

ANNALES  
DES  
TRAVAUX PUBLICS  
DE BELGIQUE

---

FASCICULE DE JUIN 1901.

N° 3.

---

*publics* (1) ont publié quelques détails sur la distribution d'eau qui a été récemment construite à Middelkerke.

On se rappellera que les eaux alimentaires devaient, selon les prévisions, être prises dans les dunes, au lieu dit « Sluisput ».

Les espérances ayant été déçues quant au débit de cette source, l'administration locale a fait étudier et va exécuter un remaniement des installations existantes. L'économie générale du travail est la suivante : l'eau du Sluisput sera distribuée par écoulement naturel, au moyen d'une canalisation nouvelle, dans la partie basse du village.

Les pompes, le château d'eau et le réseau existant seront utilisés pour distribuer dans la station balnéaire proprement dite de l'eau prélevée au canal de Plasschendacle à Nieuport, amenée à l'usine élévatrice par écoulement naturel, au moyen d'une conduite de 0<sup>m</sup>.50 de diamètre, et épurée par le procédé Bergé-Howatson. (Ce procédé a été expérimenté en grand à Ostende et vient d'être adopté par cette ville pour la purification de ses eaux alimentaires.)

On mettra ainsi journellement à la disposition des habitants neuf cents mètres cubes d'eau épurée, destinée aux usages domestiques et au service public. L'eau de carafe sera fournie par les puits particuliers.

La transformation sera terminée pour la prochaine saison balnéaire.

**Expériences de télégraphie sans fil entre Bruxelles, Malines et Anvers,** par M. GUARINI. — Jusqu'à ce jour, les électriciens ont considéré la télégraphie sans fil comme une découverte ingénieuse et remarquable, mais sans grande utilité pratique. Ils avaient surtout deux reproches sérieux à faire à l'application de ce système de transmission : la possibilité d'intercepter les communications et l'impossibilité de transmettre des messages à de grandes distances.

Tout récemment, M. le professeur Fleming a signalé, dans le « Times », que les dernières expériences faites par M. Marconi entre Poole, dans le comté de Dorset, et Sainte-Catherine, dans l'île de Wight, prouvent que dorénavant les dépêches ne pourront plus être interceptées et que la télégraphie sans fil duplex est réalisable, au moins dans un seul sens.

D'autre part, ce même professeur, dans sa conférence du 12 février 1901 à la Chambre de commerce de Liverpool, a annoncé les derniers résultats obtenus par Marconi à une distance de 515 kilomètres entre le cap Lizard et Sainte-Catherine. Mais il s'agissait là

(1) Voir tome II, p. 910.

d'une communication en pleine mer, le système, comme on sait, ayant été inefficace sur terre.

Voici, en effet, ce que les rapporteurs, MM. Blondel et Ferrié, ont dit au Congrès de Paris (septembre 1900) au sujet des communications terrestres.

« Les expériences faites à l'intérieur des terres sont moins brillantes. On a dû recourir, dans la plupart des cas, à des ballons captifs ou cerfs-volant pour obtenir des antennes suffisamment élevées.

En 1897, M. Slaby put recevoir des signaux à 21 kilomètres avec des antennes de 500 mètres supportées par des ballons captifs.

En 1898, M. Voisenat obtint de bons résultats à 10 kilomètres avec des antennes de 40 mètres.

En 1899, M. Marconi, avec le concours des capitaines Bret et Kennedy, put communiquer à 54 kilomètres, entre Salisbury et Bath au moyen d'antennes très élevées maintenues par des cerfs-volants.

Il ne semble pas cependant qu'au Transvaal, malgré l'annonce des premiers résultats, on ait pu tirer parti des appareils de télégraphie sans fil qui avaient été envoyés, pour les opérations militaires.

Enfin, des essais ont été faits dans des circonstances spéciales, par MM. Lecarme : en montagne, entre le mont Blanc et Chamonix (1899) la communication fut très régulière, malgré la nature rocheuse du sol et le manque de conductibilité de la glace qui le recouvre. En ballon libre, les résultats furent également intéressants : des signaux purent être reçus dans le ballon alors que l'antenne réceptrice (50 mètres) était parallèle à l'antenne d'émission (40 mètres) et à une grande hauteur. On put aussi communiquer à une distance de 8 kilomètres et à une hauteur de 800 mètres ». A ces résultats, il faut ajouter ceux obtenus par l'Allgemeine Electricitäts Gesellschaft, avec le système Slaby-Arco.

Cette société a pu relier par la télégraphie sans fil son bureau central de Berlin avec sa fabrique de câbles à Ober-Schöneweide, soit une distance d'environ 15 kilomètres.

Il résulte de ce que nous venons de dire que jusqu'aujourd'hui, à moins d'avoir eu recours à des ballons captifs ou à des cerfs-volants, on n'a pas pu communiquer à l'intérieur des terres, à travers obstacles, à une distance de 41 kilomètres (distance séparant Bruxelles d'Anvers) non plus qu'à 21 kilomètres de distance, distance séparant Malines de Bruxelles et Anvers).

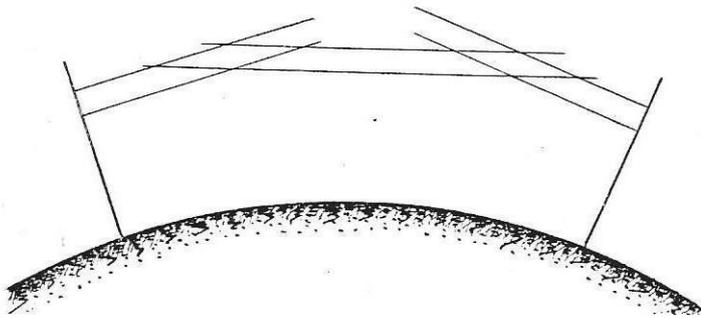
Les expériences dont nous allons résumer les résultats et qui ont été dirigées par nos soins, nous paraissent d'autant plus intéressantes que ce sont les premières faites sur terre entre deux villes populeuses telles que Bruxelles et Anvers, les antennes étant placées au cœur même de

ces deux villes et par surplus étant soutenues — il s'agissait d'installations provisoires et par conséquent absolument sommaires — par des monuments publics. Sans doute, dans des essais ultérieurs, il sera possible, avec des installations mieux conditionnées, d'augmenter considérablement la portée de transmission des appareils sur terre.

Nous ne devons cependant pas nous faire d'illusion à ce sujet, car il est évident que la portée n'augmentera pas indéfiniment et que la nature nous opposera, à un moment donné, une limite infranchissable. Quelque grande, en effet, que soit l'énergie mise en jeu à la station de transmission, il se produit inévitablement des pertes sur le parcours des ondes hertziennes, qui arrivent au récepteur considérablement affaiblies. Ces pertes sont, notamment, la production de chaleur dans le passage des ondes à travers les corps plus ou moins résistants, dans leurs réflexions et déviations successives sur les substances métalliques, etc. Le rayonnement lui-même est une cause très notable d'affaiblissement de l'énergie. La hauteur d'antenne augmente avec la distance à franchir; aussi, dans la pratique, l'installation et le côté financier de la question finiront-ils bientôt par s'opposer à tout accroissement de distance. Le récepteur lui-même, tube à limaille ou contact imparfait, est un révélateur qu'on rendra difficilement d'une sensibilité parfaite pour les ondes hertziennes.

Les progrès que l'on peut faire dans cette dernière voie seront toujours insuffisants, puisque, par suite des pertes citées plus haut, les ondes hertziennes s'évanouissent fatalement à une certaine distance de la station de production.

