



Télégraphie sans fil

EXPÉRIENCES FAITES AU CONGO FRANÇAIS

INSTALLATION DE POSTES AUX ANTILLES

Extrait de la **Revue Coloniale**
PUBLICATION DU MINISTÈRE DES COLONIES

Télégraphie sans fil

EXPÉRIENCES FAITES AU CONGO FRANÇAIS
ET INSTALLATION DE POSTES AUX ANTILLES

PAR

M. MAGNE

INSPECTEUR DES POSTES ET DES TÉLÉGRAPHES

PARIS

AUGUSTIN CHALLAMEL, ÉDITEUR

17, RUE JACOB, 17

Librairie Maritime et Coloniale

1903

Télégraphie sans fil

EXPÉRIENCES FAITES AU CONGO FRANÇAIS

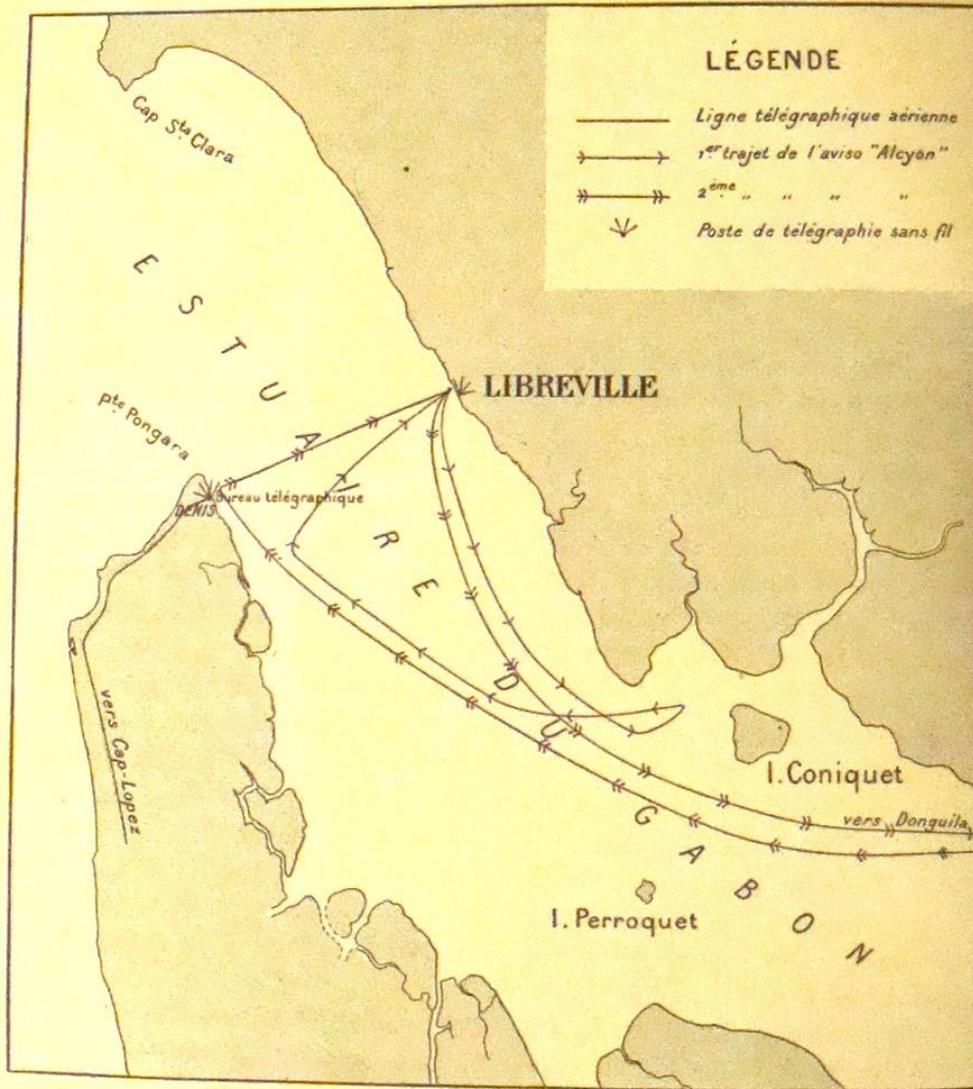
Dans les comptes rendus remis au fur et à mesure de la marche de nos opérations, nous avons à peine effleuré la partie technique. Nous la réservions pour un rapport d'ensemble où, à côté de la description des appareils, on aurait trouvé des renseignements complets sur la série de nos expériences. Comme celles-ci doivent se poursuivre bientôt au Sénégal, l'ouvrage de longue haleine ainsi envisagé ne semblerait pas venir au moment opportun. Nous nous bornerons à signaler ici les expériences faites au Congo français et montrer les résultats obtenus.

Il est bon de rappeler au début de cet exposé, que la mission de télégraphie sans fil avait pour but de s'assurer du parti à tirer du système nouveau sous les latitudes équatoriales, dans les contrées à climat chaud et humide d'une part, chaud et sec de l'autre. Le Congo et le Sénégal convenaient donc. Au moment du départ de France de la mission, en octobre 1901, la saison pluvieuse ayant commencé à Libreville, il importait de se rendre tout d'abord en ce dernier lieu qui réunissait, on le prévoyait et on ne se trompait pas, les obstacles les plus sérieux.

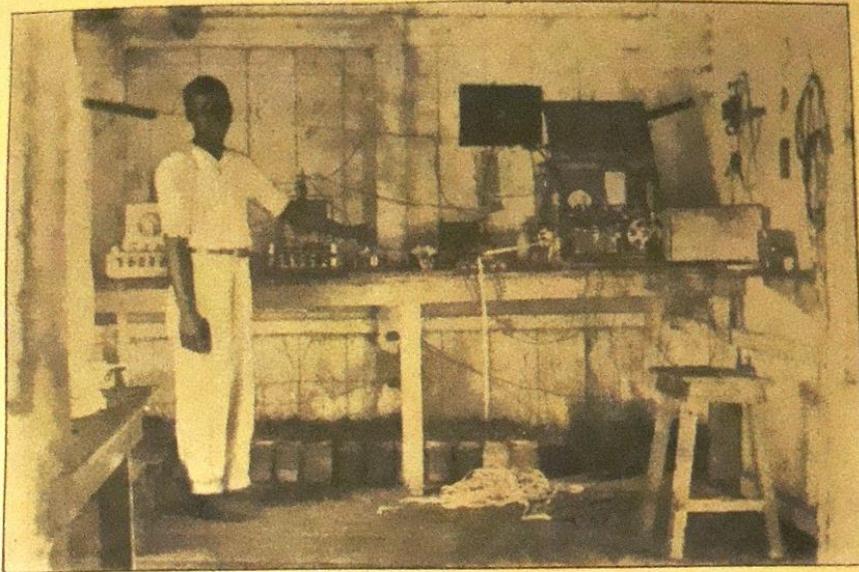
Libreville et Denis, points choisis pour l'installation des postes d'étude, sont situés de chaque côté de l'estuaire gabonais, dans une direction est-est-sud, à 12 kilomètres environ l'un de l'autre, par $0^{\circ} 22' - 23'$ de latitude nord et $77^{\circ} 1' - 7'$ de longitude est de

— 6 —

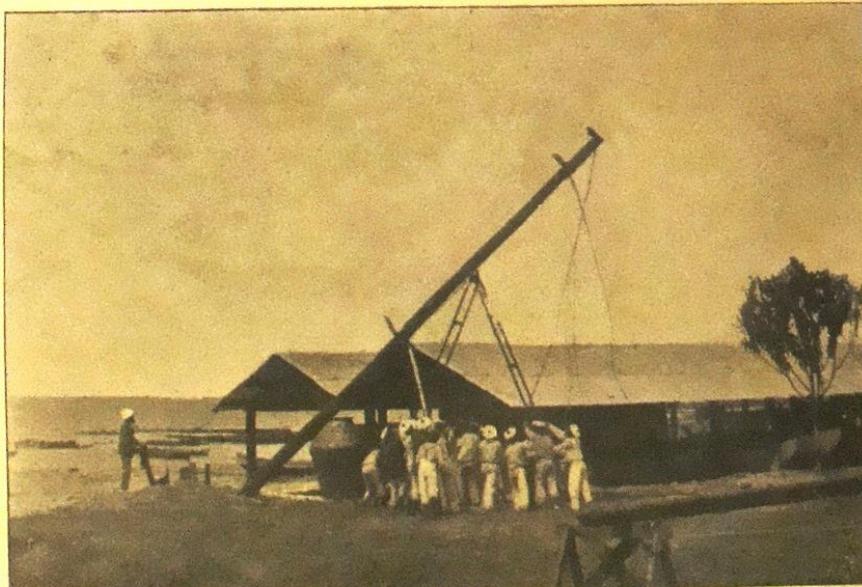
Paris. Placée presque sous l'équateur, cette vaste embouchure ferme, au sud, le golfe de Guinée, le « pot au noir » comme l'appellent les navigateurs. Pareille désignation rend bien ce que l'on y voit : pendant la saison des pluies qui dure au Gabon de septembre à juin, le ciel est presque constamment couvert de gros cumulus qui évoluent sans cesse d'un point de l'horizon à l'autre ; ils cèdent



