faible courant. Lorsqu'on serre plus ou moins la vis de réglage, on augmente ou on diminue, selon le cas, les points de contact, soit en nombre, soit en surface.

Quand une onde hertzienne vient frapper l'appareil, la résistance offerte par le circuit au courant diminue immédiatement, le courant augmente donc d'intensité, modification qui se traduit par un bruit caractéristique facilement perçu au téléphone.

**Système Popoff-Ducretet.** — Dans le courant de l'année 1900, Popoff remarqua qu'on pouvait très bien substituer aux limailles, des tiges en acier ayant des points de contact avec les électrodes et traversées par un faible courant. De même que dans le radioconducteur Bose, quand une onde hertzienne vient frapper l'appareil, la résistance du

circuit est diminuée, l'intensité du courant augmentée produisant un bruit perçu facilement dans un téléphone relié au circuit, et cela pendant un laps de temps égal à la durée de la cause initiale.

Le radiotéléphone Popoff-Ducretet comprend (fig. 11) :

B, une boîte hermétique ;

Deux électrodes, reliées l'une à l'antenne, l'autre à la terre ;

Des tiges d'acier poli reposant sur des supports métal-

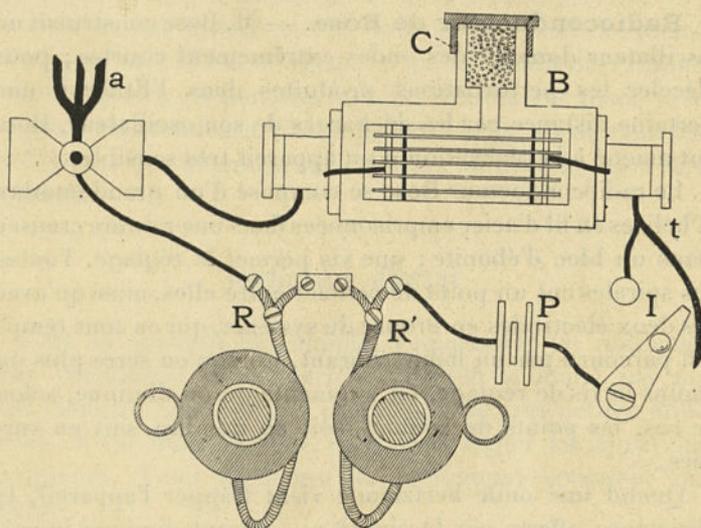


Fig. 11. — Radiotéléphone.

liques communiquant avec les électrodes et maintenues par des supports isolants ;

C, un récipient contenant du carbure de calcium ;

P, une pile Leclanché ;

RR', deux récepteurs téléphoniques ordinaires.

Le radiotéléphone Popoff-Ducretet ne comporte ni relais, ni frappeur, ni sonnerie, ni enregistreur Morse, il est donc d'une extrême simplicité. Peu volumineux, il se prête tout

particulièrement aux installations rapides des postes volants des armées en campagne. De plus, le radiotéléphone est d'une grande sensibilité ; au cours de nombreuses expériences, alors que les enregistreurs Morse ne fonctionnaient pas ou très mal, les radiotéléphones n'ont jamais cessé de fonctionner.

Ce système de réception présente un autre avantage important, en télégraphie militaire surtout (du moins tant qu'on ne sera pas arrivé à une syntonisation parfaite entre les appareils), c'est qu'un télégraphiste tant soit peu exercé distingue très bien au son les ondes émises par un appareil de celles provenant d'un autre transmetteur ; c'est là évidemment une garantie précieuse contre les fausses dépêches lancées par des appareils ennemis.

En regard de ces avantages, le radiotéléphone présente des inconvénients : n'ayant pas de système avertisseur, il demande la présence constante d'un télégraphiste aux appareils de réception, et ne laisse aucune trace des dépêches reçues ; enfin, en raison même de sa grande sensibilité, il ne fonctionne réellement bien qu'aux grandes distances ; aux distances rapprochées, les sons deviennent confus et la réception des dépêches est à peu près impossible par cette méthode.

### Self-induction

Lorsque, précédemment, nous avons dit deux mots de l'induction, nous avons passé sous silence un phénomène connu sous le nom de *self-induction*, très important en télégraphie électrique sans fils et que nous allons expliquer brièvement.

Dans la nature, dès qu'un mouvement quelconque se manifeste, une foule de causes se trouvent pour contrecarrer ce mouvement, le ralentir, l'annihiler même, si cela est possible, et ramener toutes choses au repos ; le domaine de l'électricité n'échappe pas à cette loi générale.

Lorsqu'on lance un courant au travers d'un circuit, ce courant n'atteint pas instantanément son maximum d'intensité (régime permanent) et pendant tout le temps qu'il met à atteindre ce régime permanent (période variable), il se produit un contre-courant s'opposant à la variation de flux qui se manifeste dans le circuit ; il semble que la résistance du circuit soit plus grande qu'elle ne l'est en réalité, c'est l'*extra-courant de fermeture* ou *extra-courant inverse*.

Au contraire, quand on rompt un circuit, il se produit un extra-courant qui a pour tendance le maintien du régime permanent et dont l'intensité s'ajoute à celle du premier courant circulant dans le circuit, dont la résistance semble cette fois diminuée ; c'est l'*extra-courant d'ouverture* ou *extra-courant direct*. L'ensemble de ces phénomènes a reçu le nom de self-induction, d'auto-induction encore, si l'on veut ; en somme, ce n'est autre chose que la loi de Lenz appliquée aux courants eux-mêmes : « Le sens d'un courant induit est tel que, par son action électro-magnétique, il tend à s'opposer à la variation du flux qui le produit. » Plusieurs ouvrages traitent d'une façon claire et précise cette question de la self-induction, notamment : *Les Oscillations hertziennes* de M. Poincaré et *L'Électricité à la portée de tous* de M. Claude ; nous ne saurions trop recommander leur lecture à tous ceux qui veulent réellement se documenter sur les phénomènes électro-magnétiques.

Les quantités d'électricité mises en jeu dans un même circuit par les extra-courants directs et inverses sont les mêmes, mais, comme la rupture d'un courant est à peu près instantanée, et qu'au contraire, en raison même de la self-induction, le courant met un certain temps pour atteindre son régime permanent, les étincelles et commotions produites par les extra-courants directs sont beaucoup plus puissantes que celles provenant des extra-courants inverses.

La self-induction a lieu dans tous les circuits, mais elle se produit notamment dans ceux qui se composent d'une

bobine enroulée toujours dans le même sens. On augmente d'ailleurs, presque à volonté, l'intensité des extra-courants en plaçant à l'intérieur des bobinages un noyau de fer doux plus ou moins volumineux.

La self-induction est donc un facteur variant à volonté, ou presque, par l'adjonction dans un circuit d'un nombre plus ou moins considérable de bobines ; nous verrons plus loin l'importance que ce caractère de variabilité comporte en télégraphie électrique sans fils dans la question si grave de la syntonisation.

### Longueur d'onde

La plus petite longueur d'onde obtenue jusqu'à ce jour, avons-nous dit précédemment, est 3 millimètres, avec 100 milliards de vibrations à la seconde (oscillateur de Bose). Cette voie des ondes extrêmement courte marche vers la synthèse de la lumière ; la voie opposée est celle de la télégraphie électrique sans fils : ondes aussi longues que possible, tel est le desideratum cherché.

On sait en effet que les ondes courtes, ondes lumineuses par exemple, rencontrant un milieu opaque, sont absorbées par ce milieu, tandis que les ondes plus longues, ondes sonores entre autres, subissent le phénomène de *diffraction*, c'est-à-dire s'infléchissent selon les obstacles qu'elles rencontrent. On comprend sans peine que la possibilité de la télégraphie sans fils est intimement liée à cette propriété des ondes hertziennes, et que leur diffraction au plus haut degré est faite pour leur meilleure utilisation. La capacité des circuits et la self-induction sont deux facteurs importants de cette amplitude des ondes électriques ; on obtiendra, ou plus exactement on tendra vers le résultat cherché, en les faisant changer dans des proportions variables et judicieusement calculées. De nos jours, grâce aux courants de Tesla, on a obtenu des longueurs d'ondes dépassant 500 mètres.

## Syntonisation

De l'accord parfait entre les postes de télégraphie électrique sans fils, dépend le secret absolu des dépêches qu'ils transmettent ou reçoivent. La question peut-elle être solutionnée? Une expérience de M. Lodge répond affirmativement.

Soient (fig. 12) deux circuits  $ae$  et  $a'e'$  comprenant chacun une bouteille de Leyde, le circuit  $ae$  étant fixe, le

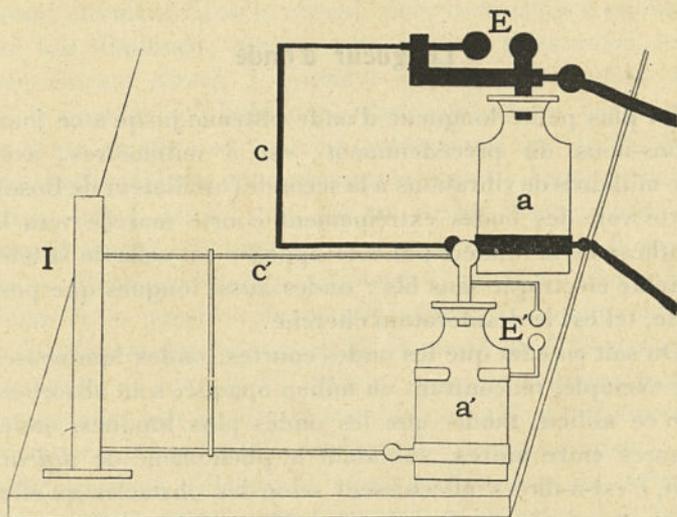


Fig. 12. — Accord de deux postes. Expérience de Lodge.

circuit  $a'e'$  pouvant varier grâce à la barrette mobile  $e'$ ;  $I$  étant un support isolant. Si on charge la bouteille de Leyde  $a$  au moyen d'une bobine de Ruhmkorff, par exemple, il se produit en  $E$  une quantité de petites étincelles condensées, et ces étincelles ne se reproduisent en  $E'$ , dans la coupure du circuit  $a'e'$ , que lorsque la barrette mobile de ce circuit occupe une certaine position.

La formule de Tomson  $T = 2 \pi \sqrt{Lc}$ , dans laquelle  $T$  représente la période vibratoire,  $2 \pi$  une constante,  $L$  la self-induction,  $c$  la capacité du circuit considéré, permit à M. Lodge de déterminer qu'il y avait résonance en  $E'$  lorsque la formule  $T = 2 \pi \sqrt{Lc}$  du circuit  $ae$  et la formule  $T' = 2 \pi \sqrt{L'c'}$  du circuit  $a'e'$  étaient équivalentes,  $T$  étant égal à  $T'$ , c'est-à-dire quand les deux quantités variables  $L'c'$  du circuit  $a'e'$ , augmentant ou diminuant de valeur, l'avaient accordé parfaitement avec  $ae$ .