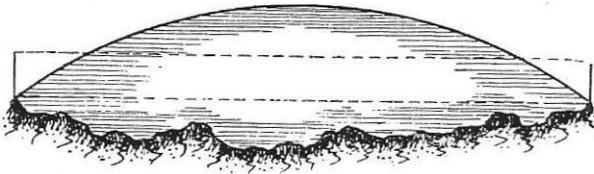
Ce serait une utopie que de vouloir concentrer les ondes hertziennes dans une région déterminée de l'espace pour leur permettre de franchir toutes les distances. La terre est ronde et les ondes se propagent en ligne droite, comme le prouve l'expérience de Hertz de l'arrêt des rayons par un écran métallique. Le faisceau d'ondes concentrées devra être plié à la courbure de la terre par des déviations ou réflexions



successives (fig. 1) et ainsi le jeu des pertes recommencera. Si l'on veut se dispenser d'employer des déviations ou des réflecteurs, on ne pourra jamais élever assez haut le radiateur à la station de transmission et le collecteur à la station de réception, pour permettre la communication entre deux stations, aux antipodes par exemple.

Il y a donc une limite de distance à laquelle les messages peuvent être envoyés sans fil sur terre, surtout à cause de la courbure de celle-ci.

Aussi les ondes électriques, quoiqu'elles puissent se frayer leur chemin à travers certains obstacles à la surface de la terre, sont tôt ou tard brusquement arrêtées par la courbure de celle-ci. En mer,



la courbure est moins sensible parce que les ondes électriques traversent l'eau (fig. 2) et

Fig. 2.

ici l'absorption dépend de la quantité de sel de l'eau. La courbure de notre sphère n'intercepte la télégraphie sans fil sur mer, à longue distance, que quand les ondes électriques viennent en contact avec le fond de la mer (fig. 3).

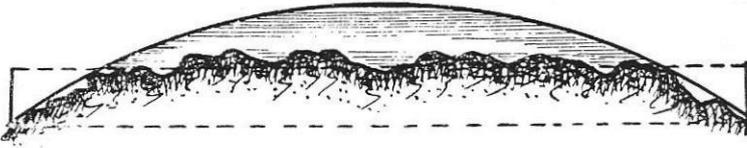


Fig. 3.

Sur terre, l'absorption résultant des constructions intermédiaires et des reliefs de terrain est considérable, et un récepteur placé sous terre (fig. 4) n'est pas impressionné du tout, comme l'a prouvé, dans



Fig. 4.

une expérience toute récente, M. Eugène Lagrange, professeur de physique à l'École militaire de Belgique (*Comptes rendus de l'Académie des Sciences de Paris*, 28 janvier 1901).

Il faut donc recourir à d'autres moyens pour résoudre le problème de la télégraphie sans fil à toutes les distances.

La télégraphie électrique ordinaire, voire même la télégraphie primitive, donne une solution en nous appuyant sur le principe du relais ou translateur.

Le translateur ou répétiteur doit être apte à recevoir les radiations électriques provenant d'une station extrême ou d'un poste de relais, à donner un regain d'énergie à ces radiations et à les envoyer vers l'autre station extrême ou un autre poste de relais. Pour que la solution soit pratique, il ne faut pas se borner à placer à cette station de relais un récepteur qui recevra la dépêche et un transmetteur qui la relancera ensuite dans la direction voulue. Dans ces conditions, en effet, si à la station de départ la dépêche demandait une heure de manipulation par exemple, elle séjournerait deux heures à chaque poste de relais successifs, une heure pour la réception, puis une heure pour la retransmission. De même, si, dans cette station intermédiaire, existaient cinq de ces relais (hypothèse admissible, car la télégraphie duplex sans fil étant déjà réalisée dans un sens par M. Marconi, il est permis de prévoir la réalisation de la télégraphie quadruplex, etc., en se basant sur le même principe), il faudrait cinq employés pour le service de la répétition.

En admettant qu'on puisse atteindre 500 kilomètres dans la transmission directe, pour obliger une dépêche à faire le tour du monde, il faudrait quatre-vingt postes intermédiaires, la circonférence de la terre étant de 40,000 kilomètres environ. Dans la même hypothèse de durée de la manipulation et de la réception, il faudrait donc  $1 + (80 \times 2) + 1 = 162$  heures pour la transmission, soit près de sept jours.

Il est indispensable d'avoir, dans la station intermédiaire de relais, un appareil unique qui répète la dépêche en même temps qu'il la reçoit : cette répétition doit se faire automatiquement pour faire une économie de personnel et de temps. Tout répétiteur automatique se compose donc essentiellement d'un récepteur et d'un transmetteur, celui-ci étant actionné automatiquement par celui-là. Alors pour faire le tour du monde, notre dépêche ne demandera guère plus de deux heures, le seul retard provenant du temps nécessaire à vaincre l'inertie des différents appareils.

Le 19 janvier, nous avons tenté, avec la collaboration de M. Pon-

celet, lieutenant d'artillerie, la communication directe entre Bruxelles et Anvers et vice-versa.

L'antenne du poste de Bruxelles, confié au lieutenant Poncelet, était installée à la colonne du Congrès (fig. 5.) Celle du poste d'Anvers, surveillée par nous-même, était installée à la tour de la cathédrale Notre-Dame (fig. 6).

La distance entre les deux monuments, que le Gouvernement belge

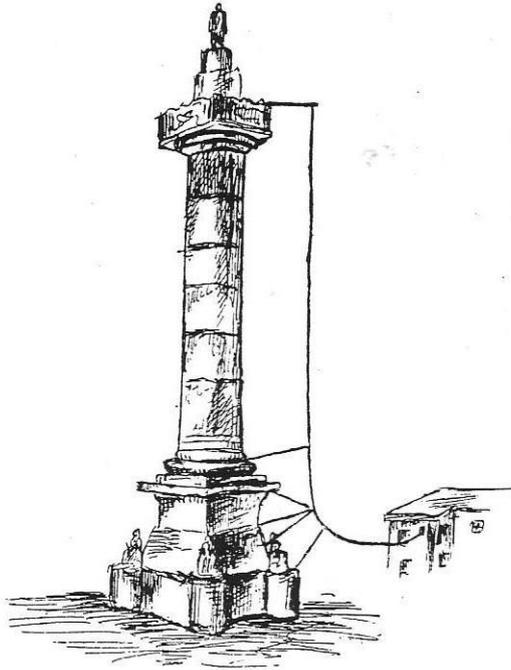


Fig. 5. Bruxelles. Colonne du Congrès avec l'antenne.



Fig. 6. Anvers. Tour de Notre-Dame avec l'antenne.

a mis à notre disposition pour la réalisation de ces essais, est de 41 kilomètres à vol d'oiseau. En joignant ces deux localités par une ligne droite, on rencontre (fig. 7) plusieurs faubourgs et villes et des reliefs de terrain d'une hauteur maximum de 69 mètres au-dessus du niveau de la mer.

La base de la colonne du Congrès est à 48 mètres au-dessus du niveau de la mer et son sommet, où se termine l'antenne, à 94 mètres au-dessus du niveau de la mer.

L'antenne de Bruxelles descendait jusqu'à 2 mètres du sol et de là allait aux appareils installés dans

une maison des environs. La prise de terre était constituée par la canalisation du gaz.

L'antenne à Bruxelles et à Anvers consistait, pour une longueur de

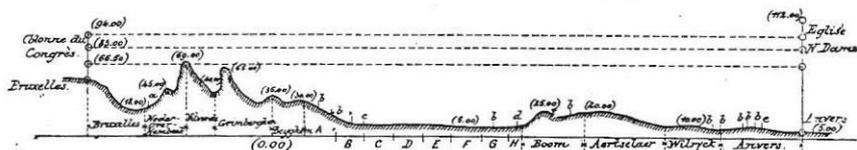


Fig. 7. Coupe de terrain entre Bruxelles, colonne du Congrès, et Anvers, Tour de Notre-Dame.

A = Commune de Humbek.	G = Commune de Willebroek.
B = " " Nieuwenroode.	a = Château royal de Laeken.
C = " " Capelle-au-Bois.	b = Bois.
D = " " Hombek.	c = Canal.
E = " " Heffen.	d = Le Rupel.
F = " " Blaesveld.	e = Enceinte.