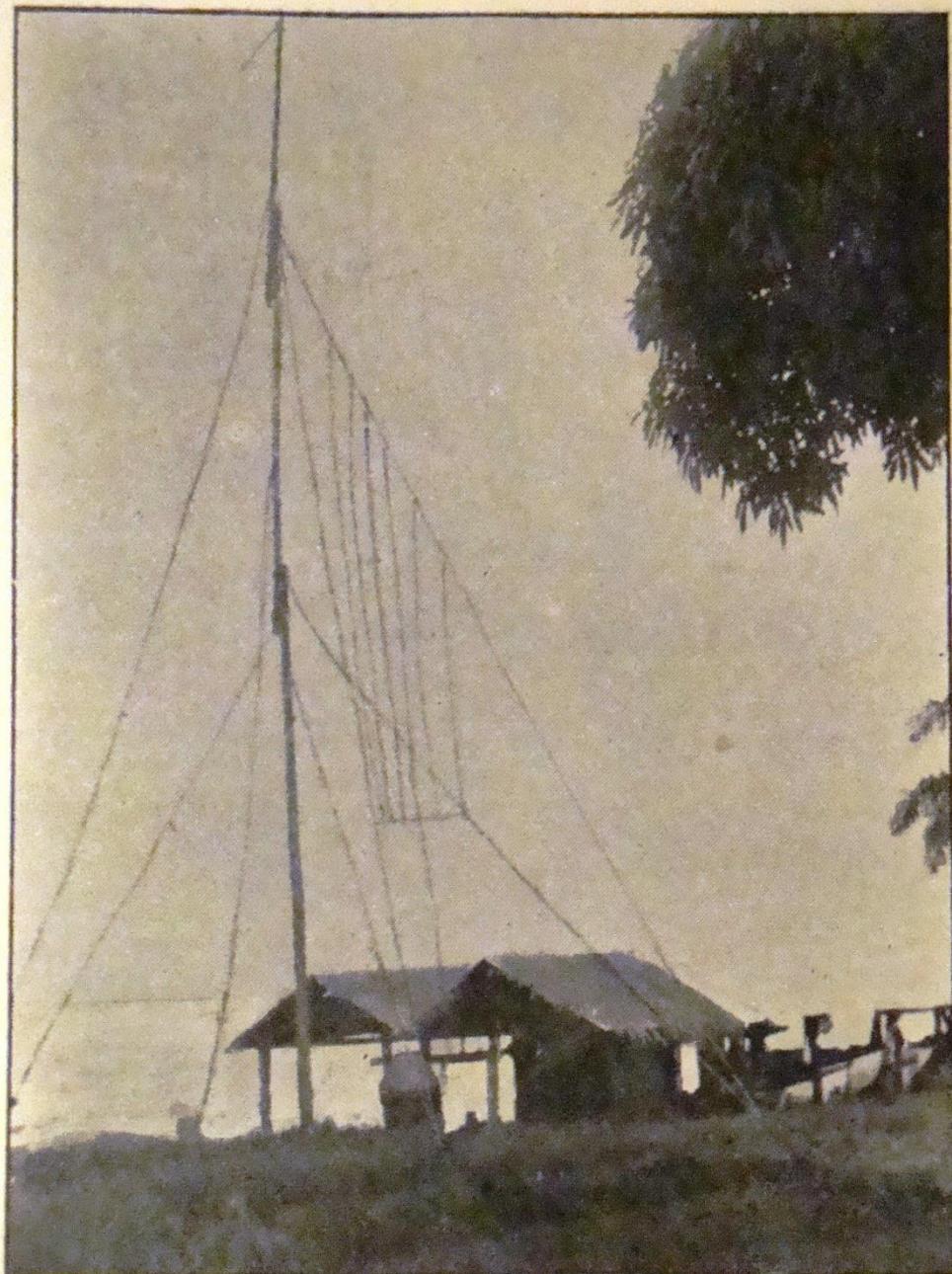
ESTUAIRE DU GABON



N° 1. — Intérieur du poste de télégraphie sans fil de Libreville.



N° 2. — Dressage du mât d'antenne. — Libreville.



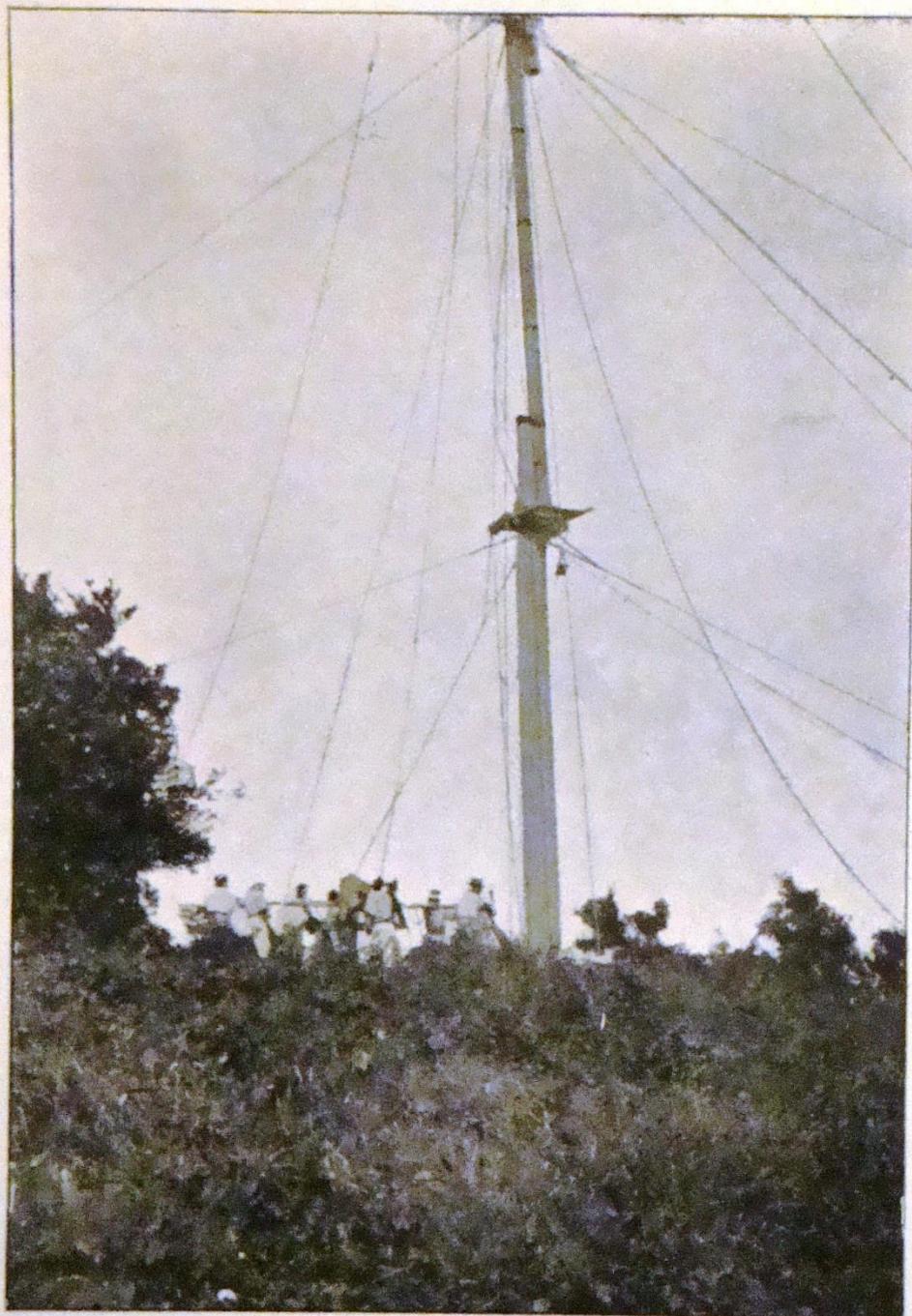
N° 3. — Vue extérieure du poste de Libreville.



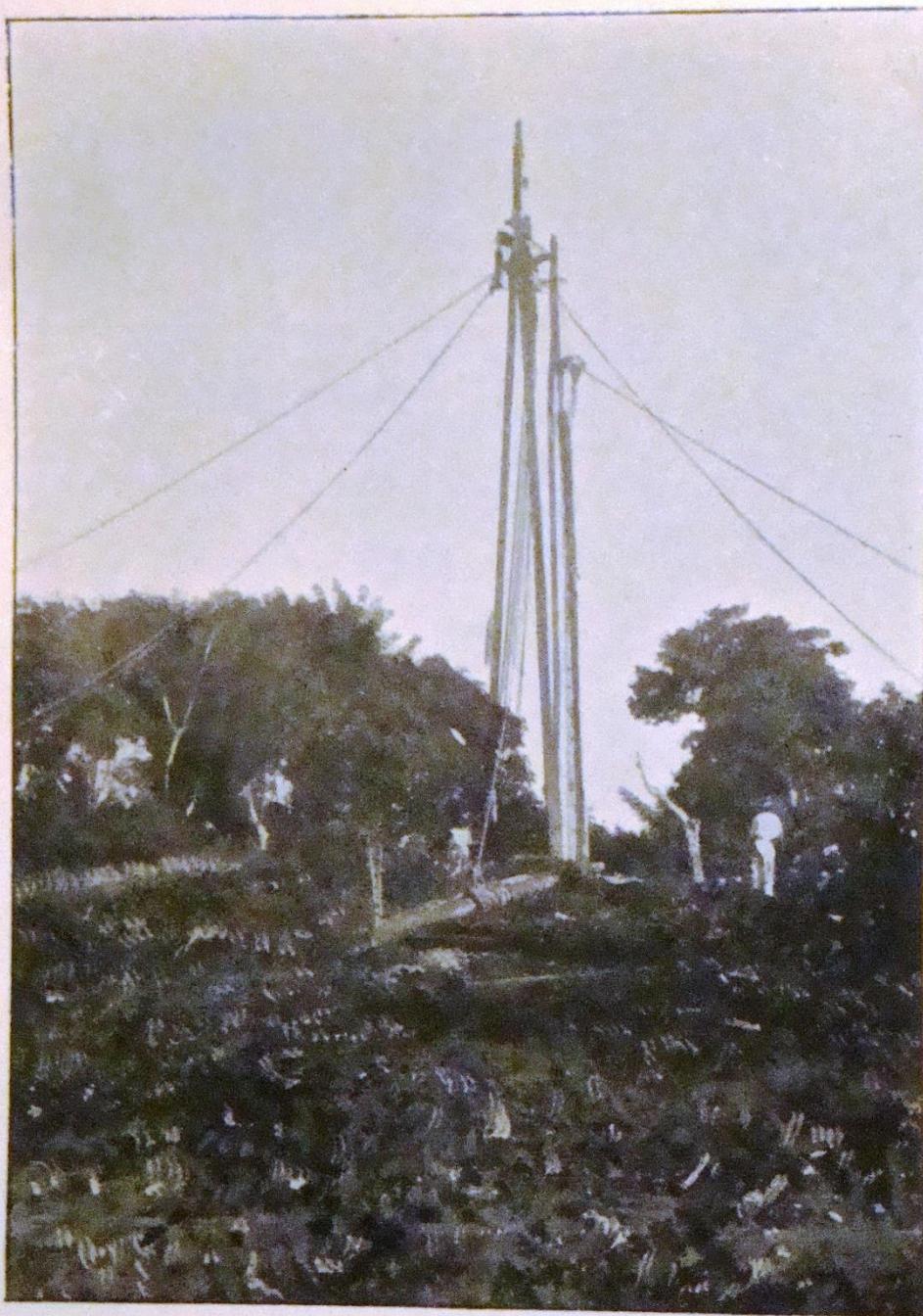
N° 7. — Transport d'une partie du mât d'antenne
destiné au poste du Gosier. — *Guadeloupe.*