Pour que deux postes soient syntonisés, il faut donc amener à égalité dans la formule de Tomson les deux quantités  $T$  et  $T'$  qui se composent d'une quantité fixe  $2 \pi$  et d'une variable  $\sqrt{Lc}$ ; si la limite de variabilité de cette dernière est suffisamment grande, la syntonisation est possible dans tous les cas.

Théoriquement donc, comme en conclut une expérience sérieuse de laboratoire, l'accord de deux postes est possible, pourra-t-on dans la pratique obtenir des résultats analogues avec des oscillations aussi puissantes que celles produites par de fortes bobines de Ruhmkorff? La question n'est pas résolue, elle est même loin de l'être; malgré tout, les essais de MM. Ducretet, Marconi, Tommasina, Slaby, Artons, etc., qui au moyen de condensateurs, de rhéostats, de bobines de self-induction, de dispositifs de Tesla, ont réussi à faire varier dans une large mesure la quantité  $\sqrt{Lc}$  de la formule de Tomson, sont faits pour nous donner bon espoir.

Nous venons de parler des dispositifs de Tesla; bien que ne faisant nullement partie intégrante du sujet, nous croyons utile d'en dire quelques mots et d'énumérer au moins leurs curieuses propriétés.

**Courants à haute fréquence et à potentiel élevé de Tesla.** — Les courants de Tesla à haute tension et à haute fréquence sont aujourd'hui très employés en télégraphie sans fils; ce sont des transformateurs permettant d'obtenir des étincelles puissantes, en même temps qu'ils élar-

gissent, dans des proportions jusqu'alors inconnues, les limites de variabilité de la self-induction et de la capacité d'un circuit.

Les courants de Tesla sont produits, soit par des alternateurs multipôles, soit par une batterie d'accumulateurs (bouteilles de Leyde généralement). L'alternateur T (fig. 13)

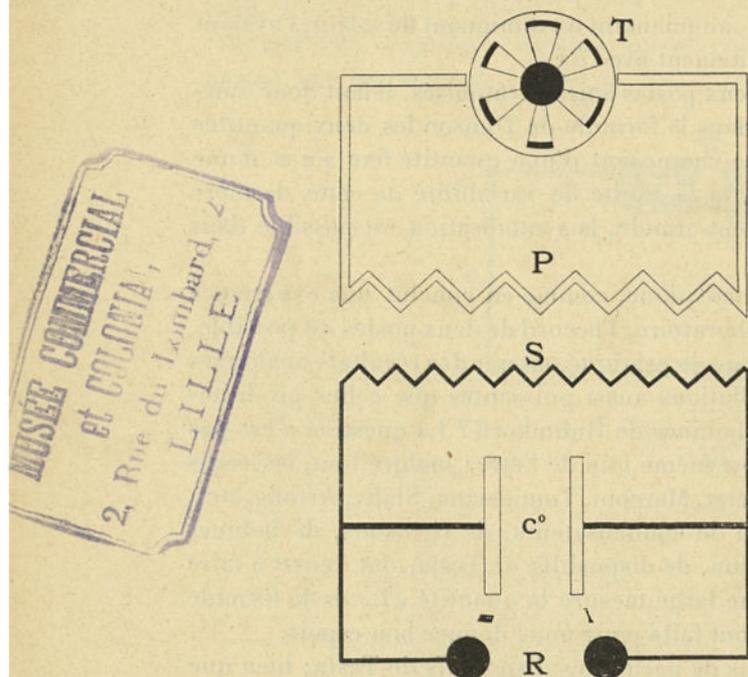


Fig. 13. — Courants de Tesla.

employé par Tesla compte 384 pôles et peut tourner à une vitesse moyenne de 2 500 tours par minute, donnant à lui seul des courants alternatifs d'une fréquence dépassant 15 000 alternances par seconde.

Les courants ainsi obtenus sont lancés dans un circuit primaire P. Un circuit secondaire S, dont le nombre de spires varie avec la self-induction que l'on veut obtenir, et



dont on augmente encore la capacité par l'adjonction d'un condensateur  $co$ , permet d'obtenir sous une tension énorme des alternances de courants dépassant 400 000 à la seconde. Le circuit secondaire S est coupé en R; les deux boules formant les extrémités de la rupture sont noyées dans l'huile, afin d'éviter l'échauffement qui pourrait aller jusqu'à la fusion.

Les courants à haute tension et à haute fréquence de Tesla possèdent de grands avantages sur les courants de moyenne fréquence. Tout d'abord, ils sont le siège de forces électromotrices extrêmement élevées, qui permettent, comme il a été dit précédemment, d'obtenir des longueurs d'onde supérieures à 500 mètres.

D'autre part, ils cessent (comme l'a prouvé M. d'Arsonval dans de nombreuses expériences) d'être dangereux pour les opérateurs. Tous les organes du corps humain en effet sont de véritables diapasons, et pour qu'ils vibrent, il faut que les ondulations qui viennent les impressionner soient dans leur ton. C'est ce qui explique que les courants alternatifs de moyenne fréquence capables d'impressionner nos organes soient dangereux jusqu'à l'électrocution, alors que les courants à très haute fréquence sont absolument inoffensifs, tout en possédant des forces électromotrices bien autrement considérables.

Nous en avons fini avec le fonctionnement des divers appareils de télégraphie électrique sans fils, passons maintenant à la seconde partie de la conférence : *Expériences et Conclusions*.

## EXPÉRIENCES

Dans le rapide résumé qui suit, ont été mentionnées à peu près toutes les expériences (du moins les principales) qui ont, au cours de ces dix dernières années, amené la télégraphie électrique sans fils au point où elle en est actuellement.

1894. — Le professeur anglais Lodge dit dans une conférence que les oscillations de Hertz peuvent influencer un tube de Branly jusqu'à un demi-mille de distance. Ceci demeure toutefois une simple affirmation, car aucune expérience ne vient confirmer cette opinion.

1895-1896. — Popoff crée un appareil utilisant un tube de Branly comme organe principal et capable d'enregistrer les décharges électriques d'un orage à 40 kilomètres.

1896. — Un tout jeune élève de Righi, Marconi, s'adonne sérieusement à la question, modifie sensiblement les appareils de Popoff et commence ses expériences en juillet 1897.

Juillet 1897. — A la Spezzia des navires de guerre munis d'appareils Marconi arrivent à communiquer à une distance de 16 kilomètres en utilisant des mâts variant comme hauteur de 32 à 34 mètres.

Juillet 1898. — Mâts de 35 mètres, appareils Marconi, entre Bournemouth et l'île de Wight, distance 22 kilomètres.

Août 1898. — Le yacht *Osborne* communique à 13<sup>km</sup> 500, malgré une colline interposée.

Novembre 1898. — Communications entre la tour Eiffel et le Panthéon, appareils Ducretet, distance 4 kilomètres.

M. Voisenat obtient de bons résultats à 10 kilomètres avec des mâts de 40 mètres.

En Angleterre, de bonnes communications sont obtenues à des distances variant de 30 à 40 kilomètres au moyen d'antennes portées par des ballons captifs.

Avril 1899. — Ducretet entre le Panthéon, le Sacré-Cœur et la rue de Tolbiac : 7 kilomètres.

Ducretet entre Villejuif, Bicêtre et la rue Claude-Bernard, distance 5 kilomètres.

Marconi, entre Vimereux et South-Foreland, distance 45<sup>km</sup> 600, avec des mâts de 35 mètres portant des antennes doubles. Vitesse de transmission obtenue, 40 lettres à la minute. Ces expériences très intéressantes de Marconi sont relatées longuement dans l'excellent ouvrage du commandant Boulanger et du capitaine Ferrié : *La Télégraphie sans fils et les Ondes électriques*.

*Juillet 1899.* — En Angleterre, entre des navires de guerre au moyen de ballons captifs : 112 kilomètres.

*Août 1899.* — Popoff, entre la côte et un croiseur, entre croiseurs ; distances moyennes 25 kilomètres, mâts de 35 mètres, appareils Popoff-Ducretet.

*Septembre 1899.* — Lieutenant de vaisseau Tissot, appareils Ducretet, entre Le Trézieu et Ouessant, 22 kilomètres, puis entre Ouessant et la Vierge, 42 kilomètres.

MM. Lacarme entre le mont Blanc et Chamonix, 8 kilomètres.

*Décembre 1899.* — Le cuirassé russe *Général-Amiral-Apraxime*, dont on devait parler plus tard au cours de la récente guerre d'Extrême-Orient, se trouva subitement bloqué par les glaces sur les côtes de l'île de Holland. Popoff mit le navire en communication avec la terre, en utilisant des cerfs-volants pour déterminer la hauteur des antennes à employer.

Peu après l'installation des appareils, dans le voisinage du navire et sous les yeux des marins impuissants, un glaçon se détache entraînant avec lui vingt-sept pêcheurs qui sont irrémédiablement perdus. En quelques minutes, un radiotélégramme du *Général-Amiral-Apraxime* prévient le brise-glace *Ermach* qui se porte au secours des naufragés et les sauve.

De décembre 1899 à avril 1900, le cuirassé russe échangea avec la station de Kotha 440 radiotélégrammes, dont le dernier, en date du 12 avril 1900, comprenait 108 mots. Appareils Popoff-Ducretet, mâts de 48 mètres, distance 47 kilomètres. Le fonctionnement des appareils ne fut défectueux que durant quarante-huit heures; la neige, qui tomba très épaisse pendant un mois, un brouillard intense, n'empêchèrent nullement les communications.

1900. — Sur mer, Marconi communique à 136 kilomètres avec des antennes de 45 mètres.

*Mars 1901.* — Marconi entre la Panne (Dunkerque) et 'a *Princesse-Clémentine*, mâts de 32 mètres, distance 75 kilomètres.

*Avril 1901.* — Marconi, entre Antibes-Biot et Calvi, fit de nombreuses et longues expériences dont on peut tirer certaines conclusions que nous résumons ici sommairement :

1° La courbure des eaux est sans effet sur la propagation des ondes hertziennes ;

2° Les décharges atmosphériques, l'état particulier d'électrisation que présentent l'air ou la terre surchauffés, nuisent aux communications, peuvent même les interrompre ;

3° Le mot *Paris* fut transmis quatorze fois à la minute par un opérateur moyennement exercé ; une dépêche de quarante-six mots fut envoyée et retournée en neuf heures quarante secondes ;

4° Les appareils récepteurs et transmetteurs étant accordés dans trois sons différents : ondes de 300 mètres, de 150 mètres et de 70 mètres, les résultats de syntonisation obtenus furent bons. Malgré tout, un croiseur français naviguant dans les eaux de la Corse, à moins de 30 kilomètres de la ligne Antibes—Biot—Calvi, put surprendre une partie des dépêches envoyées par Marconi, en accordant ses appareils par tâtonnements. Quant aux essais de double communication, les résultats obtenus furent franchement négatifs.