10 mètres, en un cylindre de 50 fils parallèles, le diamètre du cylindre étant de 50 centimètres. Cette espèce de nasse était disposée dans

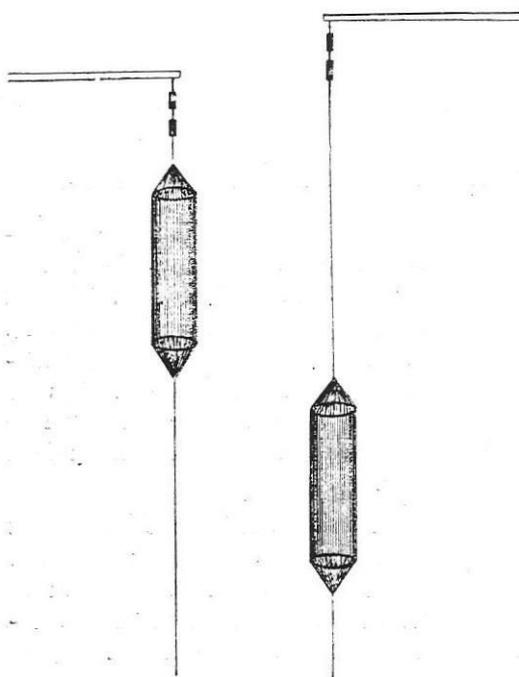


Fig. 8.

et étaient soutenus par des haubans fixés à la quatrième galerie.

chaque station de façon que, dans la partie correspondante de l'autre, il y avait un simple câble (fig. 8).

Nous avons rencontré quelques difficultés dans l'installation du poste d'Anvers à cause de la forme plus ou moins pyramidale de la tour de Notre-Dame.

L'antenne à Anvers était soutenue par une sorte de canne à pêche monstre, composée de deux séries de trois bambous consolidés ensemble par des anneaux en fer. Ces bambous étaient fixés à la troisième galerie de la tour

A l'extrémité des bambous pendaient 7 fils de  $9/10$  <sup>m</sup>/<sub>m</sub> de diamètre qui descendaient le plus verticalement possible jusqu'aux toits de l'église, c'est-à-dire à 40 mètres environ du sol (la troisième galerie est à 106 mètres au dessus du niveau de la place et à 112 mètres au dessus du niveau de la place). Ici, l'antenne fait un coude brusque et va aux appareils récepteurs situés dans une des maisons des environs. La prise de terre était constituée par un toron de 5 fils de  $11/10$  <sup>m</sup>/<sub>m</sub> relié à un réverbère à gaz de la place Verte.

La bobine d'induction, employée dans les transmetteurs des deux postes, pouvait donner 25 centimètres de longueur d'étincelles, maximum, mais dans les expériences actuelles, la distance entre les boules de l'oscillateur était de 1 centimètre. Le courant employé a été de 9 Amp., sous une tension de 16 volts. (On remarquera dans la suite que dans les expériences partielles, le courant était toujours moindre.)

Cinquante signaux ont été transmis dans les deux sens; deux

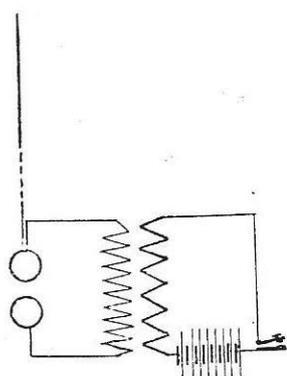


Fig. 9.

signaux ont été reçus à Bruxelles où il y avait un cohéreur extra-sensible de Blondel. Aucun signal n'a été reçu à Anvers. Les deux signaux, à Bruxelles, ont été reçus lorsque, à Anvers, vers la fin de la communication, nous avons transmis deux longues étincelles d'une durée de 30 secondes chaque, mais sans terre au transmetteur d'Anvers (fig. 9).

Comme à quelques mètres de la Colonne du Congrès passent des trams électriques de la rue Royale (traction à courant continu et à caniveau souterrain) des observations

ont été faites par le lieutenant Poncelet, pour voir si le cohéreur était impressionné, notamment au démarrage. Ces résultats ont été négatifs.

Nous n'avons pas voulu poursuivre ces expériences de communication directe entre Bruxelles et Anvers, ceci, n'étant pas notre but.

Il n'aurait sans doute pas été difficile d'établir une communication entre ces deux villes, d'autant plus que le terrain entre ces deux localités est beaucoup moins accidenté qu'entre Bruxelles et Malines. Nous ne cherchions pas à établir la communication entre Bruxelles et Anvers pas plus que nous ne désirions obtenir le porté maximum de nos appareils. Notre but exclusif était d'essayer à grande distance notre appareil répéteur avec lequel nous n'avions fait jusqu'ici que des essais de laboratoire. Une station intermédiaire a été alors installée à Malines, tour Saint-Rombaut. Toute une série d'expériences préliminaires ont

été faites entre cette ville, Bruxelles et Anvers. Ces trois villes sont situées de façon à constituer les trois sommets d'un triangle scalène. (fig. 10).

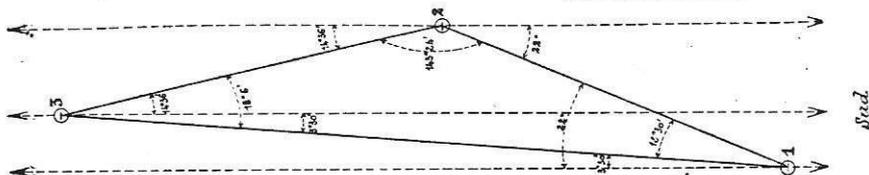


Fig. 10.

1. Bruxelles — 2. Malines. — 3. Anvers.

Bruxelles-Anvers, 41,190 kilomètres. Malines-Anvers, 21,920 kilomètres.  
Bruxelles-Malines, 21,440 id. Bruxelles-Anvers-Malines, 43,350 km.

Le 25 janvier nous avons établi la communication télégraphique

sans fil entre la colonne du Congrès à Bruxelles et la tour de la cathédrale Saint-Rombaut à Malines (fig. 11).

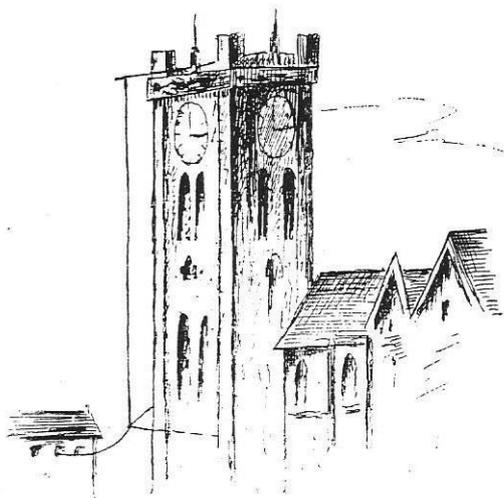


Fig. 11.

La base de la tour Saint-Rombaut est à 6 mètres au-dessus du niveau

de la distance entre ces deux monuments est de 24 kilomètres. En joignant par une ligne droite ces deux localités, les ondes électriques ont traversé plusieurs centres (fig. 12) tels que Schaerbeek, Haren, Vilvorde et Epeghem outre la partie nord de Bruxelles et la partie sud de Malines.

La base de la tour Saint-Rombaut est à 6 mètres au-dessus du niveau

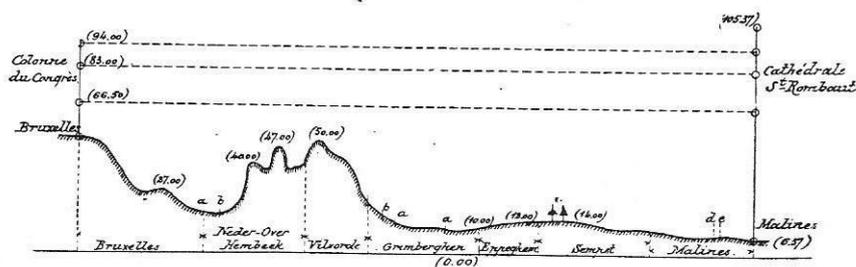


Fig. 12. Coupe du terrain entre Bruxelles, Colonne du Congrès et Malines, tour Saint-Rombaut.