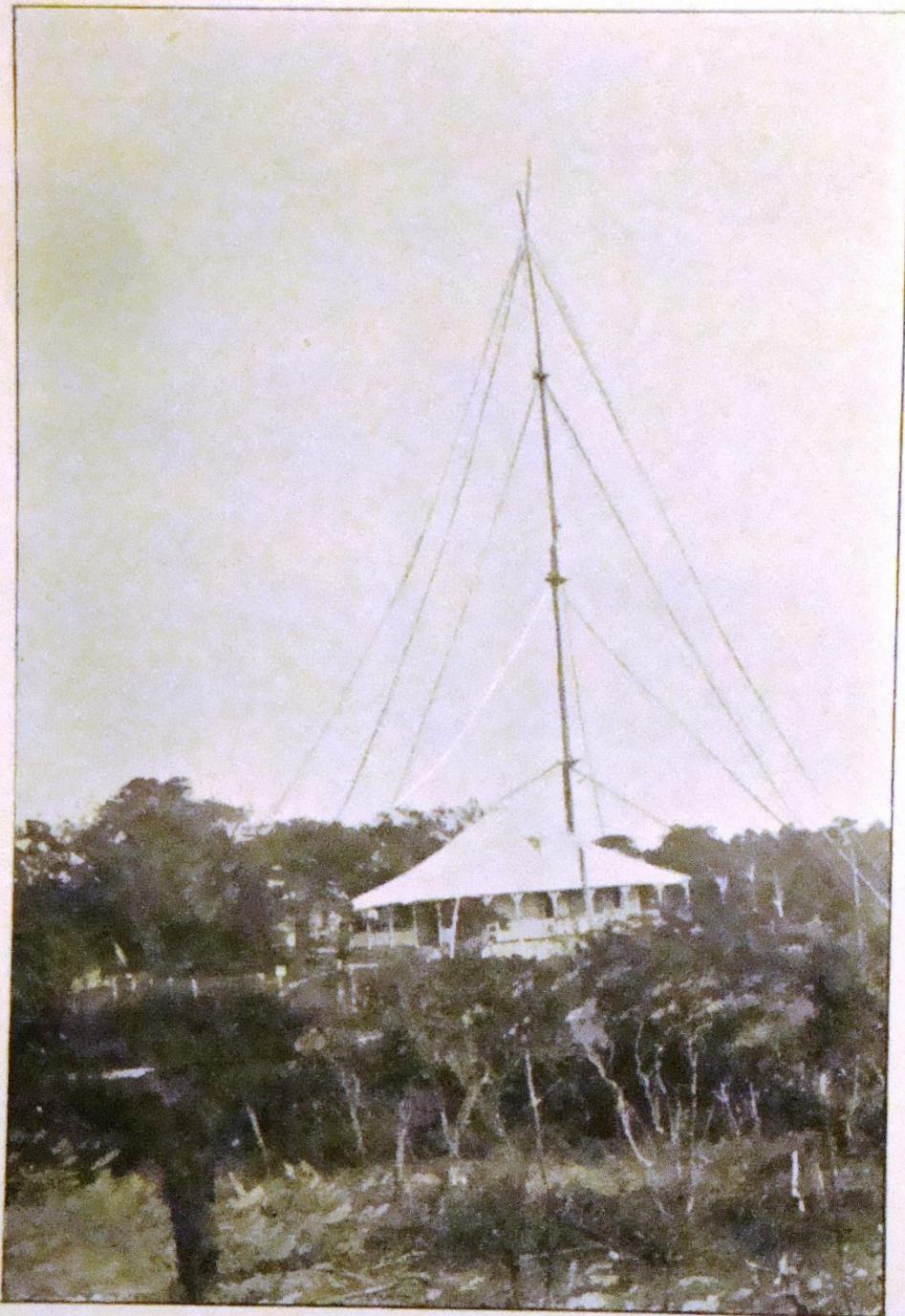
N° 8. — Construction du mât d'antenne du Gosier.
1^{re} opération.



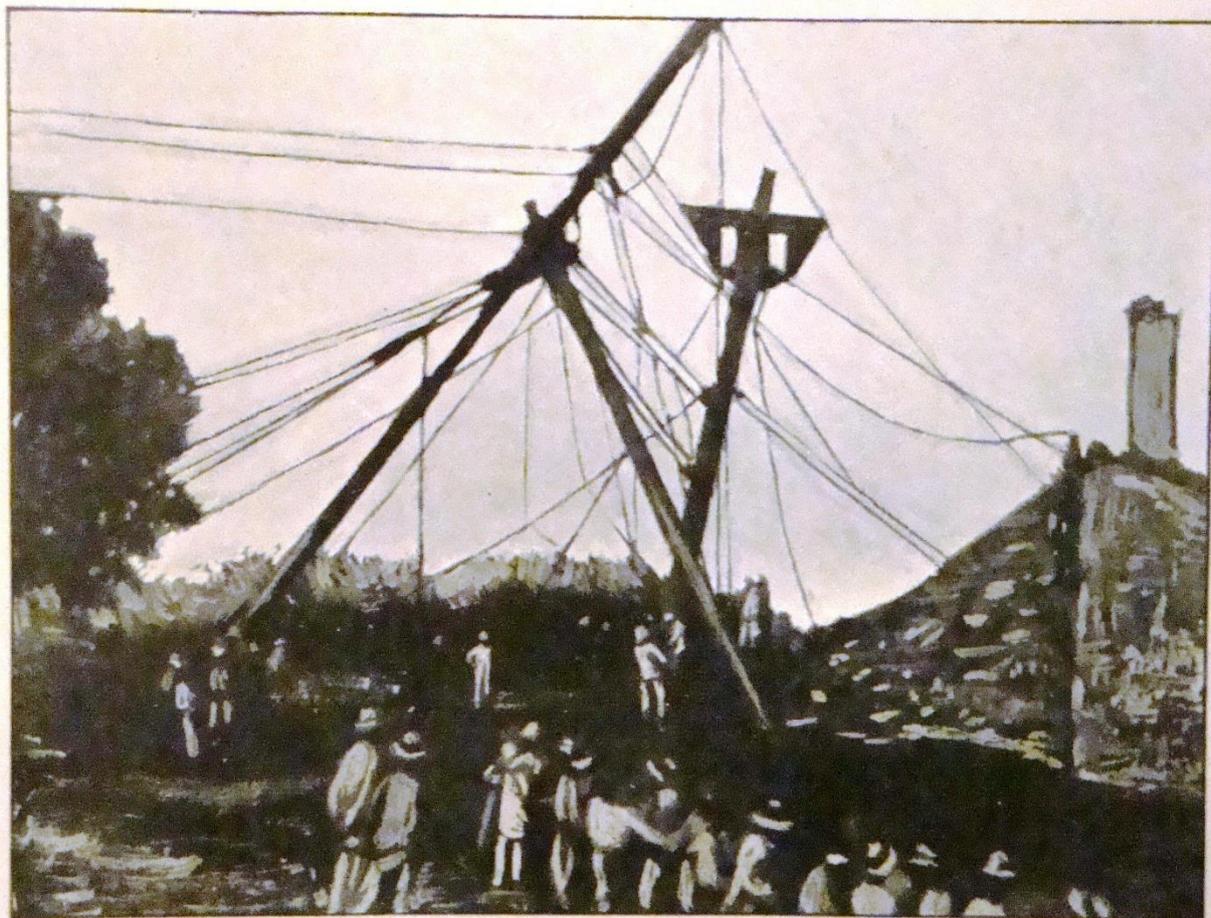
N° 10. — Mise en place du mât de hune. — *Gosier.*



N° 9. — Installation du bas mât. — Gosier.



N° 12. — Mât d'antenne complet. — *Gosier*.