*Juillet 1901.* — Capitaine Ferrié entre Villeneuve-Saint-Georges et Neauphle-le-Château (altitudes respectives 95 et 160 mètres); mâts de 100 mètres, ou antennes portées par des ballons, distance 46 kilomètres.

*Novembre 1901.* — Marconi installe un poste double sur la *Savoie* de la ligne Havre—New-York. De bonnes communications peuvent avoir lieu à 80 et 100 kilomètres entre la *Savoie* et d'autres paquebots, enfin le navire français est annoncé à New-York dix heures avant son arrivée en rade.

*Décembre 1901.* — Marconi arrive à communiquer entre le cap Lizard et Terre-Neuve (5 000 kilomètres). La lettre choisie était S (..); l'enregistreur Morse placé au récepteur enregistra les trois points. L'antenne radiatrice comprenait vingt-sept mâts de 65 mètres de hauteur, reliés entre eux par tout un réseau de fils conducteurs. L'antenne collectrice était portée par un cerf-volant planant à 600 mètres dans l'atmosphère. Les signaux furent en même temps reçus par la méthode radiotéléphonique.

On a objecté que Marconi avait, dans cette expérience, choisi comme lettre de transmission, une lettre représentée dans le code par trois points, signaux courts répondant exactement à ceux enregistrés et perçus aux appareils dans le cas de décharges atmosphériques. Quoi qu'il en soit, Marconi entreprit de relier l'Amérique à l'Angleterre par deux postes de télégraphie sans fils, installés, l'un au cap Breton, l'autre au cap Cove, à la station de Poldhu. La description de ces deux postes est longuement donnée dans un numéro du commencement de 1903 de la revue : *Nature, Sciences, Arts*, ainsi que dans le fascicule de *La Science au vingtième siècle* du 15 mars 1903.

*Courant 1902.* — Dans le courant de 1902, Marconi, aussi infatigable qu'entreprenant, procéda avec beaucoup

de succès à des expériences de télégraphie sans fils aux très grandes distances.

Il employa un poste fixe à Poldhu, un poste mobile à bord du croiseur italien *Carlo-Alberto*, qui effectua, avec le savant à son bord, le trajet Naples-Cronstadt.

Au cours de ses expériences à bord du *Carlo-Alberto*, Marconi utilisa à la réception un *détecteur magnétique* de son invention, fort simple, ne nécessitant aucun réglage et s'adaptant à un téléphone, les tubes à limaille étant conservés pour agir sur le Morse.

Le détecteur magnétique de Marconi est basé sur le phénomène d'hystérésis : Si on soumet un faisceau de barreaux de fer doux, aimantés à saturation à l'action des courants de haute fréquence, ces barreaux subissent une désaimantation partielle ; il en est de même si on les soumet à l'influence des ondes électriques produites par un oscillateur, quand le faisceau de fer doux est placé au centre d'un circuit soumis lui-même à l'influence hertziennne.

Marconi signale son appareil comme étant un décéléateur des ondes électromagnétiques infiniment plus sensible que tous les radioconducteurs. Il comprend (fig. 14) :

F, un noyau de fer doux ;

TR, enroulé autour de ce noyau, un circuit primaire communiquant avec l'antenne *a* et la terre *t*, un circuit secondaire aboutissant à un téléphone T', tous deux absolument identiques aux circuits d'une bobine de Ruhmkorff ;

A, un aimant naturel en fer à cheval qu'un mécanisme fait tourner d'une façon uniforme de manière que ses pôles N et S, venant alternativement se placer en regard du noyau de fer doux, y déterminent une série de courants d'intensité égale et de sens contraire. Les ondes hertziennes qui viennent frapper l'antenne, amoindrissent les courants d'aimantation, qui sont des courants d'hystérésis, amenant ainsi une variation dans l'intensité du secondaire R qui se traduit au téléphone par un bruit spécial facilement perceptible.

Le croiseur *Carlo-Alberto* fut muni de trois détecteurs et de deux radioconducteurs ordinaires.

On ajouta, pour supporter l'antenne, un perroquet de 16 mètres au mât d'artimon ; l'antenne était quadruple, disposée en éventail et soigneusement isolée.

Le poste transmetteur, avons-nous dit, était installé à la station de Poldhu au cap Lizard. L'énergie dépensée pour produire les vibrations de transmission fut de 30 poncelets,

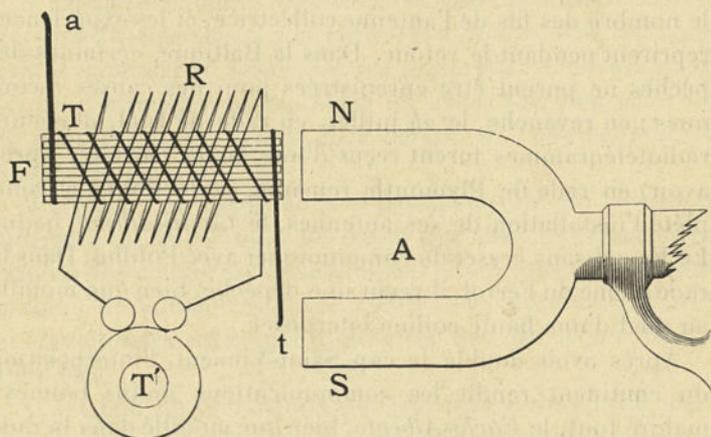


Fig. 14. — Cohéreur magnétique.

l'antenne radiatrice était constituée par quatre cents fils fins qui, pendant la transmission, étaient parcourus par des courants d'une intensité telle, qu'on pouvait tirer de chacun d'eux des étincelles de 30 centimètres de longueur. Le poste de Poldhu fut, non sans raison, appelé « manufacture de tonnerre ».

Transmetteur et récepteurs furent accordés par tâtonnements successifs.

Le *Carlo-Alberto* quitta Naples le 10 juin ; le 18, il reçut un télégramme de bienvenue dans les eaux anglaises. Après une visite au poste de Poldhu, Marconi compléta ses prises

de terre en reliant les antennes aux machines et à la carène, et le 7 juillet partit pour Cronstadt.

A 500 kilomètres du cap Lizard, commencèrent les expériences et jusqu'à Cronstadt (2 600 kilomètres, dont 1 300 de continent), elles continuèrent avec succès ; toutefois des troubles atmosphériques violents vinrent gêner considérablement les transmissions ; en général, les détecteurs sont reconnus plus sensibles que les radioconducteurs.

A Cronstadt, Marconi porta de quatre à cinquante-quatre le nombre des fils de l'antenne collectrice, et les expériences reprirent pendant le retour. Dans la Baltique, certaines dépêches ne purent être enregistrées pour des causes inconnues ; en revanche, le 24 juillet, en rade de Kiel, plusieurs radiotélégrammes furent reçus d'une façon parfaite. Après avoir, en rade de Plymouth, remanié, perfectionné et complété l'installation de ses antennes, le *Carlo-Alberto* gagna Le Ferrol sans cesser de communiquer avec Poldhu. Dans la rade même du Ferrol, il reçut une dépêche, bien que mouillé au pied d'une haute colline interposée.

Après avoir doublé le cap Saint-Vincent, l'interposition du continent rendit les communications moins bonnes ; malgré tout, le *Carlo-Alberto*, bien que mouillé dans la rade la plus intérieure de Gibraltar, reçut plusieurs dépêches du cap Lizard, entre autres une de la maison impériale de Russie relative à la santé de la Tsarine. Pendant toute la traversée de la Méditerranée, les expériences furent couronnées du même succès. Enfin dans la mer Tyrrhénienne deux dépêches arrivèrent de Poldhu dans d'excellentes conditions, ayant franchi 2 000 kilomètres, dont 1 000 de continent ; toutefois, un certain nombre de radiotélégrammes échappèrent aux appareils enregistreurs.

Pendant le cours de ces expériences, la vitesse moyenne de transmission fut de quinze mots par minute, personnellement, Marconi est arrivé à une vitesse de vingt-deux mots.

A la suite du voyage du *Carlo-Alberto*, le lieutenant Solani, de la marine italienne, sous le sceau de l'amiral Mirabello,

commandant l'escadre de la Méditerranée, et avec l'autorisation de Marconi, rédigea un long rapport faisant ressortir les conclusions suivantes :

1° *Il n'y a aucune limite à la propagation des ondes hertziennes, si on proportionne l'énergie du transmetteur à la distance à franchir ;*

2° *Les terres interposées n'empêchent nullement les communications ;*

3° *La lumière solaire amoindrit considérablement le champ des ondes hertziennes. Les décharges atmosphériques obligent à diminuer la sensibilité des appareils récepteurs pour les rendre indépendants. Dans les deux cas, pour obtenir de bons résultats, il faut faire varier, en l'augmentant, le facteur énergie.*

Bien que ces conclusions soient peut-être un peu trop affirmatives, il est hors de doute que des dépêches aient franchi des distances considérables, allant jusqu'à plusieurs milliers de kilomètres, franchissant des continents entiers et des chaînes montagneuses telles que les Alpes et les Pyrénées.

Il est bon de remarquer que l'énergie mise en jeu n'est guère réalisable dans la plupart des opérations de campagne nécessitant un matériel léger et des installations rapides.

De plus, un certain nombre de dépêches n'ont pas été enregistrées, et malgré les progrès sensibles faits dans la syntonisation, M. Maskeline, qui avait établi un poste récepteur à 20 milles de Poldhu, prétend, affirme même avoir reçu tous les radiotélégrammes envoyés au *Carlo-Alberto* ; ceux-ci échappèrent donc au secret.

D'ailleurs, une année plus tard, Marconi, ayant comme précédemment accordé ses appareils par tâtonnements, reprit ses communications entre Poldhu et La Spezzia. Le même jour, deux officiers de la garnison de Belfort faisaient des expériences de télégraphie sans fils au moyen de ballons captifs porte-antennes ; ils surprirent les signaux de Mar-

coni à une distance de 1 200 kilomètres du transmetteur. On voit donc que la syntonisation absolue est loin d'être un fait accompli.

Il est à remarquer aussi que tout appareil de puissance moyenne se trouvant dans le champ du transmetteur de Poldhu aurait été dans l'impossibilité absolue de fonctionner, ses ondes auraient été littéralement absorbées.

*Courant 1903.* — Le capitaine de vaisseau Martini, commandant le *Carlo-Alberto*, resta en communication constante de Naples au Canada, avec le poste de Poldhu. La dernière dépêche enregistrée fut reçue à Sidney, en Nouvelle-Écosse, à plus de 3 000 kilomètres de son point de départ.