- |                          |                |
|--------------------------|----------------|
| a = La Senne.            | d = Canal.     |
| b = Canal de Willebroek. | e = Boulevard. |
| c = Bois.                |                |

de la mer et son sommet à 105 mètres. L'antenne se termine à 94 mètres au-dessus du niveau de la mer.

La communication a été établie bien que la partie supérieure de l'antenne de Malines, s'étant détachée de son support à la suite d'un ouragan, s'était abaissée de plus de 15 mètres et s'était accrochée aux ornements de la tour en plusieurs endroits. La partie utile de l'antenne — la partie visible — était de 27<sup>m</sup>.50 de longueur.

L'antenne, soit dans le cas de la station de transmission à Bruxelles, soit dans le cas de la station de réception à Malines, consistait comme pour les expériences précédentes en un cylindre de cinquante fils parallèles, le diamètre du cylindre étant de 50 centimètres. Cette espèce de nasse était disposée dans chaque station de façon que, à la partie correspondante de l'autre, il y avait un simple câble. Ainsi, par exemple, à Bruxelles la nasse commence à 80 mètres, et à Malines à 70 mètres au-dessus du niveau de la mer.

La correspondance a été interrompue lorsque, à Malines, nous avons descendu l'antenne jusqu'à 69 mètres au-dessus du niveau de la mer, c'est-à-dire au niveau de nombreuses maisons de Bruxelles, aux environs de la Colonne du Congrès, la hauteur de ces maisons étant de 18 mètres.

Cela prouve, d'après nous, que l'antenne transmet des radiations dans des plans normaux à son axe; 2° que les obstacles tels que les maisons, s'ils sont nombreux, arrêtent complètement les radiations électriques.

La bobine employée était de 25 centimètres de longueur d'étincelles, maximum.

L'observation la plus intéressante faite au cours de ces expériences, c'est que le transmetteur et le récepteur à cohéreur, qui n'avaient rien de particulier, n'étaient en communication ni avec le sol (figure 13),

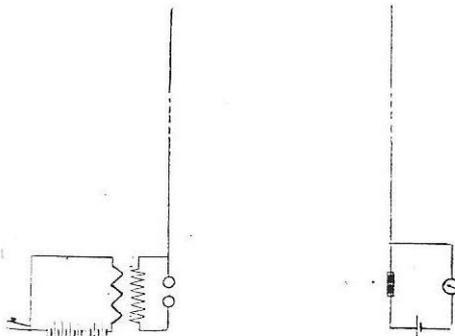


Fig. 13.

ni avec aucune capacité. L'une des boules de l'oscillateur d'une part et une des électrodes du cohéreur de l'autre, étaient reliées aux antennes, tandis que l'autre boule de l'oscillateur et l'autre électrode du cohéreur étaient entièrement libres.

Nous en avons conclu que les ondes électriques ne se propagent pas par le sol et qu'elles ne suivent pas la courbure de la terre.

En poursuivant ces expériences de télégraphie sans fil entre Bruxelles, Colonne du Congrès, et Malines, tour de la cathédrale Saint-Rombaut, nous avons fait les remarques ci-après :

Ayant remplacé à Malines le cylindre de 50 fils par un toron de 7 brins de 1 millimètre, la communication est devenue incertaine et on a dû augmenter le courant de 4 à 6 ampères (le courant employé dans les expériences avec le poste de Malines a toujours été moindre que celui employé dans l'essai direct) pour maintenir l'échange de signaux dans d'aussi bonnes conditions que dans les expériences précédentes.

Cela prouve que, pour l'antenne de réception, une grande surface réceptrice est très avantageuse.

Ayant remplacé la partie inférieure de l'antenne transmettrice de Bruxelles, constituée par un câble tressé de 7 brins, par 7 fils de sonnerie de 1 millimètre de diamètre, les signaux ont pu être reçus à Malines avec un courant de 5 ampères (sans le cylindre de 50 fils à Malines).

Nous trouvons l'explication de ce phénomène dans ce qui a déjà été signalé dès 1899, que les radiations électriques étaient perpendiculaires au fil à chaque point de sa surface. M. le professeur Tommasina, dans une note présentée dernièrement à l'Académie des Sciences à propos de la photographie des effluves, est venu à ces conclusions :

« L'antenne radiatrice fonctionne comme une capacité, et les molécules de sa surface transmettent l'une et l'autre les mouvements oscillatoires produits dans les décharges. Ces mouvements se propagent en même temps dans l'éther environnant suivant des lignes qui sont toujours normales au fil près de leur origine. »

Si une antenne est traversée par un courant variable, un faible courant à haute tension, c'est-à-dire avec un faible champ magnétique, ce qui est le cas dans la télégraphie sans fil actuelle, tout se passe comme si le courant se concentrait à la surface du conducteur.

A la limite, dans le cas d'ondulations à haute fréquence, la surface seulement du conducteur est intéressée (expériences de Bjerknæs).

Le rayon suivant lequel se propage l'onde électromagnétique (dans le cas de courant à faible intensité et à haute tension, le phénomène principal est celui électrique, le phénomène magnétique n'étant que secondaire), est perpendiculaire à la surface du fil, le seul du reste intéressé dans le phénomène.

A chaque point du rayon de propagation il existe une force électrique et une force magnétique.

La force électrique est perpendiculaire à ce rayon et parallèle à la direction du courant variable, c'est-à-dire du fil.

La force magnétique est perpendiculaire à la fois au rayon de propagation et à la force électrique, c'est-à-dire est l'intersection de deux plans dont l'un est normal et l'autre parallèle à la surface du fil.

Par conséquent, un fil cylindrique de 1 mètre de hauteur par exemple produit dans l'éther une perturbation dans un espace limité par les deux plans perpendiculaires aux extrémités du fil.

Si, en un point du rayon de propagation se trouve un élément superficiel de conducteur (antenne réceptrice), on obtient un effet maximum d'induction (électrique) dans cet élément, lorsqu'il est tangent au plan de la force électrique et de la force magnétique.

Il est visible de cela qu'on emploiera avantageusement un fil ou des fils cylindriques pour l'antenne transmettrice, au lieu d'un toron ou d'un câble, comme on l'a presque toujours employé jusqu'à ce jour dans les expériences de télégraphie sans fil.

Dans le cas de câble ou toron, au lieu de cylindre, l'antenne est à surface hélicoïdale au lieu d'être cylindrique. Il n'y a que ce qu'on appelle surface enveloppe de l'hélice qui est cylindrique, mais cette surface n'est que fictive.

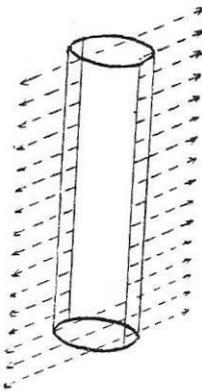


Fig. 14.

Or, les plans normaux à la surface de l'hélice ne

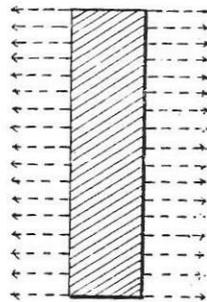


Fig. 15.

sont pas parallèles l'un à l'autre comme les plans normaux à la surface d'un cylindre

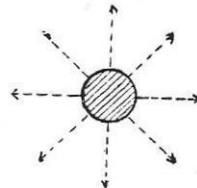


Fig. 16.

droit (fig. 14, 15 et 16). Tous se recoupent entre-eux. On voit alors les effets désastreux : interférence d'une part et diffusion dans des plans obliques de l'autre (fig. 17). C'est cette diffusion dans des plans obliques qui a permis la communication entre deux antennes se trouvant à une différence de niveaux. C'est encore cette diffusion dans des plans obliques qui a permis la communication entre deux antennes se trouvant sur deux navires en mouvement, ou entre un navire en mouvement et la côte. La diffusion dans des plans obliques est donc désavantageuse pour les stations fixes sur terre ferme et avantageuse pour les stations mobiles.