N° 15. — Mise en place du bas mât. — Beau-Séjour (*Martinique*).
(Cliché du capitaine Ferrié.)



N° 16. — Vue d'ensemble du poste de télégraphie sans fil de Beau-Séjour (*Martinique*).
(Cliché du capitaine Ferrié.)

souvent la place à une calotte ininterrompue de nimbus noirs d'où sortent des éclairs monstrueux et une pluie diluvienne. Durant la saison sèche (elle l'est bien peu), le soleil n'apparaît jamais ; des nuages qui donnent à l'atmosphère une teinte foncée uniforme, très hauts, ne semblent pas bouger et ne se résolvent en eau qu'à de rares intervalles, principalement sur les versants des montagnes enserrées sous la vaste forêt équatoriale. Une forte humidité sature l'air en tout temps et la chaleur y conserve une régularité remarquable. La pression atmosphérique reste à peu près la même d'un bout à l'autre de l'année. Elle varie très peu et régulièrement de la nuit au jour et du jour à la nuit, comme sous la poussée d'une douce respiration. Les orages, les coups de vent, si forts soient-ils, influencent faiblement la hauteur barométrique ; ces météores très nombreux, journaliers presque, semblent prendre naissance sur les hauteurs des monts de Cristal ; en tout cas, ils proviennent, sans exception, de l'est, de l'intérieur des terres.

Tel est, en quelques mots, le pays où l'on allait opérer avec des instruments subissant à un degré extrême l'influence des manifestations électriques de toute nature et composés de métaux oxydables.

Installation des postes. — Les photographies reproduites donnent l'ensemble des postes installés, tant à l'extérieur qu'à l'intérieur.

Libreville. — A Libreville, faute de mieux, et afin de ne pas perdre de temps, on choisit un petit local de 12 mètres carrés environ, compris sous un vaste hangar recouvert de tôles ondulées. Cette particularité, jointe à la présence de nombreuses et massives pièces métalliques, à côté même des appareils (bouées, chalands, chaînes), pouvaient, si on n'en tenait compte, fausser les opérations. C'est ce qui eut lieu, ainsi qu'on le verra plus loin ; mais il aurait été difficile, sinon impossible, de se placer ailleurs. Le local, en outre, vibrait sans cesse sous les coups que donnaient çà et là les canotiers du port auxquels le hangar servait d'atelier et de lieu de repos ou de récréation. On abattait même, à proximité de la porte du poste, les bœufs destinés à l'alimentation de la ville. Ceci est dit pour montrer combien les essais s'effectuaient difficilement. Si, à ces conditions déjà bien mauvaises, on ajoute la forte chaleur humide

— 8 —

que concentrait la baraque dès qu'apparaissait le soleil, on se rendra un compte exact des grosses incommodités que présentait la station de Libreville.

Sur la photographie n° 1, on aperçoit l'agencement intérieur ; les appareils étaient placés sur une table de 1^m,20 environ de hauteur, reposant elle-même sur un plancher isolé du sol. Les grosses lames des marées équinoxiales sont venues balayer la chaussée sous la table de manipulation.

Isolement. — Dans une contrée où l'air est saturé de vapeur d'eau, les plus grandes précautions sont à prendre pour éviter toute perte d'électricité. Les fils conducteurs, hormis ceux reliant le poste à la terre, étaient revêtus d'une forte gaine de caoutchouc ou de gutta-percha. L'antenne était constituée par des câbles possédant une résistance d'isolement considérable ; elle traversait, pour entrer dans le poste, un tube coudé en porcelaine, vissé à une plaque d'ébonite de 0^m,30 de longueur sur 0^m,25 de largeur. Une surface moindre n'arrêterait pas les irradiations du flux de haut voltage envoyé dans l'antenne. L'expérience l'a démontré. De plus, il est indispensable, avant chaque séance, d'humecter cette plaque de pétrole ainsi que tous les organes de transmission. Même soin est pris pour l'isolateur en ébonite qui soutient l'antenne au sommet du mât. On ne doit se servir pour maintenir les appareils, les câbles ou autres objets que de cordes paraffinées à chaud et de morceaux de paraffine. Cette substance, l'ébonite, le pétrole, l'enduit Chatterton, toutes matières éminemment isolantes, deviennent d'un usage permanent dans un poste de télégraphie sans fil.

Prises de terre. — Les fils de terre avaient une longueur aussi réduite que possible, 2 mètres environ. Constitués par un toron de fils de cuivre nu de 0^m,002 de diamètre, ils s'adaptaient par une de leurs extrémités à de grosses bornes à contre-écrou vissées contre la paroi du poste et étaient soudés par l'autre aux plaques de zinc de 1 mètre carré de surface, enfoncées dans le sol humide. On disposait de 3 prises de terre distinctes pouvant sans difficulté n'en former qu'une :

1° 2 plaques de 1 mètre carré placées côte à côte à 1 mètre de profondeur dans l'eau ou dans une terre fortement mouillée ;

— 9 —

2° 2 plaques de 1 mètre carré enfouies à 0^m,30 dans du sable légèrement humide, au-dessous des deux premières ;

3° Des morceaux de zinc de 1 mètre carré environ de surface, plongés dans le mer et reliés au poste par une tige de 40 mètres de longueur. Ces plaques de zinc peu oxydable présentaient une surface totale de 7 mètres carrés en facile communication avec la terre.

Mât d'antenne. — Elles se trouvaient entre le poste et le mât d'antenne ; celui-ci avait été dressé à 10 mètres environ des appareils, un peu trop près, et l'a remarqué plus tard, à cause de la nature métallique du mât. L'antenne, conservant presque la verticalité, se rapprochait beaucoup des mâts qui atteignent parfois de longues étendues. L'existence de petites cupules à côté de l'appareil faussait les observations. Le mât, bien dégagé au sud de l'usage et situé au large du poste correspondait sans qu'aucun objet élevé fût intercepté, avait 21 mètres de hauteur ; il était susceptible de soutenir une antenne de semblable longueur venant aboutir aux appareils. Un câble de fil de cuivre se tendait le long de ce support pour mettre en communication une cabine métallique enveloppant le sommet avec une masse de fer enfouie à la base, de manière à quelque peu préserver l'installation des effets de la foudre. Le poteau inférieur, long de 11 mètres, était soutenu par des câbles de fil de fer galvanisé ; des cordes ordinaires formaient les haubans supérieurs. Tous prenaient leur point d'appui à de grosses bécres de fer (0^m,30 de diamètre) plantées profondément en terre. Beaucoup de fer et d'objets conducteurs entouraient, comme au le toit, le support d'antenne et la station entière.

Débris. — A Denis, le mât d'antenne ne s'élevait qu'à 22^m,30 environ. Un enfouissement plus considérable dans un terrain sablonneux et une déficiente superposition des poteaux avaient causé la différence de hauteur. L'antenne, pour aboutir aux instruments, nécessitait une large échafaud, ce qui permettait de lui donner une longueur sensiblement semblable à la longueur qu'était susceptible d'atteindre celle de Libreville. Le mât occupait une position au nord du poste ; son pied se trouvait à 3 mètres au-dessus des hautes mures. Un parementaire, ainsi rudimentaire que le pré-

foudre de Libreville, couvrait son extrémité supérieure ; des cordages ordinaires composaient ses haubans. Il n'existait aux alentours, comme masse métallique, que la toiture du poste et les forts piquets de retenue.

Prises de terre. — Les prises de terre principales situées à moitié distance entre le mât et le poste, étaient formées également de plaques de zinc de 1 mètre carré et de torons de fils de cuivre nu.

Voici, en ce qui les concerne, quelques renseignements :

1° 2 plaques enfouies à 2^m,70 dans du sable fortement mouillé, l'une à côté de l'autre ; longueur du câble de jonction : 10 mètres ;

2° 2 plaques placées au-dessus à 2 mètres de profondeur ; fil de liaison long de 9^m,30 ;

3° 2 plaques également mises à plat à 0^m,50 de profondeur, dans du sable sec et reliées à l'une des bornes du poste par un fil de 3 mètres de longueur ;

4° Enfin, morceaux de zinc, d'une surface de 1^m,50, immergés au bout d'un câble de 50 mètres.

La prise de terre totale était ainsi assurée par 7^m²,5 de feuilles métalliques plus ou moins en contact avec l'eau de mer et plus ou moins éloignées du poste. Les piliers en maçonnerie supportant l'immeuble ne permettaient pas de creuser le sol immédiatement au-dessous du poste sans risquer un effondrement.

Courants perturbateurs dus à l'action des agents telluriques sur les plaques enfouies. — On ne doit employer pour ces prises de terre que des plaques d'un même métal susceptible de conserver dans le sol comme à l'air libre une suffisante inaltérabilité. Les réactions chimiques qui se produiraient sur des feuilles facilement attaquables par les agents atmosphériques et terrestres donneraient naissance à des courants perturbateurs. Malgré tous les soins pris, il fallait, à Denis, pour empêcher le cohéreur d'entrer en mouvement, placer un condensateur entre cet organe et la terre. La tension limite de cohérence pour les tubes employés s'élevant à près d'un volt, il existait donc un courant continu d'une différence de potentiel aux bornes de l'instrument, égale ou supérieure à un volt. Dans un des paragraphes suivants nous donnerons d'autres détails sur ce fait. Nous cherchons maintenant à appeler l'atten-

tion sur l'importance d'une installation impeccable sous tous les rapports.

Pour les lignes aériennes mêmes, il importe de préparer, dans toutes les stations reliées, des prises de terre identiques, si l'on ne veut pas que les fils soient parcourus en permanence par des courants capables d'actionner des sonneries et, joints aux mouvements électriques naturels, de gêner les transmissions.