M. Ducretet chercha à utiliser la tour Eiffel pour établir une antenne radiatrice multiple, devant communiquer avec la France entière; il ne réussit que partiellement, l'énorme masse métallique possédant, semble-t-il, un pouvoir absorbant trop considérable.

MM. Blondel, Tommasina, Schæffer, Slaby, réalisent d'excellentes communications en accordant leurs postes par tâtonnements.

Le commandant Boulanger, le capitaine Ferrié, avec le concours de M. Blondel, établissent dans les environs de Paris de très bonnes communications à 24 kilomètres avec des antennes réduites mesurant 17 mètres seulement de hauteur.

Il nous reste deux mots à dire des expériences des lieutenants Ducretet et Melin en Tunisie. Ces expériences continuèrent d'ailleurs pendant une grande partie de l'année 1904. Elles eurent lieu à Bizerte d'abord, à Tunis ensuite.

A Bizerte, les postes étaient à 7 kilomètres l'un de l'autre de chaque côté du canal. Les opérateurs, qui faisaient leurs essais surtout dans un but militaire, se placèrent autant que possible dans les circonstances de la guerre, n'utilisèrent que la main-d'œuvre et les matériaux de fortune qu'ils avaient sous la main.

Tout eut lieu dans des conditions extrêmement défavorables : antennes supportées par des mâts de signaux déjà installés, dont un était masqué, à moins de 100 mètres, par une colline ; vent violent soulevant des tourbillons de sable, ou pluies torrentielles. Malgré tout, les résultats furent heureux, le Morse enregistra quelques signaux seulement, mais les radiotéléphones Popoff-Ducretet ne cessèrent un seul instant de fonctionner dans d'excellentes conditions.

Les essais suivants utilisèrent, comme supports d'antennes, le mât de signaux du port de Tunis et le clocher de La Goulette, points distants de 12 kilomètres, et donnèrent de très bons résultats.

M. Lacroix, le capitaine Ferrié et l'ingénieur Magne ont relié, à 185 kilomètres de distance, la Guadeloupe et la Martinique par deux postes doubles qui fonctionnent parfaitement.

Au Congo belge, sous la direction du lieutenant Bre-macker, une ligne de télégraphie sans fils : Bona—Saint-Paul a été récemment achevée ; commencée fin 1903, elle comprend trois tronçons :

- a) Bona—Banana, 75 kilomètres ;
- b) Banana—Ambrizette, 157 kilomètres ;
- c) Ambrizette—Saint-Paul, 170 kilomètres.

Les antennes employées ont 59 mètres de hauteur, les vibrations électriques sont produites par l'énergie que fournit un moteur de 2 poncelets.

Dans le courant de 1902 et dans les premiers mois de 1903, le professeur Slaby, de l'Université de Charlottenbourg, fit des expériences de communications multiples qui réussirent partiellement ; il démontra en outre que, si on reliait le poste radiateur au poste collecteur par un fil conducteur, on pouvait recevoir les dépêches par la voie ordinaire en même temps que par la voie radiotélégraphique ; c'est sur ces données que s'est lancée la téléphonie de trains à trains et de trains à stations, réalisée d'une façon très satisfaisante sur la ligne Central-American-Company par M. Denis, qui

obtint dans le courant de février 1904 d'excellents résultats à des distances de 25 et 30 kilomètres.

*Janvier 1904.* — Les Anglais utilisent d'une façon satisfaisante, entre côtes et navires, la télégraphie sans fils pour réprimer la contrebande d'opium et la piraterie dans les mers de Chine.

*Août 1904.* — Marconi fit à bord de la *Compania*, transatlantique italien, la traversée Naples — New-York. Il put communiquer constamment avec Poldhu jusqu'à une distance de 1 700 milles de ce poste; à partir de ce moment, les dépêches devinrent imprécises, mais Marconi ne rencontra aucune difficulté pour se mettre en communication avec le cap Breton, si bien que le paquebot, pendant toute la durée du trajet, ne cessa de communiquer avec la terre ferme.

Une ligne radiotélégraphique est inaugurée et mise à la disposition du public, entre l'Italie et le Monténégro, de Boni, en Apulie, à Antivari, village monténégrin d'altitude élevée.

*Octobre 1904.* — Un poste de télégraphie sans fils installé à Wei-hoa arrive facilement à surprendre les radiotélégrammes expédiés par les Russes et les Japonais opérant en Mandchourie.

Le 22 octobre 1904, eut lieu l'inauguration officielle de la station radiotélégraphique d'Ouessant, communiquant avec toutes les lignes transatlantiques, la France, l'Italie, l'Algérie, la Tunisie, Monaco et Andorre. Cette station est ouverte au public au tarif de 75 centimes par mot.

A la même époque, le physicien danois Poulsen fait des expériences de syntonisation qui réussissent partiellement.

*Novembre 1904.* — Des ballons porte-antennes établissent facilement des relations entre Port-Arthur et Vladivostok.

*Courant 1905-1906-1907.* — Les progrès réalisés, les modifications apportées aux divers appareils de télégraphie électrique sans fils au cours des années 1905-1906 et débuts de 1907 sont peu importants. On s'est surtout occupé de la législation, de la réglementation internationale du moyen de communication nouveau désormais entré dans la pratique.

La télégraphie sans fils semble avoir été utilisée sur une grande échelle dans la guerre d'Extrême-Orient entre la Russie et le Japon; des controverses nombreuses qui se sont élevées à ce sujet, ne nous permettant pas de traiter ce côté de la question en connaissance de cause, nous le passerons donc momentanément sous silence.

L'administration anglaise des postes passe un marché avec la compagnie Marconi et ouvre au public la station de Poldhu au tarif de 65 centimes par mot, avec minimum de 8<sup>f</sup> 10.

La compagnie française de l'Ouest ouvre avec les tarifs d'Ouessant une ligne entre Dieppe et Newhaven. Les appareils employés sont du type Popoff-Ducretet avec courants de Tesla.

Aux États-Unis, on crée des lignes d'étude pour les élèves télégraphistes civils et militaires, sur une longueur de 55 kilomètres, entre Washington et Annapolis, comprenant de nombreux postes fixes.

En France, le ministre de la guerre a décidé qu'un certain nombre d'officiers, gradés et soldats, des troupes coloniales effectueraient un stage de quelques mois au mont Valérien, afin d'apprendre le fonctionnement et l'installation des appareils de télégraphie sans fils, en même temps que des officiers de toutes armes, sur mer, à Belfort, à Toul, à Épinal, à Verdun à bord du *Lebaudy*, se livraient à de continuelles expériences. Vers la fin de 1906, le capitaine Ferrié, réussissant là où Ducretet avait partiellement échoué, arriva à relier la tour Eiffel à nos quatre grandes places frontières.

En Allemagne, les « Funtrer » ont été créés, formant un

corps spécial de télégraphistes sans fils comprenant : 8 officiers, 15 sous-officiers, 80 télégraphistes et 40 chevaux.

Les voitures de transport employées sont du modèle des fourgons d'artillerie; chacune d'elles peut porter six hommes et le matériel nécessaire à l'installation complète de deux postes. Une dynamo, que fait fonctionner un petit moteur à benzine placé à l'arrière de la voiture, sert de générateur d'énergie.

La Russie possède un matériel à peu près analogue, mais plus transportable encore que le matériel allemand, nous en dirons quelques mots plus loin.

## AVANTAGES ET INCONVÉNIENTS DE LA TÉLÉGRAPHIE SANS FILS

Comme tout moyen de communication, celui créé par la télégraphie sans fils présente des inconvénients et des avantages que nous allons sommairement examiner tour à tour.

**Inconvénients.** — Le plus grave défaut dont on puisse faire reproche à la télégraphie sans fils, est certainement celui de ne pas permettre le secret absolu des dépêches. En effet, ni Marconi, ni Ducretet, ni Slaby, ni Arco, ni Poulsen ne sont arrivés à un accord parfait entre leurs postes; par conséquent, tout appareil récepteur placé dans le champ du transmetteur pourra, en s'accordant au besoin par tâtonnements successifs (ce qui est toujours possible en faisant varier adroitement la fameuse formule de Tomson), enregistrer les dépêches.

A cette objection on peut répondre que tous les systèmes de télégraphie en sont à peu près au même point sous ce rapport, et l'on verra plus loin que, pour intercepter une ligne même souterraine, il n'est nullement besoin de la couper, ni d'en connaître l'emplacement exact, mais seule-

ment l'emplacement approximatif. Quant aux courriers à pied, à cheval, à bicyclette, en automobiles, ils seront toujours employés dans des cas spéciaux, à la guerre surtout; cas où des circonstances tactiques, de temps, etc., ne permettront l'installation d'aucun système de télégraphie.

Dans tous les cas, le secret absolu ne réside que dans l'emploi d'un chiffre connu seulement des intéressés; ce qui est plus grave, c'est que la lecture des dépêches chiffrées soit rendue impossible par suite de l'enregistrement d'ondes émises par des appareils ennemis sciemment disposés dans le champ du récepteur; cet inconvénient, le plus sérieux de tous, ne tombera que le jour où l'on sera arrivé à une syntonisation absolue, et spéciale, probablement en dehors de la formule de Tomson, ne permettant même pas un accord par tâtonnements; nous n'en sommes pas encore là. Dans les premiers mois de 1905, on songea à localiser l'émission des ondes hertziennes dans un champ conique relativement étroit, dirigé du radiateur vers le collecteur, à l'exclusion de tous les autres points de l'espace; dans ce but, furent construits et adaptés aux antennes radiatrices des cornets en ébonite formant écran pour toutes les directions autres que celle du récepteur. La grande dispersion des ondes hertziennes ne permit d'obtenir que des résultats insignifiants et les expériences dirigées dans ce sens furent abandonnées.

En 1904, M. Artons fit à La Spezia des expériences de syntonisation qui paraissent avoir mieux réussi; en voici les résultats généraux, mentionnés dans la revue scientifique italienne *Elettricità*.

a) Deux postes accordés et munis d'un appareil non décrit (le caractère surtout militaire de ces expériences ayant empêché toute communication technique), communiquant à une distance de 4 500 mètres, d'autres récepteurs installés en dehors de la ligne droite reliant les deux premiers, ne purent, même à la faible distance de 5 000 mètres, enregistrer aucune perturbation.

b) Deux postes accordés et munis du dispositif de M. Artons, dont la ligne droite passait au-dessus de Rome et de terrains boisés, communiquèrent parfaitement, tandis que d'autres postes, même placés sur la ligne droite, ne purent, en essayant de s'accorder par tâtonnements, enregistrer les signaux hertziens. Depuis, le silence s'est fait autour des expériences de M. Artons, l'autorité militaire a-t-elle interdit d'une façon absolue la publication du moindre compte rendu, ou bien ces expériences, qui semblaient avoir parfaitement réussi aux faibles distances de 5 et 7 kilomètres, ont-elles échoué sur des distances plus considérables ?