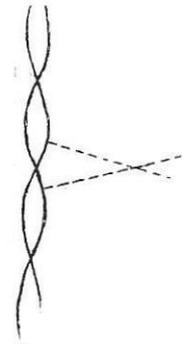


Fig. 17.

Il résulte de l'ensemble de ces expériences et considérations, que l'effet maximum entre une antenne transmettrice et réceptrice est obtenu

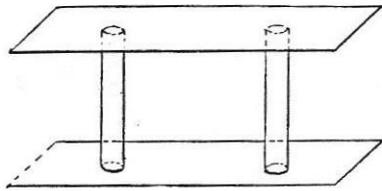


Fig. 18.

en faisant usage comme antennes, de deux cylindres droits métalliques d'une certaine hauteur (longueur) et d'un certain diamètre disposés parallèlement l'un à l'autre dans les deux stations et à une hauteur telle, qu'ils soient en vue l'un de l'autre. En supposant les

deux cylindres d'égale longueur, chacun doit être entièrement compris entre les deux plans passant par les bases de l'autre (fig. 18).

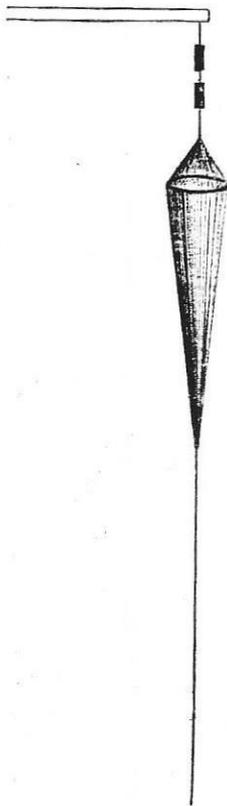
Nous avons réalisé ensuite l'expérience en sens inverse, Malines étant cette fois la station transmettrice et Bruxelles la station de réception.

Nous avons employé les mêmes appareils que précédemment, mais les antennes étaient différentes. Depuis les dernières expériences, des ouragans les ont cassées et nous avons profité de cette circonstance pour faire des expériences avec un type d'antenne différent.

A la station transmettrice (Malines), nous avons employé l'antenne ordinaire avec simple câble, mais au poste récepteur (Bruxelles) le cylindre de cinquante fils métalliques de quatre-dixième de millimètre de diamètre qui formait auparavant la partie supérieure de l'antenne était remplacé par un cône dont le sommet était tourné vers le sol et connecté aux appareils par un fil unique. Le cône était formé de cinquante fils de quatre-dixième de millimètre. Le câble simple allant au sommet de l'antenne en traversait le cône suivant l'axe de celui-ci (fig. 19.)

D'abord la communication fut mauvaise, car nous ne recevions à Bruxelles qu'une petite partie des signaux transmis de Malines, tandis que dans la communication en sens inverse nous recevions à Malines tous les signaux transmis de Bruxelles. Un effet analogue a déjà été observé à Paris, où dans les communications télégraphiques sans fil entre la Tour Eiffel et le Panthéon, on remarqua

que la tour servait très bien comme transmetteur, mais ne donnait aucun



(Fig. 19.)

résultat comme récepteur. Il faut attribuer cela à la présence des masses métalliques sur le monument, la statue de bronze de Léopold I<sup>er</sup> au sommet, la balustrade en métal autour de la plate-forme, la rampe de l'escalier à l'intérieur de la colonne, les statues d'en bas, etc. Ce n'est qu'en doublant l'énergie électrique à Malines et en employant un cohéreur extrasensible de Blondel à Bruxelles que l'on a pu obtenir une bonne



Fig. 20.

transmission. Nous avons trouvé aussi que l'effet maximum s'obtenait lorsque les antennes étaient placées

de façon que le plan vertical passant par les antennes ne rencontrait pas les supports auxquels elles étaient suspendues (fig. 20.)

D'autres expériences ont montré que la sensibilité du cohéreur pour une onde déterminée accroissait en diminuant le courant local dans son circuit, en employant des résistances appropriées.

Finalement, nous avons fait des expériences pour déterminer l'importance de la connexion de la terre. Comme il est à penser, si aucune des stations n'était reliée à la terre, de bons signaux ne pouvaient être transmis; mais avec la connexion ordinaire de la terre à la station de transmission nous avons trouvé que les résultats étaient meilleurs lorsque le récepteur n'était pas relié à la terre que lorsqu'il l'était.

Nous croyons que le potentiel de la boule reliée à l'antenne augmente par la connexion terrestre et détermine la position d'un point de vibrations maximum au sommet du fil transmetteur, par exemple la partie la plus en vue de l'antenne réceptrice, et que d'autre part en isolant le cohéreur, on forme une vibration maximum au point de l'antenne réceptrice où le cohéreur est inséré. Il faut conclure que la terre fonctionne comme une grande capacité et non comme conducteur, cette capacité étant avantageuse au transmetteur, mais nuisible dans le cas de réception.

Le 12 février, de nouvelles expériences ont été faites entre Malines et Anvers.

La station transmettrice était Malines, à la cathédrale Saint-Rombaut; celle réceptrice Anvers, tour de la cathédrale Notre-Dame. Les appareils employés étaient les mêmes que ceux des expériences précédentes. L'antenne simple a été adoptée sans capacité à l'extrémité supérieure.

Entre les antennes en ligne droite, on rencontrait outre de nombreuses maisons de Malines et d'Anvers, plusieurs villages et châteaux

et des ondulations de terrain de 5 à 30 mètres de hauteur (fig. 21). La

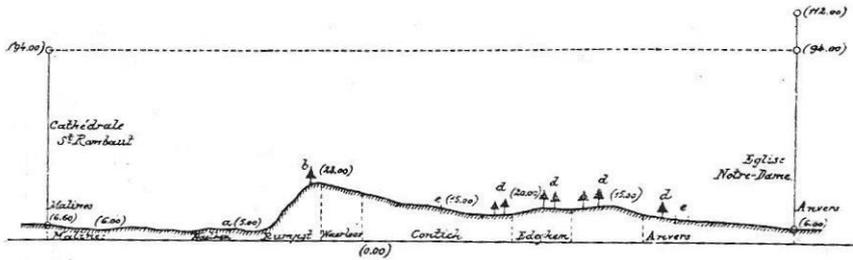


Fig. 21. Coupe du terrain entre Malines, tour Saint-Rombaut et Anvers, tour de Notre-Dame.

- |                         |               |
|-------------------------|---------------|
| a = La Nèthe.           | d = Bois.     |
| b = Route de Bruxelles. | e = Enceinte. |
| c = Chemin de fer.      |               |

distance entre les deux antennes était de 22 kilomètres.

De bons résultats ont été obtenus en employant au transmetteur un courant de 2 à 2 1/2 ampères. En supprimant la prise de terre au récepteur d'Anvers, les résultats n'ont pas été aussi bons que dans les expériences Bruxelles-Malines.

Cela s'explique aisément par l'absence de toute capacité à l'extrémité supérieure de l'antenne réceptrice dans le cas présent.

Une autre observation intéressante est à signaler. Ayant supprimé

l'oscillateur au poste de Malines et ayant mis le secondaire de la bobine en communication d'une part avec la terre et de l'autre avec l'antenne, douze signaux ont été transmis de Malines et trois sont arrivés à Anvers.

On a ainsi (fig. 22) réalisé la télégraphie sans fil en conformité du brevet américain d'Edison n° 465971 de 1891 avec la différence que le récepteur comprend un cohéreur au lieu d'un téléphone. Un signal a même été reçu en n'employant pas de prise de terre au récepteur d'Anvers (fig. 23).

La communication Anvers-Malines a été en général moins bonne que celle en sens inverse,

ce qu'il faut attribuer à deux causes :

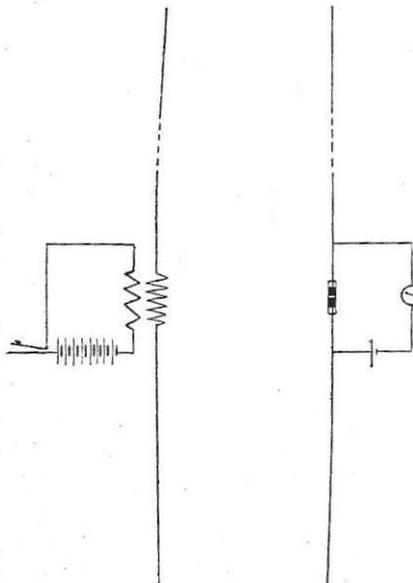


Fig. 22.