Les instruments, à Denis, étaient installés dans l'une des trois chambres du bureau télégraphique, seul local à peu près confortable existant sur la pointe aride de Pongara. Comme à Libreville, un double plancher supportait la longue table sur laquelle étaient disposés les appareils. Ceux-ci se trouvaient ainsi à 3 mètres environ au-dessus du sol et à 6 mètres au-dessus des hautes marées. Les eaux pluviales pénétraient dans le local chaque fois que le vent soufflait avec quelque force. Les instruments, malgré toutes les précautions prises, ont été maintes fois fortement mouillés. On devait, par suite, prendre les plus grands soins pour conserver, surtout au poste de transmission, un isolement convenable. Les deux stations d'étude possédant au début les mêmes organes de transmission et de réception, il y a tout avantage à examiner, dans un paragraphe commun, l'arrangement des appareils utilisés.

Transmission. — D'une manière générale on peut dire qu'un poste transmetteur change de l'énergie électrique dynamique de bas voltage en mouvements électromagnétiques de plus en plus rapides et de tension de plus en plus grande, mouvements que le milieu ambiant, fortement ébranlé, propage au loin suivant des lois que les maîtres de la science ont étudiées et étudient encore.

L'énergie première est fournie aux *accumulateurs* soit par les réactions chimiques d'une *pile ordinaire*, soit par une *dynamo* actionnée par un moteur quelconque. Pour produire du mouvement, la télégraphie nouvelle utilise donc, en dernier ressort, du mouvement, cycle, en somme, dans lequel sont renfermées les manifestations de l'univers connu ou pressenti. Les accumulateurs déchargent, au moyen d'un *manipulateur* et d'un *interrupteur*, un courant de quelques volts dans le primaire d'une *bobine de Ruhmkorff* dont le secondaire amène des courants déjà rapides et de tension élevée à un *excitateur* ou *oscillateur* qui, relié à la terre et à l'*antenne* ou mis dans le circuit d'un autre *transformateur*, mul-

— 12 —

tiplie la fréquence et la force des mouvements. L'antenne donne à ceux-ci une direction et une amplitude convenables et l'éther leur sert pour ainsi dire de véhicule au même titre que l'air pour le son.

Ce grossier aperçu des phénomènes qui paraissent se produire montre dans quel ordre il convient de passer en revue les organes d'un poste de transmission.

Source d'énergie électrique. — Pour les expériences de peu de durée que l'on projetait, il eût été téméraire d'emporter, dans des pays dépourvus de main-d'œuvre habile, des dynamos et des moteurs dont la marche et l'entretien exigent beaucoup d'attention. Ce matériel est d'ailleurs encombrant et d'un prix d'achat élevé. Le jour où l'on se décidera à installer des postes fixes, il sera temps d'examiner les avantages que présenterait leur emploi. Ils seraient importants. A peu de frais, chaque jour, la charge de la batterie d'accumulateurs aurait rapidement lieu. L'utilisation de piles ordinaires, moyen adopté par la mission, demande beaucoup de temps et revient fort cher ; par contre, la charge s'effectue sans danger pourvu que l'on ait soin d'assurer une mise en circuit convenable.

La mission disposait de l'élément Leclanché dit « à sac et zinc circulaire », de l'élément de la même maison dit « sec » et d'une pile au bichromate de soude.

Élément Leclanché dit « à sac et à zinc circulaire ». — Le premier, duquel on espérait beaucoup, était en mesure de fournir, d'après les données du fabricant, 165 watts-heure environ. Une station absorbe pour un travail de trois heures une énergie équivalant à 400 watts-heure, y compris les déperditions, qui, pour des causes diverses, se produisent toujours. La consommation journalière était ainsi de deux éléments et demi en moyenne, soit une dépense de 10 francs. Une dépense approximative de 25 francs par kilowatt-heure ne saurait être acceptée en temps ordinaire. On chargeait à la fois 4 bacs renfermant chacun 4 accumulateurs. La différence de potentiel aux deux bornes ne dépassant pas 20 volts en aucun moment de l'opération, il suffisait que la batterie de piles ne descendit pas au-dessous de ce voltage. La figure n° 3 représente le schéma de l'arrangement. Au début, la tension d'une batterie de 16 éléments mis en série atteint 24 volts à peu près ; elle tombe

— 13 —

rapidement à 20 où elle se maintient. Un repos lui rend sa force première. Il n'en est pas ainsi quant au débit : tout d'abord de 6 am-

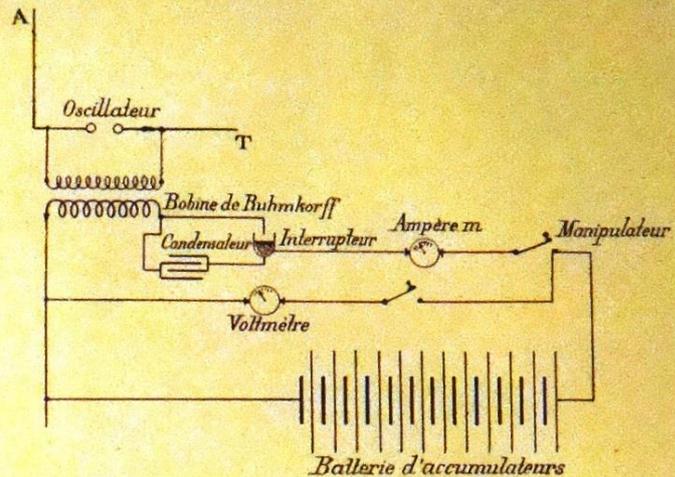


Fig. 1. — Schéma d'un poste transmetteur à étincelle directe.

pères, il ne tarde pas à s'abaisser pour ne plus se relever. Chaque accumulateur ne reçoit plus alors qu'un ampère ou un ampère et demi ; il en résulte qu'une charge de 24 ampères s'opère par ce

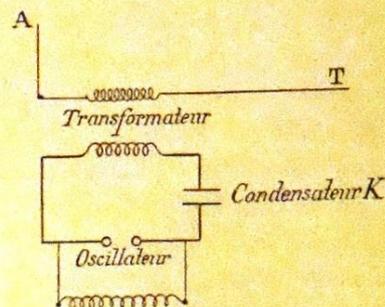


Fig. 2. — Schéma d'un poste transmetteur employant des courants de haute fréquence dits de « Tesla ».

procédé trop lentement ; une nuit de douze heures n'y suffit pas. Dans la pratique, il faudra recourir à un moyen plus expéditif et moins onéreux. Si la mission n'avait possédé que cette unique source d'électricité (80 éléments par poste), elle ne serait sûrement pas parvenue à assurer des transmissions journalières pendant quatre

mois. La première charge aurait absorbé une quantité considérable d'énergie, 6 kilowatts-heure pour les 10 bacs emportés, soit à peu près le tiers de l'énergie que pouvait fournir la totalité des élé-

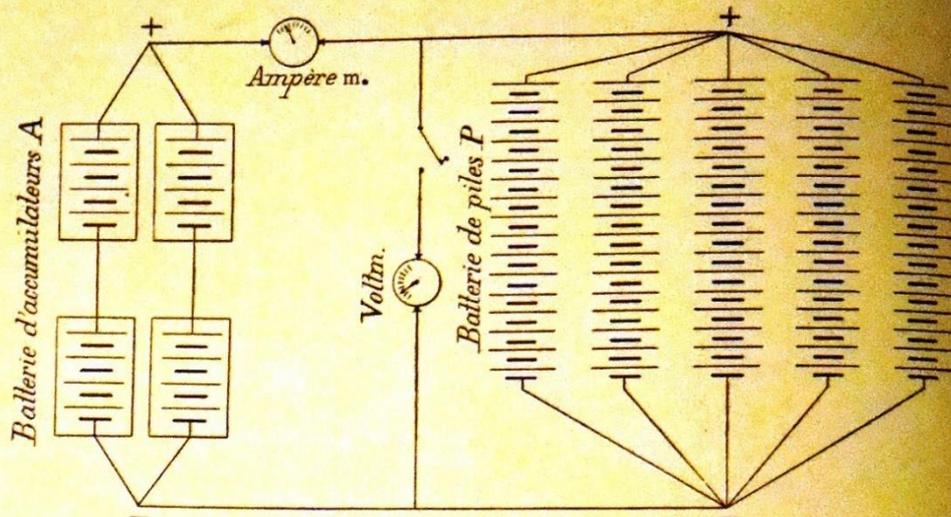


Fig. 3. — Batterie de 16 accumulateurs en charge sur une batterie de piles comprenant 80 éléments Leclanché.

ments à sac. D'autre part, comme cette première opération devait avoir lieu à Libreville, il eût été impossible d'y monter les deux batteries et de transporter l'une d'elles ensuite à Denis.