Un autre inconvénient de la télégraphie sans fils réside dans l'inscription au récepteur des points parasites provenant des décharges atmosphériques ; cependant, ces points, très courts en général et absolument irréguliers comme dimensions, sont très faciles à distinguer des signaux Morse, surtout si la manipulation est un peu lente.

Les antennes constituent aussi un inconvénient sérieux, surtout au point de vue militaire, car le matériel nécessaire à leur installation crée des impedimenta considérables ; de plus, les mâts sont visibles de très loin. Sous ce rapport, la télégraphie sans fils par la terre présente des avantages sérieux.

Enfin, la réception des signaux Morse au radiotéléphone qui sera, en raison même de son très bon fonctionnement, le plus souvent employé, est difficile, réclamant un personnel exercé.

**Avantages.** — La télégraphie sans fils, en regard de ces inconvénients nombreux, possède des avantages marqués sur tous les autres systèmes connus.

Il ressort d'expériences, nombreuses, précises, que ni les masses de terre interposées, même à courte distance de l'un des appareils, ni le vent, ni la pluie, ni la nuit, ni la neige ou le brouillard n'empêchent le bon fonctionnement des appareils ; une atmosphère humide favorise même les com-

munications. Malgré tout, toutes les fois que cela sera possible, on fera bien d'éviter la proximité trop grande des appareils avec un obstacle interposé considérable, car, surtout si l'atmosphère est sèche, les ondes hertziennes trouvant un meilleur conducteur dans le sol que dans l'air, seraient partiellement absorbées.

Les troubles produits par les orages, et certains états d'électrisation particuliers de l'atmosphère sont communs à tous les systèmes de télégraphie électrique.

La télégraphie sans fils est surtout moins coûteuse à installer que la télégraphie ordinaire, qui arrive à occasionner, dans certains cas, des dépenses atteignant 3 000 francs par kilomètre, sans compter l'entretien et les réparations toujours considérables.

Enfin rappelons-nous qu'avec un personnel non exercé et absolument inapte, les lieutenants Ducretet et Melin, en Tunisie, ont installé leurs communications dans moins de trois heures. Donc : installation rapide, demeurant à peu près la même, quelle que soit la distance, appareils peu volumineux, possibilité de communiquer par-dessus un camp ennemi, tels sont les avantages qui constituent le bilan de la télégraphie électrique sans fils et qui prêchent chaudement en sa faveur, plaidant une cause gagnée indéniablement au point de vue scientifique et bien près de l'être au point de vue pratique.

## EMPLOIS

La télégraphie électrique sans fils vient donc compléter, sans avoir la prétention de la détrôner, la télégraphie ordinaire ; elle sera surtout précieuse entre navires, phares et côtes et dans tous les cas où l'établissement d'un conducteur intermédiaire est impossible et où la télégraphie optique, soumise d'une manière absolue à l'état atmosphérique, demeure presque toujours impuissante. C'est d'ail-

leurs sur mer que les appareils atteignent leur maximum de rendement.

Comprenant les services que peut rendre chaque jour la télégraphie sans fils, à peu près toutes les marines militaires et marchandes des grandes puissances, sans abandonner pour cela leur ancien code de signaux, ont établi sur la presque totalité de leurs unités des postes doubles. En France, sous l'intelligente et laborieuse initiative des officiers de marine Arago et Jehenne, qui ont minutieusement exploré les côtes de France, de Corse et d'Algérie, des postes fixes ont été établis en Méditerranée, distants de 300 à 400 kilomètres.

En campagne, la télégraphie sans fils semble destinée à devenir un puissant auxiliaire du commandement, tant comme moyen de liaison que comme agent de renseignements. C'est dans ce but que, en Russie, Popoff a créé un matériel léger de télégraphie avec voitures automobiles, génératrices d'énergie et accumulateurs légers pouvant se transporter à dos de mulet et permettant ainsi l'installation de postes sur des points inaccessibles aux voitures ; quelques petits ballons, un dévideur, quelques centaines de mètres de fil de cuivre, un ou deux jeux de bambous très légers, complètent le matériel. L'appareil radiotéléphonique est seul employé.

De plus, la voiture automobile, étant également génératrice de rayons X, pourra être d'un précieux concours dans les opérations chirurgicales.

Aux colonies, il est peu à craindre que jamais les dépêches soient troublées ou surprises, vu l'ignorance des indigènes ; au contraire, une ligne télégraphique, même souterraine, est toujours à la merci de leur malveillance ; dans les contrées peu sûres, la télégraphie sans fils devient donc un moyen de communication particulièrement précieux. Dans la guerre des places, et dans une foule d'autres cas, les avantages qu'elle présente ne sont pas non plus négligeables.

## APPAREIL DE SÛRETÉ POUR NAVIRES

Cet appareil (fig. 15) a pour but d'avertir automatiquement, la nuit et surtout par temps brumeux, un navire du voisinage d'un phare, d'un écueil ou d'un autre vaisseau ; il

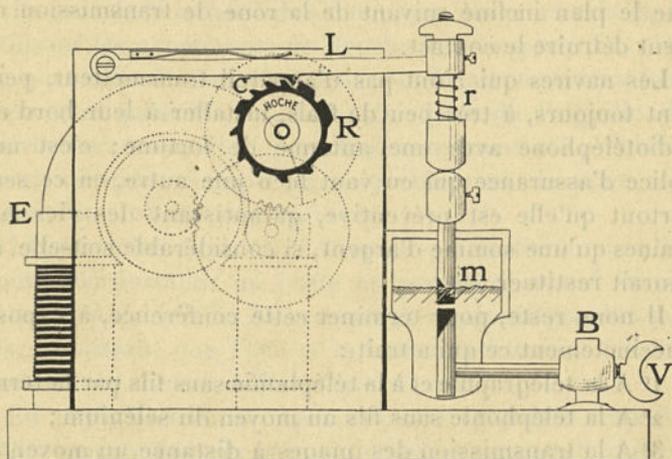


Fig. 15. — Avertisseur automatique.

a été réalisé en France par le capitaine de vaisseau Moritz, en Angleterre par M. Gardner.

Il comprend :

Une ou deux antennes radiatrices et collectrices ;

Un manipulateur automatique dont voici la description sommaire :

E, un mécanisme de mouvement uniforme (système d'horlogerie ou machine électrique) ;

L, un manipulateur à ressort dont la came s'engage dans les rochets d'une roue de transmission ;

R, une roue de transmission crénelée en longues, brèves et intervalles, selon le nom à transmettre ;

m, un godet, rempli de pétrole, de manipulateur ordinaire ;

Un récepteur à sonnerie ou radiotélégraphique ou radio-téléphonique ordinaire.

La roue à cames de l'avertisseur représenté (fig. 15) est conditionnée pour la transmission du mot *Hoche*. Chaque fois que la came du manipulateur tombe dans l'un des crans de la roue R, le contact est établi en *m*, il y a émission d'ondes au radiateur et cette émission dure aussi longtemps que le plan incliné suivant de la roue de transmission ne vient détruire le contact.

Les navires qui n'ont pas d'appareil transmetteur, peuvent toujours, à très peu de frais, installer à leur bord un radiotéléphone avec une antenne de fortune; c'est une police d'assurance qui en vaut bien une autre, en ce sens surtout qu'elle est préventive, garantissant des vies humaines qu'une somme d'argent, si considérable soit-elle, ne saurait restituer.

Il nous reste, pour terminer cette conférence, à exposer succinctement ce qui a trait :

1° A la télégraphie et à la téléphonie sans fils par la terre;

2° A la téléphonie sans fils au moyen du sélénium;

3° A la transmission des images à distance au moyen du sélénium.

## TÉLÉGRAPHIE ET TÉLÉPHONIE SANS FILS PAR LA TERRE

En 1870, pendant le siège de Paris, M. Bourbouze, chef des travaux pratiques à la Sorbonne, résolut de relier la capitale à la province en utilisant la Seine comme conducteur. En conséquence, il installa au pont Napoléon une pile de 600 éléments, dont l'un des pôles fut mis à la terre, l'autre relié à de larges plaques de cuivre noyées dans le fleuve; un interrupteur Morse permettait de lancer ou de rompre à volonté le courant : tel fut le poste transmetteur.

Le récepteur, installé au pont d'Austerlitz, comprit un galvanomètre ordinaire relié à la terre d'une part, et d'autre part communiquant avec la Seine dans les conditions du poste transmetteur. Chaque fois qu'on fermait le courant au pont Napoléon, l'aiguille du galvanomètre déviait fortement au pont d'Austerlitz ; aussitôt le courant interrompu, l'aiguille retombait au zéro de la graduation.

Le jour de la bataille de Champigny, on renouvela en les utilisant les expériences de Bourbouze : un poste fut placé au pont Saint-Michel, l'autre à Saint-Denis, tous deux fonctionnèrent parfaitement. Les déviations de l'aiguille des galvanomètres avaient, pour la circonstance, été préalablement calculées et repérées soigneusement de manière à former un alphabet conventionnel.

Un peu plus tard, M. d'Almeida quitta Paris en ballon pour aller installer un poste en province, quand survint l'armistice qui mit fin à ces expériences de télégraphie sans fils, établissant que l'eau et la terre constituaient des conducteurs de natures différentes.

En 1876, Bourbouze reprit ses essais, voulant cette fois utiliser un conducteur unique, le sol (courants telluriques). Un galvanomètre fut intercalé dans un circuit relié, d'une part, à une conduite à gaz, d'autre part, à une plaque de cuivre plongeant dans un puits ; ce fut le récepteur.

Le poste transmetteur, placé à 500 mètres du récepteur, fut installé à l'École de pharmacie ; il comprit une pile de voltage moyen, un interrupteur ; le circuit fut relié par ses deux extrémités aux conduites d'eau de l'École de pharmacie. Chaque fois qu'on fermait le circuit à l'École de pharmacie, l'aiguille du galvanomètre déviait au récepteur ; elle reprenait sa position initiale à chaque interruption du courant, il s'ensuivait, au galvanomètre, une déviation de l'aiguille dans le sens opposé. L'expérience était concluante ; elle n'eut cependant pas d'applications pratiques immédiates.

En 1884, à Londres, des circuits téléphoniques ordi-

naires, placés parallèlement à des conduites souterraines de fils télégraphiques, permirent de surprendre les dépêches.

En 1885, on constata que de simples circuits télégraphiques causaient dans le sol des troubles jusqu'à 600 mètres ; on arriva même, au cours d'expériences faites à Londres, à communiquer à une distance de 2 000 mètres, à travers tout un quartier. On reconnut bientôt que ces divers phénomènes étaient dus, non pas, comme on l'avait supposé tout d'abord, à l'interposition, entre les deux postes, du conducteur naturel qu'est la terre, mais bien à la propagation d'ondes électromagnétiques dans l'Éther du milieu considéré ; les courants telluriques, qui pourtant existent, ne jouant qu'un rôle secondaire.