1° Un vent très fort qui, pliant l'antenne d'Anvers, détruisait tout parallélisme entre les deux antennes ;

2° Les énormes masses métalliques se trouvant à la cathédrale d'Anvers.

Pour ce qui concerne la première cause dans les expériences Malines-Anvers, la position relative des antennes était telle que l'antenne réceptrice d'Anvers est comprise toute entière entre les deux plans perpendiculaires à l'antenne de Malines et passant par ses extrémités (fig. 24), tandis que dans les expériences Anvers-Malines, les deux

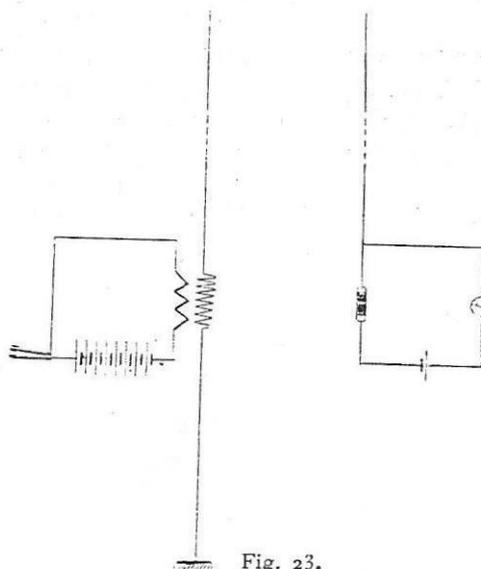


Fig. 23.

plans passant par les extrémités de l'antenne d'Anvers n'atteignaient qu'une partie de l'antenne de Malines (fig. 25).

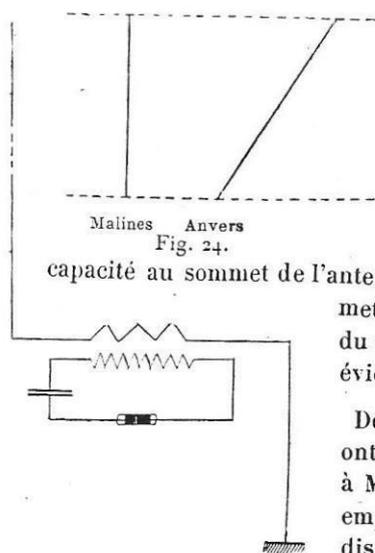


Fig. 24.

Des signaux ont pu être échangés en employant au transmetteur de simples courants alternatifs (fig. 22).

Dans ce cas, il a été avantageux d'ajouter une capacité au sommet de l'antenne transmettrice, cela du reste était évident.

Des signaux ont été reçus à Malines en employant le dispositif de syntonisation

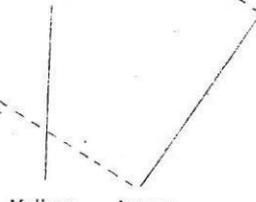


Fig. 25.

(bobine, condensateur) et bien que le transmetteur et le récepteur fussent en désaccord complet (fig. 26).

Cela prouve que pour réaliser le secret des dépêches, il ne suffit pas d'accorder un récepteur avec l'onde principale :

$$T = 2\pi \sqrt{CL}$$

d'un transmetteur déterminé placé à la limite de la distance de transmission. Mais, pour que la solution soit complète, il faut faire une espèce de sélection au transmetteur de façon à ce qu'il n'émette pas d'ondes secondaires, mais des ondes d'une seule longueur et avec lesquelles sera accordé le récepteur.

Ensuite l'expérience Bruxelles-Anvers a de nouveau été tentée, mais avec le répétiteur à Malines. De nombreux signaux ont été échangés.

entre Bruxelles et Anvers et vice-versa, grâce au répétiteur de Malines.

La transmission aux stations extrêmes a eu lieu avec des courants hertziens et des courants alternatifs. Ceux-ci ont donné les meilleurs résultats. Cela s'explique aisément en considérant que les 50 p. c. de l'énergie mise en jeu se dissipent sous forme de lumière et chaleur dans l'étincelle électrique.

En somme, nous n'avons fait là qu'une vérification des phénomènes qui ont passé presque inaperçus.

En 1885 notre compatriote Calzecchi-Onesti a découvert l'influence des courants alternatifs sur les limailles métalliques. En 1891 Edison a pris brevet pour un système de transmission de l'énergie électrique



Fig. 27. Transmetteur à courants alternatifs.

sans fil, dans lequel le transmetteur produit uniquement des courants alternatifs. Dans nos expériences, nous avons donc appliqué, au récepteur, la découverte de Calzecchi-Onesti et au transmetteur l'idée d'Edison (fig. 27).

Les appareils récepteur (fig. 28) et transmetteur employés aux stations extrêmes sont les mêmes que ceux employés dans les expériences partielles. Les essais ont été faits avec la collaboration du lieutenant Poncelet.

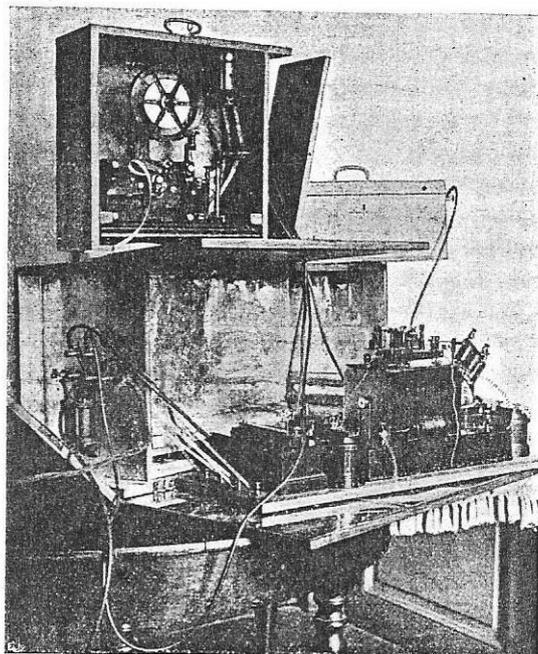


Fig. 28 Récepteur .

Dans toutes les expériences de la-

laboratoire, notre répéteur avait toujours bien fonctionné, même lorsque l'antenne était relié au cohéreur par l'intermédiaire de l'armature d'un électro-aimant interrupteur (fig. 29) lequel a pour objet, comme on sait, de couper automatiquement la communication de l'antenne avec le cohéreur, lorsque le transmetteur fonctionne.

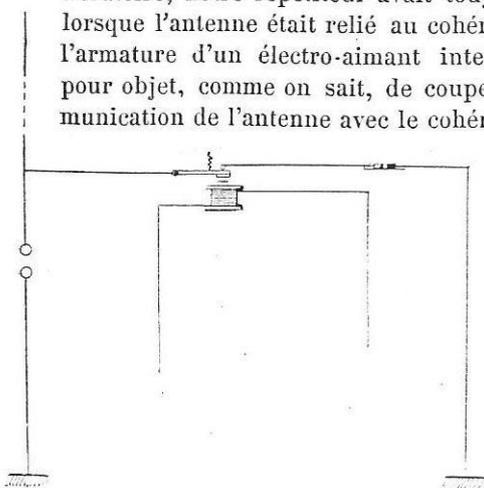


Fig. 29.

Mais lorsque dans les expériences à grande distance Bruxelles-Malines-Anvers nous avons essayé ce modèle de répéteur au poste de Malines, il arrivait chaque fois ce fait singulier que le répéteur une fois déclenché ne s'arrêtait plus.