Élément au bichromate de soude. — Les piles au bichromate de soude, à grand débit, étaient réservées pour cet usage et aussi pour remplacer, le cas échéant, une batterie d'accumulateurs détériorée. Cet appareil électrogène a rempli son rôle quant à cela, mais il n'a pas été mis à l'épreuve en ce qui concerne le dernier point. Très élégant et d'un emploi commode lorsqu'on ne lui demande pas un service intense, il devient insuffisant quand il s'agit de charger des accumulateurs de grande capacité. Le liquide excitateur (solution de bichromate de soude additionnée d'acide sulfurique) s'use vite; il doit circuler en permanence dans les vases d'où nécessité d'une surveillance de tous les instants; il s'affaiblit même à l'air libre alors qu'il n'est pas mis en action. La corrosion des zincs est rapide, surtout à la surface du liquide, au point où celui-ci possède toute son activité. Il importe aussi de modifier constamment la

— 15 —

plongée du métal. La température des vases, si le débit atteint 8 ou 10 ampères, ne tarde pas à s'élever à plus de 50°, quelque soin que l'on prenne pour éviter les mauvais contacts ou les courts-circuits intérieurs. Il se produit une polarisation rapide des éléments dont le voltage tombe de 2 volts à 1 volt 5 et même plus bas. Cette pile fonctionne, et c'est là un gros inconvénient, à circuit ouvert. Par contre, sous un petit volume, son débit est considérable, avantage inappréciable dont on peut tirer le meilleur parti dans des installations spéciales. Elle a été de la plus grande utilité au Congo, mais on ne saurait en préconiser l'emploi courant en raison des difficultés signalées et principalement du prix de revient du kilowatt-heure, bien supérieur encore à celui calculé à l'occasion de l'élément Leclanché à sac.

Élément Leclanché « sec ». — On n'a pas fait usage, pour le service des accumulateurs, de l'élément Leclanché « sec », mais on a pu se rendre compte que cet objet avait perdu au Congo une grande partie de ses qualités. En court-circuit, beaucoup ne débitaient plus qu'un ampère ou un ampère et demi, quelquefois moins. La matière excitatrice paraissait ainsi à peu près inerte. Hermétiquement fermé, le vase ne permettait pas l'évaporation à laquelle se serait opposée aussi l'humidité atmosphérique. Il s'était donc produit ou une décomposition de cette matière sous l'action de la chaleur, effet peu probable, ou une dilatation inégale des parties composant l'élément, cause possible de contacts défectueux. Pour redonner la vigueur disparue, il eût fallu probablement verser de l'eau et de préférence une solution de chlorhydrate d'ammoniaque dans le vase débouché. La nécessité de pareille opération enlèverait à ce système l'un des avantages qu'il offre en France. Cent cinquante éléments de cette espèce sont déposés au Sénégal ; nous nous assurerons bientôt de leur valeur et nous chercherons à les utiliser. Quoi qu'il arrive, l'inconvénient signalé et leur prix élevé en feraient rejeter l'emploi dans les installations futures. L'élément ordinaire, à grande surface, devra, dans tous les cas, lui être préféré.

Emploi direct d'un appareil électrogène. — Nous avons dit au sujet de la pile au bichromate de soude qu'elle aurait pu remplacer, à l'occasion, une batterie d'accumulateurs détériorée. C'eût été un moyen de fortune. Un appareil électrogène quelconque, pile, dy-

namo ou alternateur, ne présente pas, quant à présent, une tension suffisamment constante pour produire à l'excitateur une étincelle toujours identique. Cette condition est nécessaire. Si elle n'est pas remplie, la transmission et, par suite, la réception deviennent irrégulières. Même avec des accumulateurs, pour diverses causes, il est difficile d'obtenir la fixité voulue. Comme il importe d'écarter toutes les causes de troubles on ne peut que mettre en garde contre l'utilisation directe d'appareils électrogènes.

Accumulateurs. — La différence de potentiel aux bornes d'une batterie d'accumulateurs varie avec une grande lenteur ; avec quelque précaution il est ainsi possible de mettre en mouvement un courant dont les variations, dans ses effets, ne dépendent plus de la source. Chaque station d'étude possédait 5 bacs d'accumulateurs. C'était suffisant, et, en fait, les 5 bacs ont servi sans interruption comme sans à-coups.

L'accumulateur est un instrument précieux, très maniable, mais d'une délicatesse fort grande. Un rien peut le mettre hors de service. Il faut apporter le plus grand soin dans sa charge comme dans sa décharge ; l'une et l'autre doivent rester bien en deçà des limites et il importe que le débit comme le courant de charge ne dépasse pas le nombre d'ampères indiqué par le fabricant. Le type employé a été fourni par la maison Ducretet qui le tenait elle-même, probablement, d'un industriel français. Les deux électrodes sont en plomb. Nous n'avons pu reconnaître les particularités de construction qui le distinguent des modèles courants. Bien que le récipient soit fait avec des lames de celluloïde, le contenu est peu visible et l'occasion ne s'est jamais présentée de démonter un bac. Cette opération, d'ailleurs, ne s'effectuerait pas aisément. L'accumulateur n'est pas réparable sur place. Il y a là un inconvénient important. On ne pourrait, en outre, détruire les courts-circuits, s'il s'en produisait à l'intérieur, sans démonter entièrement le vase. Le celluloïde se dessoude parfois et on ne possède pas les moyens de le remettre en place. Les désavantages sont sérieux, comme on le voit. Avant tout, pour une installation provisoire, le bac d'accumulateurs doit être facilement transportable et répondre, par conséquent, aux exigences suivantes : faible poids et faible volume, emmagasinement considérable, plaques robustes, bien à l'abri des chocs, enfin renversement du liquide impossible. L'accumulateur

choisi possédait ces qualités. La capacité, d'après les indications du fournisseur, était de 72 ampères-heure. Il ne nous a pas été donné de vérifier ce point. Les bacs, au moment de l'arrivée sur les lieux, avaient une certaine quantité d'électricité résiduelle et leur première charge présenta trop de variations pour permettre une mesure exacte. Tout porte à croire que la capacité atteignait le chiffre donné. Au cours des essais, on a pu les laisser en service plusieurs journées consécutives sans que la tension baissât au-dessous de 1 volt 9. Avec un débit moyen de 3 ampères, jamais dépassé, on voit jusqu'à quelle limite il était sans danger de pousser la décharge. Avec leurs bornes et leurs communications extérieures vernies et paraffinées, afin de réduire au minimum les pertes, ils sont en dépôt à l'heure actuelle au bureau des postes et télégraphes de Dakar. Il a été donné au receveur les instructions nécessaires pour que, tous les deux mois, il assure une charge complète au moyen d'une dynamo mise à notre disposition, obligeamment, par une maison industrielle de la localité. Avant notre départ nous avons effectué une opération de ce genre en présence du fonctionnaire susmentionné. Nul doute que nous ne retrouvions les bacs en parfait état de conservation. Tout porte à croire qu'ils assureront le service de la prochaine campagne et seront susceptibles ensuite, après nettoyage, de fournir le courant nécessaire à un poste de transmission quelconque. Les figures schématiques 1 et 2 montrent l'arrangement d'un poste de cette espèce.

Manipulateur. — Le manipulateur y commande l'envoi du courant primaire. Par des contacts plus ou moins prolongés, il provoque la production de trains d'ondes plus ou moins longs qui se traduisent au « Morse » du poste récepteur par des points et des traits dont les combinaisons constituent les lettres de l'alphabet télégraphique. Il joue le même rôle que le manipulateur du télégraphe Morse ordinaire. Mais comme l'intensité du courant qui le traverse peut devenir très forte, 8, 10 ampères, et plus quelquefois, par suite d'un mauvais fonctionnement de l'interrupteur, il faut que les pièces métalliques qui le composent soient très développées. Il faut aussi que les parties isolant la main de l'opérateur soient de prise commode, évitant tout danger. L'atténuation de l'étincelle de rupture devient en outre indispensable. On y parvient en produisant le contact dans une coupelle remplie de pétrole ou en mettant en

dérivation un condensateur de forte capacité. Le premier de ces procédés a l'inconvénient, semblerait-il, d'occasionner des ratés qui rendent la transmission et, par suite, la réception irrégulières : par sa décomposition le pétrole laisse déposer, au fond de la cuvette, des matières plus ou moins isolantes qui s'opposent au passage du courant. L'autre, en utilisant de forts contacts en platine, donnerait, pensons-nous, de meilleurs résultats. Nous n'avions pas à notre disposition le manipulateur de ce dernier modèle. Celui qui nous a servi pendant la durée des essais sortait des ateliers de la Télégraphie militaire. Solidement construit, il a répondu jusqu'au bout à tous les besoins ; il faisait partie d'une planchette préparée sur les indications du capitaine Ferrié, qui comprenait un commutateur robuste, un ampèremètre embroché sur le circuit et un voltmètre mis en dérivation, ordinairement isolé au moyen d'un bouton de sonnerie. L'opérateur ayant sous les yeux ce tableau suit les phases de sa manipulation. Il s'assure de l'intensité du courant utilisé et par une simple pression du doigt, de la tension de celui-ci ; si un dérangement se produit, il découvre aussitôt le point faible. Ce tableau si bien agencé est utilement mis à profit, en outre, pour contrôler le voltage des accumulateurs et charger la batterie entière. On peut aisément surveiller de près la marche de cette dernière opération.

Interrupteur. — Avant toute manipulation, l'opérateur doit se rendre compte du bon fonctionnement de l'interrupteur. Les contacts prolongés des pièces qui le composent entraînent des courts-circuits capables de détériorer les bobines, et les contacts défectueux occasionnent des ratés. Un coupe-circuit fusible remédierait au premier inconvénient. Les interrupteurs rotatifs construits par la maison Ducretet en possèdent. En ce qui touche les mauvais contacts, des soins de propreté soutenus permettent de les éviter en majeure partie. Mais il paraît bien difficile d'écarter les variations de vitesse qui influent sur la nature et sur la force des étincelles de l'oscillateur. Nous ne cesserons de le répéter, tous les organes d'un poste transmetteur doivent concourir à l'envoi d'ondes toujours semblables. Si on n'y parvient pas, et jusqu'à présent le résultat n'est pas atteint, il sera malaisé d'obtenir, à grande distance, sans tâtonnements, une réception convenable, toujours la même. Le manipulateur, on l'a vu, cause peu de troubles, mais la plupart de ceux

qui se produisent semblent prendre naissance dans l'interrupteur.