En 1892 seulement, on utilisa la propagation des ondulations hertziennes à travers le sol. L'ingénieur anglais Preece établit une communication d'une rive à l'autre du canal de Bristol, au moyen de longs fils conducteurs parallèles enterrés de chaque côté du canal et reliant un certain nombre de plaques de terre : c'est l'expérience de Bourbouze à de plus grandes distances ; un téléphone ordinaire remplaça le galvanomètre du circuit récepteur et le système fonctionna parfaitement.

En 1895, le câble télégraphique entre Oban et l'île de Mull s'étant rompu (distance 8 kilomètres), le système de télégraphie à réception téléphonique de Preece le remplaça dans d'excellentes conditions.

Enfin, en 1900, l'ingénieur anglais Gavey fit connaître qu'il avait pu établir une communication téléphonique régulière entre la côte d'Irlande et l'île Bathlin, distantes de 12 kilomètres, chaque poste étant organisé comme il suit (fig. 16) :

- P, une pile, ou une source d'électricité quelconque ;
- M, un transmetteur (microphone) ;
- I, un interrupteur ;
- T, un récepteur (téléphone).

Le poste A' est l'identique absolu du poste A. Les plaques de terre *h* et *h* étaient distantes de 2 kilomètres dans l'île Bathlin et de 9 kilomètres sur la côte d'Irlande. La partie des conducteurs *c*, *c'*, *c''*, *c'''* est la partie enterrée. Malgré cette distance déjà considérable de 12 kilomètres les paroles étaient très distinctement perçues au téléphone.

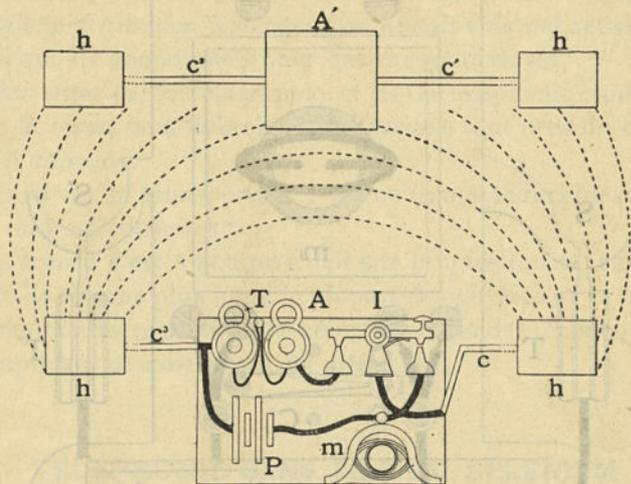


Fig. 16. — Téléphonie sans fil par la terre. Appareils Gavey.

En France, M. Ducretet, reprenant l'étude de la télégraphie et de la téléphonie sans fils par la terre, a construit un appareil très sensible (fig. 17), comprenant les deux systèmes, permettant par le simple déplacement d'une clef *c* le passage immédiat d'un moyen de communication à l'autre. M. Maiche a construit également plusieurs appareils basés sur les mêmes principes et qui donnèrent de bons résultats aux courtes distances de 3 500 à 4 000 mètres.

Ce système de télégraphie et de téléphonie sans fils par la terre est excellent, seulement il présente le grave inconvénient de demander des plaques de terre d'autant plus éloignées l'une de l'autre que la distance est grande.

M. Ducretet a réduit cette distance à 60 mètres d'écartement pour 1 000 mètres de poste en poste. On voit que ce mode de communication est incompatible avec certaines exigences, celles de la guerre par exemple.

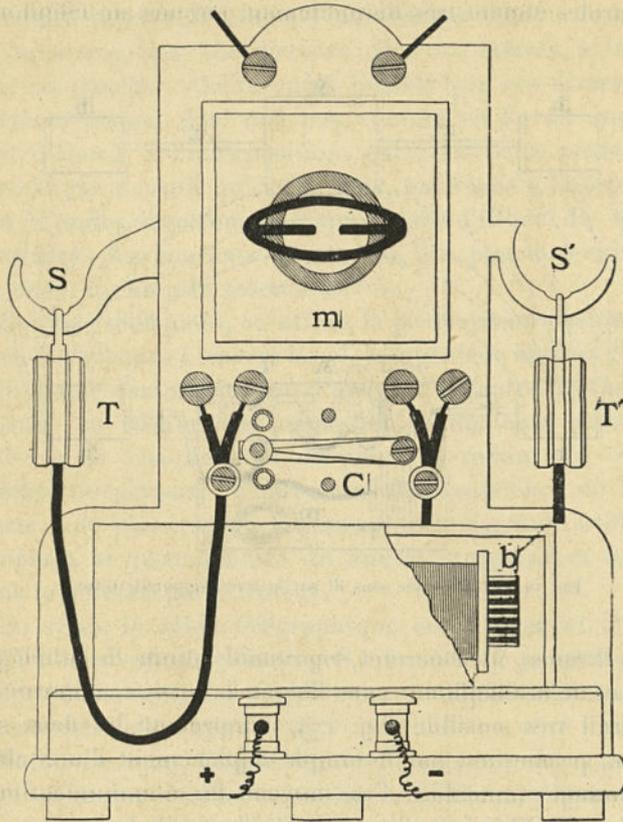


Fig. 17. — Appareil Ducretet de télégraphie-téléphonie sans fil par la terre.

Le colonel russe Pilsoudski a cherché un autre dispositif qu'il expérimenta en juillet 1901 et qui donna d'excellents résultats jusqu'à une courte distance de 600 mètres. Les appareils du colonel Pilsoudski sont des appareils de télé-

graphie sans fils ordinaires, du type Popoff-Ducretet, seulement, les ondes hertziennes, au lieu d'être lancées dans l'atmosphère, sont lancées dans le sol. L'antenne radiatrice est une plaque métallique enfoncée dans la terre ou noyée dans un puits, l'autre prise de terre est un condensateur à réglage, placé à la surface du sol. Quand la guerre russo-japonaise éclata, le colonel Pilsoudski faisait en Russie des essais aux grandes distances ; on ne sait s'ils ont réussi ou s'ils ont été abandonnés pour des causes diverses.

Au sujet de la télégraphie et de la téléphonie sans fils par la terre, de nombreuses discussions sont nées du différend suivant :

Quel est le transporteur : les courants telluriques ? ou les ondes électriques ?

L'accord s'est à peu près fait sur la question et, comme nous le disions plus haut, la plupart des physiciens et expérimentateurs pensent que courants et ondes existent, se complétant et concourant au même but.

## TÉLÉPHONIE SANS FILS AU SÉLÉNIUM

La téléphonie sans fils au sélénium est un procédé très original du transport de la voix à distance ; ce n'est, à proprement parler, autre chose que de la téléphonie optique.

Vers 1873, Smith constata que si, entre deux conducteurs placés sur un corps isolant, on étendait une légère couche de sélénium ardoisé à l'étuve, le courant électrique circulait dans les deux conducteurs, franchissant le *pont de sélénium*, dans un rapport direct d'intensité avec l'éclairement de l'appareil par une source lumineuse quelconque. On remarqua en outre que la résistance du sélénium diminuait, si on laissait longtemps les éléments exposés à l'air ; cette diminution de résistance s'accusait d'ailleurs davantage quand l'atmosphère était chargée d'humidité. Pour remédier à ces inconvénients, Rühmer enferma ses élé-

ments dans une ampoule en verre mince, aussi transparente que possible et dans laquelle il avait préalablement fait le vide presque absolu (fig. 21 bis).

Les éléments de sélénium sont aujourd'hui à peu près les seuls employés ; ils se composent en général : d'un *corps isolant cylindrique*, protégé contre les effets hygrosco-piques comme il vient d'être dit précédemment ; sur ce corps cylindrique, sont enroulés en spirale deux conduc-teurs de cuivre ; le tout est recouvert d'une très mince couche de sélénium fondu. La sensibilité des appareils de Rühmer est telle, qu'ils permettent l'enregistrement, à plu-sieurs kilomètres de distance, des variations d'éclat d'une



Fig. 18.

lampe à acétylène, variations à peine perceptibles à l'œil nu dans un rayon restreint de 2 ou 3 mètres.

Avant Rühmer, Siemens, Bidwell, etc., avaient construit des éléments à l'air libre (fig. 18), comprenant ordinaire-ment, quelque divers que soient les modèles : une plaque isolante en porcelaine, ardoise, mica ou toute autre matière, sur laquelle étaient enroulés deux conducteurs, le tout re-couvert d'une mince couche de sélénium fondu.

## Applications

**Sonnerie.** — Soit une sonnerie électrique S (fig. 19) dont le circuit *a* est coupé par un relais R ; dans le circuit *b* de ce relais, est intercalé un élément à sélénium S<sup>e</sup>. Dans l'obscurité, le courant ne circule pas dans le circuit *b*, l'électro-aimant du relais est donc au repos, et le circuit *a* de la sonnerie S, coupé en I, ne fonctionne pas. Mais, si une

source lumineuse quelconque vient à éclairer  $S^c$ , immédiatement le courant passe dans le circuit  $b$ , l'électro-aimant  $R$  du relais fonctionne, attire vers lui la plaque mobile à ressort  $R$  qui, prenant contact en  $I$ , ferme le circuit  $a$ , la sonnerie est donc immédiatement actionnée.

Quand on supprime la source lumineuse, le sélénium

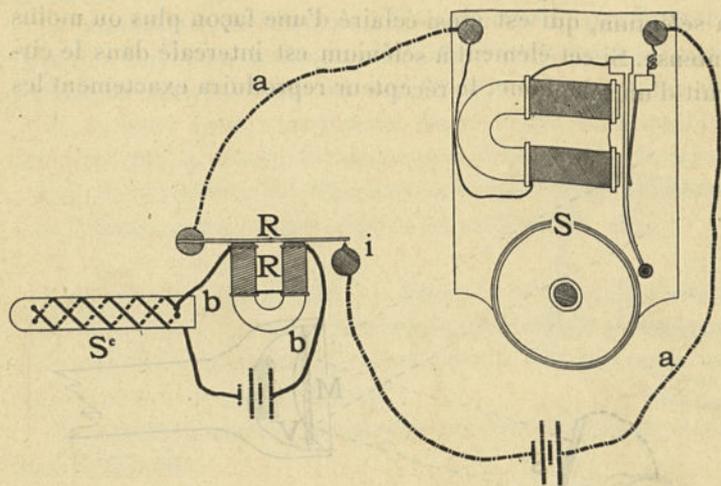


Fig. 19.

revient instantanément à sa résistance initiale, une série de phénomènes inverses se produisent et la sonnerie s'arrête.

**Allumage automatique.** — L'allumage et l'extinction automatiques de certains becs de gaz placés en des points éloignés ou difficilement accessibles, le fonctionnement des bouées à gaz notamment, ont pu être assurés au moyen d'éléments de sélénium dont la résistance variait au coucher du soleil et à l'aurore.