Rapprochant ce fait des constatations analogues faites aux récepteurs des stations extrêmes de

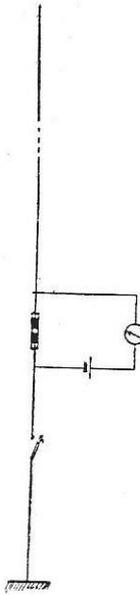


Fig. 30.

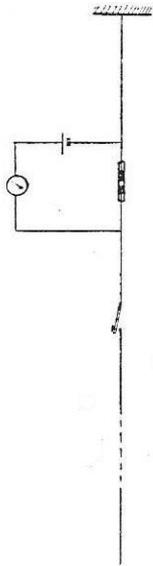


Fig. 31.

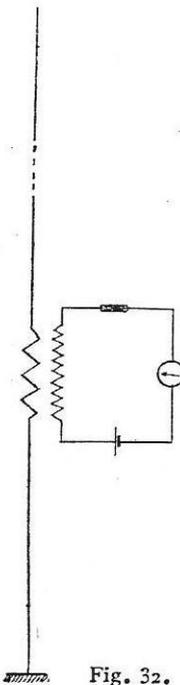


Fig. 32.

l'autre borne était mise à la terre, dans le secondaire étaient intercalés un cohéreur Blondel très sensible, un élément de pile et un galvanomètre (fig. 32). L'aiguille de celui-ci marquait une déviation constante.

Enfin, nous avons mis un condensateur en dérivation sur le cohéreur (fig. 33) et nous n'avons plus constaté la moindre déviation de l'aiguille du galvanomètre, même en enlevant ou en mettant la connexion de l'antenne ou de la terre. C'est ce dispositif que nous avons adopté au répé- titeur, en même temps qu'un condensateur en dérivation sur l'os- cillateur, pour diminuer la lon- gueur d'étincelles et, par consé- quent, la course de l'armature

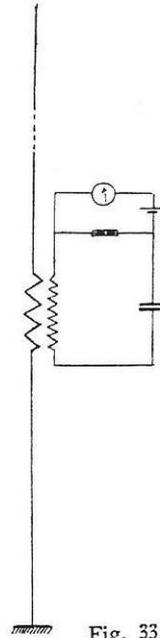


Fig. 33.

Bruxelles et Anvers, nous avons supposé que la cause pouvait en être attribuée à l'électricité atmosphérique.

Cette opinion a été vérifiée par les expériences suivantes. Nous avons relié directement l'antenne de Malines, qui a 70 mètres environ de hauteur, à une électrode d'un cohéreur, l'autre électrode étant mise à la terre. Chaque fois que nous enlevions ou que nous rétablissons la connexion, soit entre l'antenne et le cohéreur (fig. 30), soit entre ce dernier et la terre (fig. 31), nous obtenions une déviation au galvanomètre. Nous attribuons ce fait à l'électricité atmosphérique qui parcourt l'antenne; en enlevant ou en mettant la connexion, on produisait des extra-courants qui sensibilisaient le cohéreur. Nous avons alors relié l'antenne à une borne du primaire d'une bobine d'induction dont

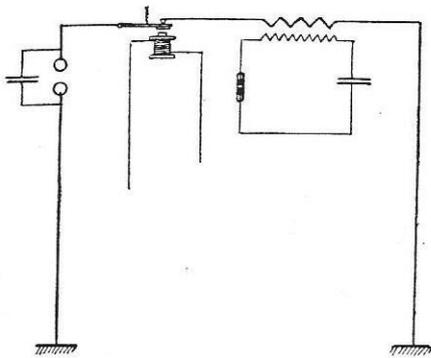


Fig. 34.

de l'électro-aimant interrupteur (fig. 34).

L'appareil répéteur employé à Malines (fig. 35 et 36) est donc celui à antenne unique reliée au récepteur en même temps qu'au transmetteur avec dispositif pour interrompre la communication de l'antenne au récepteur, lorsque celui-ci fonctionne comme antenne transmettrice.

Nous avons alors introduit un deuxième relais. Le relais mis en circuit avec le cohéreur est en effet extrêmement sensible. Or, dans

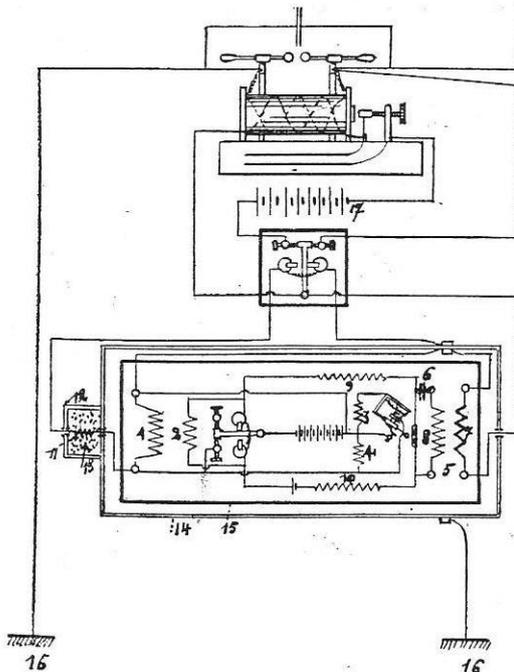


Fig. 35.

un tel relais, la distance de contact n'est qu'une fraction de millimètre. Il ne peut fermer qu'un courant maximum de quatre-dixième d'ampères sous une tension de 50 volts, tandis que pour actionner une bobine de 25 centimètres d'étincelles il a fallu employer trois ampères.

- 1, 2, 3, 4. Shunts.
5. Transformateur.
6. Condensateur.
7. 0,25 ohms.
8. 11,000 ohms.
- 9, 10, 11. Bobines self induction; 40 ohms et 35 heures.
12. Boîte en fer.
13. Étain froissé relié à la boîte et à la terre.
14. Boîte en fer.
15. Plaque sur laquelle sont montés les appareils.
16. Prise de terre.
17. Accumulateurs.

Nous avons confié l'interruption entre l'antenne qui impressionne le cohéreur, et l'oscillateur au même relais, qui ferme le fort courant actionnant la bobine.

Au lieu d'être reliée directement au cohéreur, elle aboutit à la terre en traversant le primaire d'un petit transformateur à noyau de verre et cela dans le but d'élever la tension dans le circuit du cohéreur.

Le condensateur intercalé dans le circuit : secondaire, bobine de self induction, pile, relais, a un double rôle : interrompre la continuité du circuit et en modifier la capacité. Il a fallu, prendre de bien grandes précautions et employer des moyens protecteurs de toute sorte pour assurer le bon fonctionnement de l'appareil. Ainsi, une boîte métallique renferme le cohéreur ; une bobine de self induction, renfermée à son tour dans une autre petite boîte en fer, fixée à la première et noyée dans de l'étain froissé mis à la terre, protège un des fils de connexion de la bobine du deuxième relais, tandis que l'autre est relié à la boîte et à la terre. Le deuxième relais lui-même est placé hors de la boîte métallique, l'étincelle de rupture du circuit de la bobine, outre la partie de l'antenne reliée à l'oscillateur suffit dans le

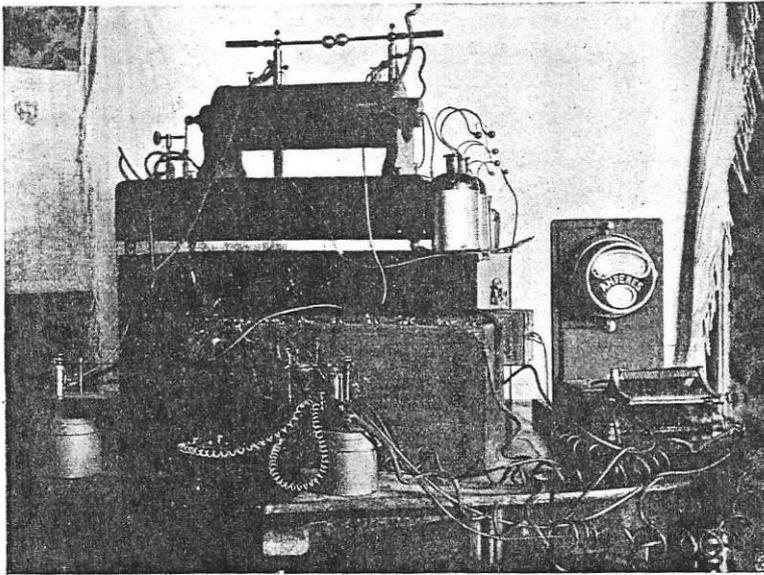


Fig. 36. Répétiteur.

cas contraire, non seulement à impressionner un cohéreur, sensible, mais aussi à le mettre hors d'usage.