Le système dit « à marteau » adapté sur la bobine de Ruhmkorff répondrait aux desiderata divers si l'étincelle de rupture était entièrement annihilée et si, jusqu'à la fin de chaque séance, les ressorts gardaient leur élasticité du début. Il est regrettable qu'on ne puisse l'employer pour les bobines de fort débit. Les interrupteurs Foucault, etc., fonctionnant en dehors ou au moyen du circuit principal, pèchent tous par irrégularité de vitesse due à l'absence d'un régulateur automatique encore à découvrir, mais qu'avec un peu de peine, on ne manquerait pas de réaliser. La mission avait emporté des interrupteurs à mercure rotatifs confectionnés par les maisons Rochefort et Ducretet et un interrupteur à contacts directs dans le pétrole. Ce dernier instrument, sur lequel nous comptions fort, ne soutenait pas un service quelque peu prolongé : la vis de contact, sous l'action des vibrations de la lame, ne tardait pas à jouer dans son alvéole quoi que l'on fit pour éviter ce dérangement. A part l'usure des pièces et les variations de vitesse du moteur, qu'il était impossible d'empêcher, l'interrupteur Rochefort, qui est constamment resté en marche, a donné toute satisfaction ; il ne réclamait pas trop souvent de nettoyage, et son réglage s'obtenait facilement. Le mercure du godet se met en bouillie et le pétrole se décompose proportionnellement au nombre et à la violence des étincelles de rupture. On diminue celles-ci sous tous les rapports en choisissant, dès le début, le réglage qui convient à l'énergie électrique du circuit : plongée utile de la tige dans le mercure et mise en dérivation d'une capacité adéquate. On ne peut à ce sujet donner aucune indication précise. L'expérience ici, comme en tout, est le meilleur des éducateurs. La seule chose que l'on puisse dire, c'est que la capacité doit accompagner les variations de l'énergie. Il serait à désirer que l'on trouvât le moyen d'utiliser les courants de Foucault à la régularisation automatique de ce réglage. Nous avons vu qu'en l'absence de tout coupe-circuit, faute de mise au point, la bobine est susceptible de se détériorer.

Bobine de Ruhmkorff. — L'action directe ou indirecte d'un courant trop puissant peut détruire l'isolant du primaire ou du secondaire. Il faut donc connaître le maximum d'énergie à fournir à la machine. Les constructeurs donnent à cet égard les renseignements nécessaires. Si on n'en tenait aucun compte, il pourrait

se produire aussi une détérioration du condensateur de *grosse* capacité, réglable autant que possible, accompagnant chaque bobine. On a vu combien est importante cette mise au point de la capacité. Elle contribue à la fois à la bonne marche de l'interrupteur et au rendement de la bobine. Ce rendement est sujet encore à des variations dues à tous les effets qu'engendre un service prolongé. Rien ne saurait y remédier qu'une construction de plus en plus perfectionnée. On parvient aujourd'hui à réaliser des machines puissantes fonctionnant bien.

Les maisons Rochefort et Ducretet ont fourni celles que nous avons utilisées. La bobine Rochefort portant le nom de « transformateur unipolaire » donne de longues étincelles, bien nourries ; ses fils sont plongés dans un diélectrique qui reste pâteux dans les pays tempérés mais qui devient fluide sous les tropiques. Il en résulte que le transport de cet instrument fort lourd offre quelque difficulté. Les plus grandes précautions sont nécessaires pour éviter un renversement qui entraînerait la sortie au dehors d'une partie du diélectrique. Celui-ci, d'ailleurs, se dilate et remplit toutes les poches préparées pour recevoir l'excédent ; il parvient alors à s'écouler à l'extérieur à la suite d'une faible inclinaison donnée à la bobine de forme cylindrique. Malgré cet inconvénient son emploi est tout indiqué dans les installations destinées à assurer des communications entre deux points très éloignés.

Elle résiste sans se détériorer au passage de courants puissants.

Les bobines Ducretet de puissance moyenne, du type dit « de 26 centimètres » ont été aussi mises longtemps en service. Au dernier moment, rien n'indiquait qu'elles eussent mal supporté les effets du climat ni ceux provenant de leur emploi journalier. En un mot, elles paraissaient en aussi bon état à la fin qu'au commencement de nos travaux. Nous les avons soigneusement emmagasinées à Dakar où nous les retrouverons pour les expériences futures ainsi que la plus grande partie du matériel employé.

Le rôle de la bobine est de produire des mouvements rapides de tension déjà élevée. Envoyés directement dans l'antenne, ils ne suffiraient pas à déterminer des vibrations capables d'actionner un cohéreur. Mais il paraît évident que nous ne possédons pas l'organe susceptible de les déceler à distance, organe que l'on découvrira peut-être un jour. On obtiendrait ainsi une meilleure utilisation de l'énergie. A l'heure actuelle, avec les transformations

multiples nécessaires, avec les étincelles, l'emploi de condensateurs et de la terre on perd une grande partie du travail fourni. Puisque la bobine, quant à présent, est un appareil intermédiaire indispensable, il serait à désirer que sous un faible volume, elle donnât des courants de grande fréquence, de haute tension et de forte intensité. Les constructeurs sont à l'œuvre. C'est au moyen de l'étincelle que l'on reconnaît la puissance d'une machine ; celle-ci est proportionnelle à la longueur de celle-là. Si aucune capacité n'est mise aux extrémités de l'induit, l'étincelle éclate à 10, 15, 20, 30, 50 centimètres et même à plusieurs mètres, dit-on. Une faible quantité d'électricité à haute tension traverse aisément une couche d'air ; une quantité plus forte a besoin pour franchir le même obstacle d'une différence de potentiel plus élevée.

Excitateur ou oscillateur. — L'excitateur contribue à une certaine accumulation d'énergie. Comme pour tous les autres instruments, il existe des types multiples d'excitateur. On en trouve la description dans les traités spéciaux qui ont paru jusqu'à ce jour. Après bien des tâtonnements, les expérimentateurs ont fini par adopter l'excitateur simple de Hertz que celui-ci avait probablement emprunté aux accessoires des machines statiques. Deux boules métalliques creuses, plus ou moins grosses, le composent ; elles surmontent une tige mobile et sont placées en regard l'une de l'autre. Parfois l'excitateur prolonge le fil de l'induit sur la bobine elle-même (transformateur Rochefort), parfois il en est séparé et fait partie d'une boîte qui l'isole et atténue le bruit produit par l'étincelle (oscillateur Ducretet). Ce dernier modèle convient mieux : après un réglage spécial, très facile à réaliser, on peut renfermer l'étincelle dont le claquement strident, vite désagréable, devient sourd. Les boules sont d'ordinaire en laiton. Certains constructeurs les dorent, ce qui n'a pas grande importance, la dorure disparaissant avec assez de rapidité. Nous avons seulement remarqué qu'il y avait avantage à tenir les boules dans un grand état de propreté. La chose s'explique : poussiéreuses, humides ou oxydées, elles laissent plus facilement échapper des particules conductrices qui servent de pont à l'étincelle ; celle-ci cesse de produire les ébranlements utiles. On s'en aperçoit au claquement qui se modifie et au changement d'aspect. Un certain nombre de signaux hachés sont probablement dûs à cette cause.

Nous avons déjà indiqué le rôle que paraît jouer l'excitateur. L'expérience donne à l'opérateur les connaissances nécessaires pour fixer une étincelle oscillante. La distance qui sépare les boules dépend de l'énergie mise en jeu, du fonctionnement de la bobine, de la longueur et de la forme de l'antenne, de la résistance, de la capacité et de la self-induction des fils intermédiaires, etc. Plus elle est grande, pourvu qu'elle reste oscillante et plus les oscillations sont intenses. Cela se conçoit d'après ce qui a été dit précédemment pour produire une étincelle maximum, toutes choses restant égales, il convient de mettre en mouvement le maximum d'énergie.

La nature de la lumière et du son produits par l'étincelle conduit l'opérateur à découvrir la cause de dérangements accidentels. A Libreville et à Denis, une bobine Ducretet absorbant 4 ampères moyens sous 24 volts, produisait avec une antenne quadruple de 16 à 17 mètres de longueur, une étincelle de 3 centimètres donnant les meilleurs résultats.

A l'une des sphères de l'oscillateur, on adapte le fil de terre; l'antenne est mise en communication avec l'autre.