*Emploi de la lumière solaire.* — Supposons que sur la membrane vibrante  $V$  d'un téléphone Bell, par exemple

(fig. 20), on colle un miroir plan flexible M sur lequel les rayons solaires sont réfléchis. Ce miroir envoie sur un élément à sélénium placé à une certaine distance un faisceau de rayons parallèles. Si on vient à parler devant l'embouchure du téléphone, la membrane, et par suite le miroir, devient tantôt convexe, tantôt concave, envoyant soit un faisceau convergent, soit un faisceau divergent sur l'élément à sélénium, qui est ainsi éclairé d'une façon plus ou moins intense. Si cet élément à sélénium est intercalé dans le circuit d'un téléphone, le récepteur reproduira exactement les

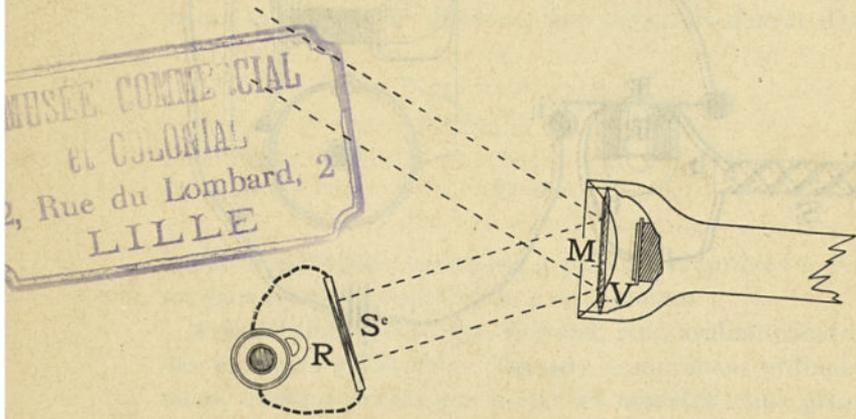


Fig. 20.

sons articulés au transmetteur, la variation d'intensité de courant qui produit les sons à distance a simplement changé de cause.

Tainter et Bell, il y a déjà plus de vingt-cinq ans, avaient réussi, en employant ce système, qui demande une très grande précision de montage, à communiquer jusqu'à une distance de 200 mètres.

**Photomètre.** — Le photomètre à sélénium est dû à Siemens; son principe est simple : un galvanomètre est intercalé dans le circuit qui comprend l'élément à sélénium ;

sous l'effet éclairant d'une lumière quelconque, le courant traverse l'élément à sélénium et le galvanomètre dévie ; on enregistre cette déviation et pour comparer le pouvoir éclairant d'une autre source lumineuse, on la place à une distance telle du photomètre que la déviation constatée demeure la même, il ne reste plus à établir alors qu'un rapport de distances.

Le photomètre de Siemens a été perfectionné par Rühmer dans des conditions telles, qu'à l'aide d'un instrument spécialement construit pour ce cas, il put, dans la nuit du 11 au 12 avril 1904, enregistrer, d'une façon remarquablement précise, la courbe d'éclairement d'une éclipse lunaire.

Les photomètres de Rühmer sont également sensibles aux radiations des corps actifs et aux rayons X.

**Téléphonie sans fils.** — Dans le courant de l'année 1905, Rühmer a construit une série d'appareils permettant d'excellentes transmissions phoniques à des distances variant entre 15 et 20 kilomètres.

La source lumineuse employée est l'arc électrique chantant de Duddel.

*Transmetteur* (fig. 21, 21 bis). — Le poste transmetteur comprend une lampe à arc L placée au foyer d'un miroir parabolique M.

Le circuit I qui actionne cette lampe traverse le primaire H d'un transformateur alimenté par des piles ou accus P. Un microphone est compris dans le circuit du transformateur.

*Récepteur.* — Au foyer d'un miroir parabolique M', identique à M, est placé un élément à sélénium S. Cet élément est compris dans le circuit d'un récepteur téléphonique T' alimenté par les piles ou accus P'.

*Fonctionnement.* — Quand, sous l'effet d'une onde sonore quelconque, la plaque du microphone T vibre, il se produit une suite de variations de courant dans le circuit du trans-

formateur. Par induction ces variations sont transmises au circuit I et l'intensité de la source lumineuse L varie dans le même rapport.

Le miroir M envoie donc sur le miroir M' un faisceau lumineux d'intensité variable. Le miroir M' concentre ce faisceau sur l'élément de sélénium S du récepteur dont la résistance au passage du courant dans le circuit du téléphone T' varie dans un rapport inverse du pouvoir éclairant de L. On comprend dès lors facilement que le téléphone T' reproduise, affaibli peut-être, mais exactement, les sons émis en T.

En employant les projecteurs puissants des navires de guerre, les communications à 25 ou 30 kilomètres donnent d'excellents résultats.

Un grave inconvénient de ce système de téléphonie est d'exiger la ligne droite et de ne permettre conséquemment, en mer surtout, que des communications à des distances inférieures aux limites de l'horizon que crée la courbure de la terre.

**Téléphotographie.** — La réalisation de la téléphotographie est le premier pas vers la visibilité à distance qui demande, pour être réalisée, un procédé permettant aux couleurs d'impressionner à distance notre rétine comme le son impressionne notre tympan dans la téléphonie ordinaire.

Nous passerons sous silence les multiples expériences de nombreux savants qui marquent les étapes successives de la téléphotographie, pour arriver de suite à la description des appareils les plus récents (décembre 1906-janvier 1907) construits par le professeur Korn, de l'Université de Munich.

Pour réaliser la téléphotographie, il fallait :

1° Transmettre à distance toutes les impressions ou, mieux, toutes les vibrations lumineuses prenant naissance dans un champ donné ;

2° Fixer, par un procédé quelconque, les impressions, les vibrations transmises.

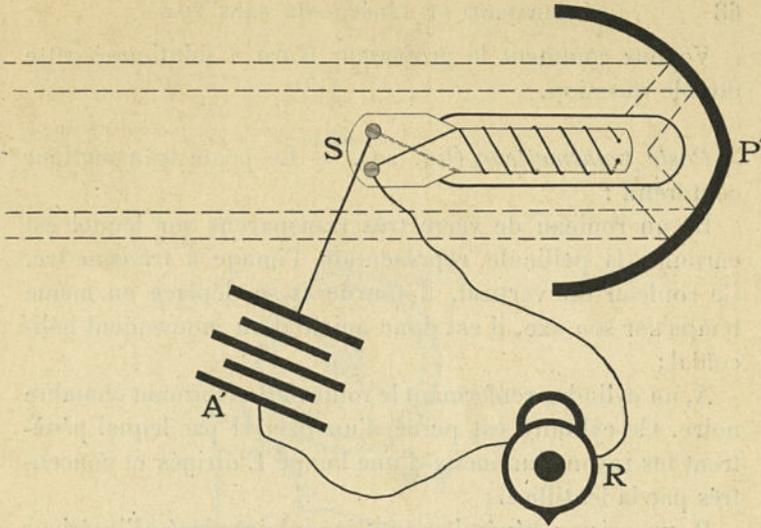


Fig. 21.

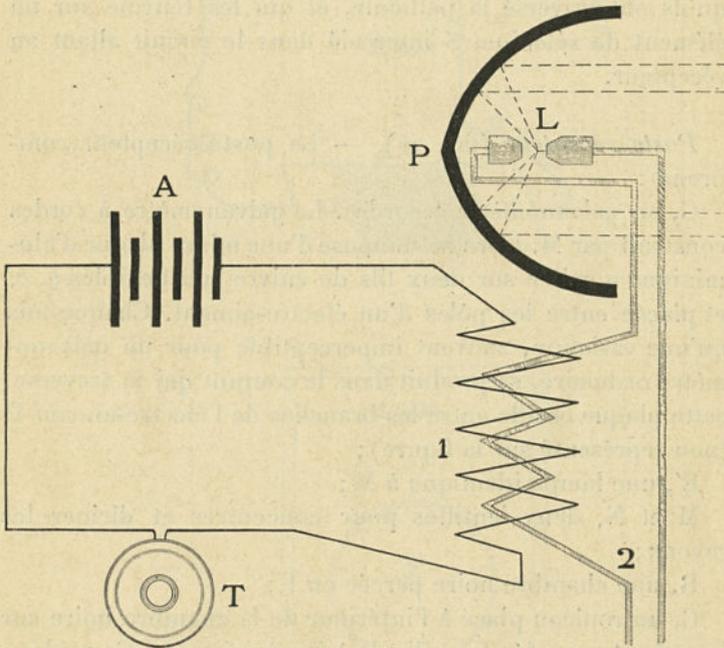


Fig. 21 bis.

Voyons comment le professeur Korn a solutionné cette double question.

*Poste transmetteur* (fig. 22). — Le poste transmetteur comprend :

B, un rouleau de verre très transparent sur lequel est enroulée la pellicule représentant l'image à transmettre. Ce rouleau est vertical, il tourne et se déplace en même temps sur son axe, il est donc animé d'un mouvement hélicoïdal ;

A, un cylindre renfermant le rouleau B et formant chambre noire. Ce cylindre est percé d'un trou H par lequel pénètrent les rayons lumineux d'une lampe E dirigés et concentrés par la lentille L ;

P, un prisme généralement triangulaire placé à l'intérieur du rouleau B, qui reçoit les rayons de la lampe E après qu'ils ont traversé la pellicule, et qui les renvoie sur un élément de sélénium S intercalé dans le circuit allant au récepteur.