Le deuxième relais et la partie de l'antenne reliée au primaire du transformateur ont été l'objet de moyen de protection et de précautions de toutes sortes (fig. 37).

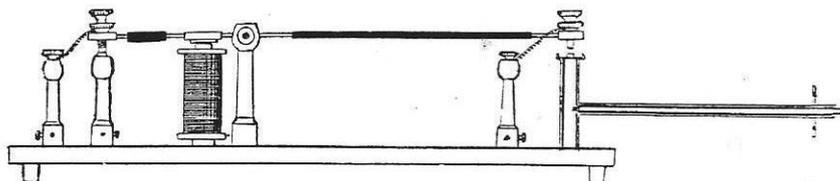


Fig. 37.

Ainsi, l'armature de ce relais a été divisée en trois parties absolument distinctes, séparées entre elles par des plaques en ébonite : une partie pour le fort courant de la bobine, une partie constituant l'armature du noyau et une troisième partie pour l'interruption de l'antenne.

La partie de l'antenne, reliée au cohéreur par le transformateur, est isolée d'abord, puis renfermée dans un tuyau en fer mis à la terre. Il a été remarqué qu'un tuyau en plomb, même sous l'épaisseur de deux millimètres, était perméable aux radiations électriques, et le cohéreur était impressionné. Pour l'interruption, au lieu d'un contact unique, nous avons employé aussi trois contacts (fig. 38) disposés de façon

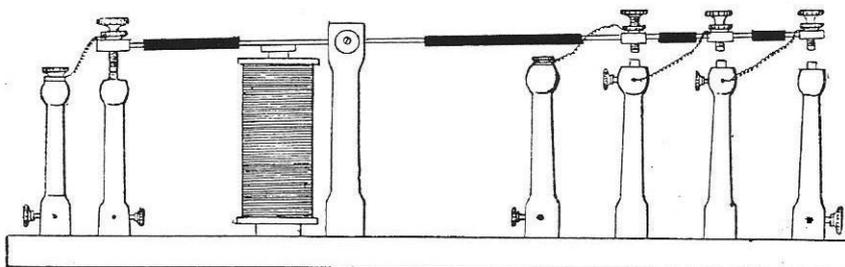


Fig. 38.

que l'interruption totale soit égale à la somme des interruptions partielles.

Le relais employé est du modèle Siemens. Il n'en diffère (fig. 39) que par une particularité : le pôle nord est relié aux noyaux, tandis que le pôle sud est isolé de l'armature. La sensibilité de ce relais est de  $1/20000^e$  ampères.

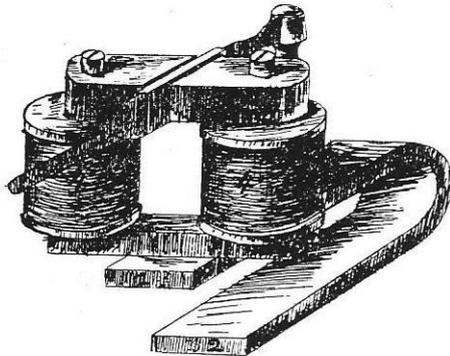


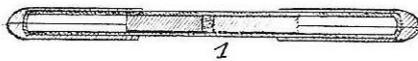
Fig. 39.

- 1. Pôle Nord.      3. Armature.
- 2. Pôle Sud.      4. Bobines.
- 5. Noyaux.

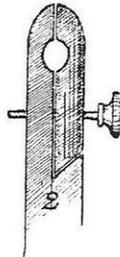
Le cohéreur a aussi une caractéristique. On croit que ces organes, un peu délicats, il est vrai, quand on n'a pas avec eux une grande familiarité, sont capricieux. Celui dont nous avons fait usage à Malines est extrêmement sensible et d'un fonctionnement sûr.

On sait que la sensibilité d'un cohéreur augmente avec la pression et la quantité de limaille et diminue avec la grosseur de celle-ci et le degré d'oxydabilité du métal employé. On a réalisé alors le cohéreur avec de la limaille plutôt fine et se trouvant dans un espace d'un demi-millimètre environ en quantité minime.

Le cohéreur dont nous nous sommes servi, avec pleine satisfaction, et qui remplit d'après nous le mieux les exigences de la pratique ne diffère des précédents qu'en ce que l'espace entre les électrodes



métalliques — 1 millimètre — est rempli de très grosse limaille de nickel avec des traces d'argent, le vide étant fait dans le tube. Nous avons remplacé les fils facilement cassables par des calottes en cuivre qui peuvent glisser à volonté dans des manchons spéciaux (fig. 40).



En outre, il est un fait bien connu des télégraphistes sans fil, c'est que la décohesion est plus facile et plus sûre lors que le courant traversant le cohéreur, est excessivement faible.

Fig. 40. 1. Cohéreur à calottes métalliques.  
2. Manchon pour le cohéreur.

Au lieu de produire l'interruption nous avons fait un arrangement

spécial de façon que le relais démarre avec le courant traversant une résistance totale de 1,400 w., mais, lorsque le frappeur donne le choc qui décohere le cohéreur, une résistance supplémentaire de 2.000 w. entre dans le circuit du cohéreur (fig. 41). De très légers coups suffisent ainsi pour la décohesion.

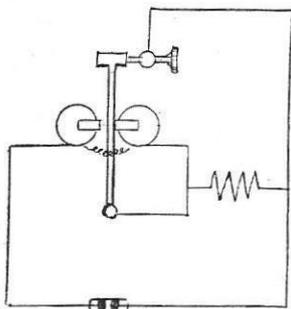


Fig. 41

Le frappeur (fig. 42) est à signaler par la simplicité et pour la facilité de son réglage. Notre appareil répéteur fonctionne par points et la barre est donnée par une succession de points qui à la station de réception sont enregistrés par une barre, grâce à des artifices de construction, déjà suffisamment connus.

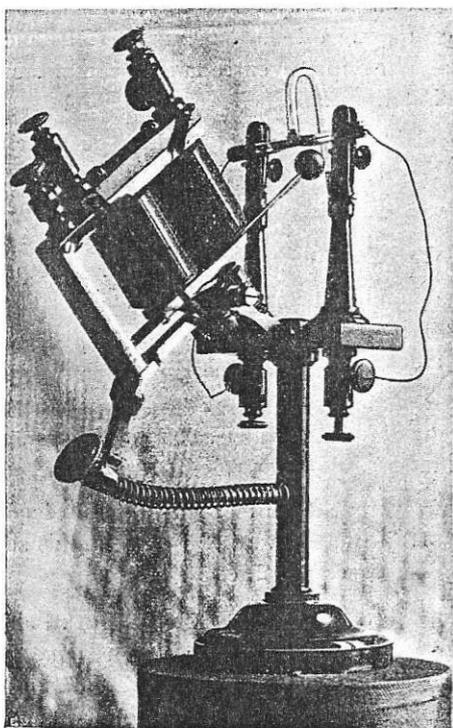


Fig. 42. Frappeur.

Le répéteur a fonctionné d'une façon absolument irréprochable et automatique.

Le jour qu'en télégraphie avec fil, on a expérimenté le répéteur, le problème de la télégraphie électrique à toutes les distances était résolu. Il en sera de même dans la télégraphie sans fil. Il ne s'agira que de disposer un nombre convenable de répéteurs pour communiquer à toutes les distances.

Il est à espérer que de nouveaux horizons s'ouvrent à la télégraphie sans fil terrestre, notamment dans les applications coloniales et militaires.