*Poste récepteur* (fig. 22). — Le poste récepteur comprend :

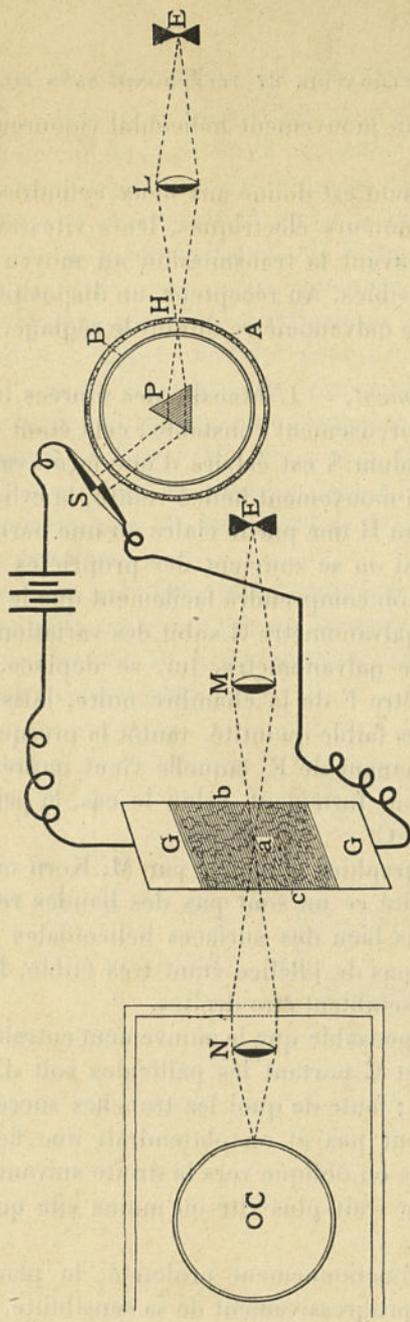
G, un galvanomètre à cordes. Le galvanomètre à cordes construit par M. Korn se compose d'une mince plaque d'aluminium *a* collée sur deux fils de cuivre très flexibles *b*, *c*, et placée entre les pôles d'un électro-aimant. Chaque fois qu'une variation, souvent imperceptible pour un galvanomètre ordinaire, se produit dans le courant qui la traverse, cette plaque oscille entre les branches de l'électro-aimant D (non représenté sur la figure) ;

E', une lampe identique à M ;

M et N, deux lentilles pour concentrer et diriger les rayons ;

R, une chambre noire percée en F ;

C, un rouleau placé à l'intérieur de la chambre noire sur lequel est enroulée la pellicule à impressionner. Ce rouleau



\*

est animé d'un mouvement hélicoïdal rigoureusement synchrone de B.

Le mouvement est donné aux deux cylindres B et C par deux petits moteurs électriques, leurs vitesses respectives sont réglées avant la transmission au moyen de compte-tours très sensibles. Au récepteur, un dispositif spécial permet d'isoler le galvanomètre durant le réglage.

*Fonctionnement.* — L'intensité des sources lumineuses E et E' est rigoureusement constante ; cela étant donné, l'élément de sélénium S est éclairé d'une façon variable, selon que, dans son mouvement hélico-rotatif, le cylindre B place en face du trou H une partie claire ou une partie foncée de la pellicule. Si on se souvient des propriétés particulières du sélénium, on comprendra facilement que le courant passant dans le galvanomètre G subit des variations d'intensité identiques ; le galvanomètre, lui, se déplace, « danse » devant la fenêtre F de la chambre noire, laissant pénétrer tantôt une très faible quantité, tantôt la presque totalité de la lumière émanant de E' laquelle vient impressionner soit faiblement, soit fortement, selon le cas, la pellicule collée sur le rouleau C.

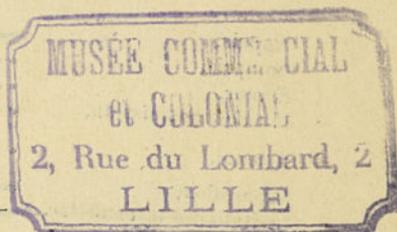
Les photographies obtenues par M. Korn ont un aspect strié, en réalité ce ne sont pas des bandes rectangulaires accolées, mais bien des surfaces hélicoïdales juxtaposées, seulement le pas de l'hélice étant très faible, les lignes de démarcation semblent être droites.

Il est indispensable que le mouvement entraînant les deux cylindres B et C portant les pellicules soit d'un synchronisme parfait ; faute de quoi les tranches successives ne se juxtaposeraient pas et on obtiendrait une figure oblique vers la gauche ou oblique vers la droite suivant que le rouleau récepteur irait plus vite ou moins vite que le rouleau transmetteur.

Dans un fonctionnement prolongé, la plaque de sélénium S perd progressivement de sa sensibilité, si bien que,

souvent, elle n'a pu retomber à sa résistance initiale, quand une partie nouvelle de la pellicule lui envoie par l'intermédiaire du prisme un faisceau d'intensité différente; il se produit alors une superposition partielle des impressions et par suite un flou considérable. M. Korn a tourné cette difficulté en ajoutant à son poste récepteur un « compensateur » à sélénium dont la description et le fonctionnement sont trop longs et trop techniques pour prendre place ici. Cet appareil, qui est une merveille de sensibilité et de construction, a fait l'objet d'une longue note lue et commentée le 1<sup>er</sup> décembre 1906 par M. Poincaré à l'Académie des sciences, il nous suffit de signaler son effet : *maintenir constante et maximum la sensibilité de la plaque de sélénium du transmetteur.*

Signalons pour finir que, par contrat spécial en date du 24 novembre 1906, un grand journal français, l'*Illustration*, s'est fait concéder par M. Korn, pour la France, le monopole de la *téléphotographie*.



# SIGNAUX MORSE

## Lettres

a, ---	j, - - - - -	s, . . . .
ä, - - - - -	k, - - - - -	t, ---
b, - - - - -	l, - - - - -	u, - - - - -
c, - - - - -	m, - - - - -	v, - - - - -
d, - - - - -	n, - - - - -	w, - - - - -
e, .	o, - - - - -	x, - - - - -
é, - - - - -	ö, - - - - -	y, - - - - -
f, - - - - -	p, - - - - -	z, - - - - -
g, - - - - -	q, - - - - -	ü, - - - - -
h, - - - - -	r, - - - - -	ch, - - - - -
i, . .		

## Chiffres

1, - - - - -	5, . . . . .	8, - - - - -
2, - - - - -	6, - - - - -	9, - - - - -
3, - - - - -	7, - - - - -	0, - - - - -
4, . . . . .		

## Indications de service

Appels,	- - - - - , etc.
Compris,	. . . . .
Erreur,	. . . . . , etc.
Fin de transmission,	. . . . .
Attente,	- - - - - } transmission continue pour sonnerie.
	- - - - - } feu fixe pour appareils optiques.
Séparation,	- - - - -
Invitation à transmettre,	. . . . .
Fin de transmission,	. . . . .

## Ponctuation

Point,	. . . . .	Trait d'union,	- - - - -
Virgule,	- - - - -	Guillemets,	- - - - -
Point et virgule,	- - - - -	Parenthèses,	- - - - -
Deux points,	- - - - -	Alinéa,	- - - - -
Point interrogatif,	- - - - -	Souligné,	- - - - -
Point exclamatif,	- - - - -	Apostrophe,	- - - - -

## DIAGRAMME PERCIN LILLE

Pour permettre la lecture rapide et suppléer aux erreurs de mémoire toujours possibles à la réception des signaux Morse, le général Percin a imaginé l'ingénieux tableau figuré ci-dessous :

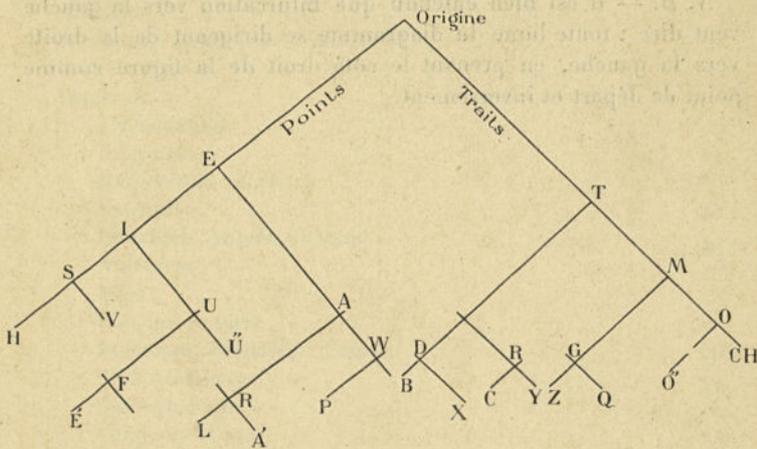


Fig. 23.

Pour se servir de ce diagramme, on part du sommet, en suivant successivement chacune des lignes jusqu'à l'endroit où elle bifurque, en ayant soin de prendre une bifurcation à gauche, ou plus exactement *vers la gauche* chaque fois que la lettre cherchée comportera un point, et une bifurcation *vers la droite* chaque fois qu'il s'agira d'un trait.

## EXEMPLES

1° Chercher quelle lettre représente le signe ---

Partant du sommet, nous avons : un point, donc bifurcation vers la gauche, ce qui nous amène en E ; un point encore, ce qui

nous amène en I; un trait, donc bifurcation vers la droite, ce qui nous conduit en U, lettre correspondant au signe **---**

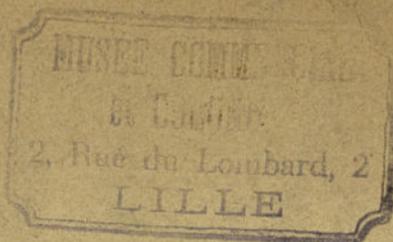
*2° Chercher le signe Morse correspondant à la lettre alphabétique X*

Partant de la lettre X remontons vers l'origine : 1° bifurcation vers la droite, donc trait ; 2° bifurcation vers la gauche, point ; 3° continuation vers la gauche, point, et enfin bifurcation vers la droite, trait ; le signe demandé est **------**

*N. B.* — Il est bien entendu que bifurcation vers la gauche veut dire : toute ligne du diagramme se dirigeant de la droite vers la gauche, en prenant le côté droit de la figure comme point de départ et inversement.

TABLE DES MATIÈRES LILLE

	Pages
INTRODUCTION . . . . .	v
<i>Télégraphie électrique sans fils</i> . . . . .	1
Vibrations. . . . .	3
Induction . . . . .	9
Oscillateur et résonateur de Hertz . . . . .	11
Tube de Branly . . . . .	14
Appareils :	
Transmetteur . . . . .	17
Récepteur. . . . .	19
Radioconducteurs . . . . .	22
Électrodes. . . . .	23
Limailles. Autodécoureur . . . . .	24
Antennes . . . . .	25
Mâts . . . . .	26
Plaques de terre . . . . .	27
Isolateurs. Radiateur d'essai. . . . .	28
Radiotéléphone . . . . .	29
Self-induction . . . . .	31
Longueur d'onde. . . . .	33
Syntonisation . . . . .	34
Expériences . . . . .	37
<i>Avantages et inconvénients de la télégraphie sans fils</i> . . . . .	50
Emplois. . . . .	53
Appareil de sûreté pour navires . . . . .	55
<i>Télégraphie et téléphonie sans fils par la terre</i> . . . . .	56
Téléphonie sans fils au sélénium. . . . .	61
Applications. . . . .	62
<i>Signaux Morse</i> . . . . .	72
<i>Diagramme Percin.</i> . . . .	73



**Librairie scientifique A. BUVIGNIER**

**V. BERGER, Successeur**

**13, rue Saint-Georges, NANCY**

*Téléphone 5.91*

---

Précédemment parus à la même Librairie

**René NICKLÈS.** — *De l'existence possible de la houille en Meurthe-et-Moselle et des points où il faut la chercher.* — Prix. 1<sup>f</sup> 50

**Henry JOLY.** — *Le terrain houiller existe-t-il dans la région sud de Longwy . . . . .* Prix. 2 francs.

---