Terre. Son rôle présumé. — Il n'y a plus aucun doute : pour qu'un ébranlement se propage à de longues distances, il faut que la terre concoure à sa production. Certes, l'étincelle de rupture d'une sonnerie ordinaire dont le circuit ne touche par aucun point à la terre peut influencer un tube de Branly, mais on sait que cette action a des limites très restreintes. Une étincelle, si puissante soit-elle, sans communication avec la terre, ne provoque que de fort médiocres vibrations dans une antenne. On croirait ainsi que la terre offre un passage aux ondes qui, par son intermédiaire, frappent un cohéreur. Cette idée a lancé des expérimentateurs, trompés par certains phénomènes, dans une voie sans issue. Tout porte à croire au contraire que la terre contribue au renforcement des ondes par sa seule capacité. Au cours d'expériences dont il rend compte dans un excellent traité sur la télégraphie sans fil, le capitaine Ferrié a trouvé qu'une capacité placée à l'une des boules de l'excitateur provoquait la production d'oscillations propres à actionner un cohéreur éloigné; seulement, dans son expérience, cette action n'avait pas l'intensité de celle que l'on obtenait en remplaçant la capacité par la terre. Mais s'il avait pu graduellement augmenter la surface métallique de son système, peut-être serait-il

— 23 —

parvenu à un effet sensiblement équivalent. Pour une énergie donnée, il existe probablement une capacité correspondante au moyen de laquelle l'action maximum serait obtenue. On n'a pas encore bien sondé ce phénomène qui restera longtemps entouré de mystère. On pourrait utilement se livrer à cette étude. Ainsi, pour l'exemple de la sonnerie cité, la capacité des pièces en contact est peut-être celle qui convient, et c'est pourquoi à 5 ou 6 mètres de distance, sans antenne, on parvient à mettre un cohéreur en mouvement. Quelle est la capacité correspondant à telle ou telle énergie?... Le capitaine Ferrié se livre en ce moment à des recherches sur des phénomènes connexes qui pourraient le conduire au but envisagé. Le fait suivant montre encore que la terre ne joue pas le rôle de conducteur, comme on l'avait cru tout d'abord : avec le dispositif de la fig. 4, l'effet est à peu près le même qu'avec l'arrangement ordinaire où l'antenne prolonge la terre. Dans le circuit B O K, ou mieux dans le condensateur K, les vibrations n'ont ni la même intensité ni la même tension que dans l'antenne EA dont l'extrémité inférieure reste libre. Mais si on supprime la T en O', les ondes n'agissent pour ainsi dire pas. Cette expérience a été réa-

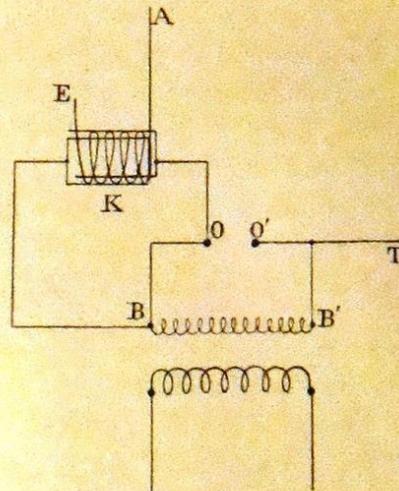


Fig. 4. — Transmission sans terre à l'antenne.

lisée entre Libreville et Denis. A plus grande distance, nous aurions pu nous rendre compte de l'intensité nette des actions qui se produisent dans chacun des cas. Nous renouvellerons l'essai et nous chercherons à constater si en remplaçant la terre par une capacité, on ne rend pas les transmissions aussi bonnes.

— 24 —

Dans les contrées arides, ce dispositif trouverait son application. Le fait qu'un fort condensateur peut remplacer à la réception la communication avec la terre est une nouvelle preuve de ce que nous croyons être la vérité. On en trouverait encore dans la formation des éclairs. Nous avons constaté que les éclairs qui éclatent d'un nuage à l'autre agissaient avec intensité sur le cohéreur comme s'ils

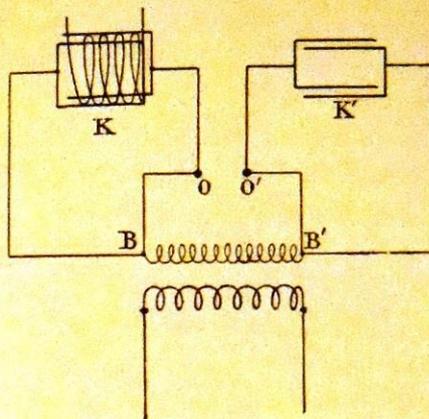


Fig. 5. — Transmission sans terre à l'antenne ni à l'excitateur.

s'étaient produits entre un nuage et le sol. Dans le premier cas, les deux nuages servent d'antenne et de capacité.

L'effet sera d'autant plus intense que les nuages seront plus longs et de plus forte capacité. On voit la gamme d'ondes qui se manifeste ainsi dans les nuages. Quelquefois aussi le cohéreur ne répond pas à certains coups de foudre, coups de foudre dûs sans nul doute à une énergie électrique de quantité faible mais de très forte tension, ou à la facilité de passage que leur offre l'air humide et poussiéreux environnant.

Antenne. Opinion générale sur son rôle. — Dans la transmission à étincelle directe, on l'a vu, la deuxième borne de l'excitateur correspondant au pôle positif ou négatif de la bobine, communique avec l'antenne. Lequel de ces deux pôles convient le mieux? Quelques expérimentateurs ont constaté que le dernier donnait une étincelle plus courte d'un effet supérieur à celui que fournit, avec une étincelle plus longue, le pôle négatif. Nous l'avons aussi remarqué. Mais on doit se demander s'il n'y aurait pas là une caractéristique du rendement des bobines utilisées. La différence n'est pas assez sensible et n'a pas été relevée sur des distances suffisamment

longues pour que l'on puisse formuler une règle ferme. A de courtes distances, dans une même expérience, les résultats peuvent devenir différents sans qu'apparemment aucune condition d'installation ait été modifiée : un contact plus ou moins sûr, un fil de connexion plus ou moins long, un changement dans la marche de l'interrupteur ou dans la capacité du condensateur, amènent des manifestations diverses déconcertantes. Il faut par conséquent se montrer toujours d'une extrême prudence. La même remarque peut s'appliquer aux faits qui se rapportent à la nature et à la forme de l'antenne. On s'aventurerait en faisant état sur tout ce qui a été écrit à ce sujet. Depuis les premiers jours, on a multiplié, en vain, les expériences pour déterminer les lois qui régissent ces phénomènes. On continue d'ailleurs, et il faut espérer que l'on aboutisse, à donner une explication nette et vraie. En réalité, les moyens empiriques n'ont pas encore été abandonnés. Par ces moyens, chacun a pu constater que les effets utiles d'une antenne sont d'autant plus intenses que sa longueur verticale est plus grande et que son isolement est plus parfait. Sur ces points, il n'y a aucun doute possible. On peut penser que l'ébranlement occasionné par la décharge disruptive est dirigé et concentré par l'antenne d'où il s'étend dans l'espace. Si l'antenne est fort élevée, la masse d'éther mise en mouvement est plus considérable. Et comme dans les parties de l'atmosphère qui ne sont pas en contact immédiat avec le sol, les ondulations ne rencontrent pas d'obstacles, elles parviennent à l'antenne réceptrice sans autre affaiblissement que celui provenant de leur diffusion. Elles produisent leur maximum d'effet. Les ébranlements, au contraire, courant à la surface terrestre sont diminués, arrêtés, par la végétation, par les accidents de terrain qui se laissent plus ou moins traverser ou contourner, enfin par les constructions de multiple nature qui forment les villes et les villages. Voilà notre avis quant à la hauteur. Un bon isolement est indispensable ; s'il n'est pas assuré, la décharge disruptive ou ne se produit pas ou ne donne pas toute son action.

A Libreville, il était possible de placer l'extrémité supérieure de l'antenne à 24 mètres au-dessus du sol ; à Denis, à 22 mètres. Pour la transmission, nous n'avons pas observé que les effets fussent moins puissants avec un seul conducteur qu'avec un fil multiple. Nous nous servions indifféremment de l'un ou de l'autre, et cette facilité nous a permis, à un moment donné, d'adopter une combi-

naison d'antennes au moyen de laquelle on obtenait une bonne communication lorsque les troubles atmosphériques n'affectaient pas avec trop de violence le tube de Branly ; il en sera question dans un des paragraphes suivants. La hauteur sus-mentionnée suffisait largement pour franchir la courte distance qui séparait les postes, distance trop faible même pour permettre de relever avec certitude les effets différents de chaque installation.

Que nous ayons employé pour former les antennes, un toron ou un fil simple, de petit ou de gros diamètre, les résultats ont paru les mêmes. Il importait surtout d'en assurer le parfait isolement, et, dans ce but, nous n'utilisons que des fils recouverts de plusieurs couches de gutta-percha ou de caoutchouc formant un diélectrique puissant. Dans les pays saturés d'humidité, c'est là une condition essentielle, ce qui ne veut pas dire que l'on ne puisse employer du fil nu. S'il existe entre celui-ci et les objets environnants une couche d'air suffisante, l'isolement voulu est aussi obtenu. En traitant de la syntonisation nous examinerons les divers modes de transmission par courants de haute fréquence que l'on produit en plaçant l'antenne à l'extrémité du fil secondaire d'un transformateur ou autour d'un condensateur de forme spéciale (Fig. 2, 4 et 5).

Mouvements qui mettent en relation l'antenne de transmission avec celle de réception. — Depuis longtemps, on admet l'existence d'une matière que nos sens ne perçoivent pas directement ou qu'ils ne savent pas discerner, mais qui se manifeste par de nombreux effets. Comment nous parviendraient la lumière et la chaleur du soleil si rien ne se trouvait entre cet astre et la terre ? Comment s'effectuerait l'attraction universelle ? Comment certains organismes seraient-ils affectés par des orages lointains ? Les questions se succéderaient sans qu'aucune réponse vint satisfaire notre esprit, si l'hypothèse de l'existence de l'éther n'était posée. C'est encore l'éther qui servirait d'agent de propagation dans la télégraphie hertzienne, comme il en serait aussi, sous une autre forme, dans la télégraphie ordinaire. Ici, le mouvement ne quitte pas le fil métallique, là, il envahit l'espace.

Le champ électromagnétique produit par la décharge disruptive se propage suivant des lois que Maxwell a étudiées et auxquelles Hertz, quant à la vitesse de propagation, a donné une vérification expérimentale.

— 27 —

Réception. — L'antenne réceptrice plongée dans une partie de ce champ électromagnétique semble déterminer un afflux de mouvement dans le sens de sa longueur auquel participe le tube de

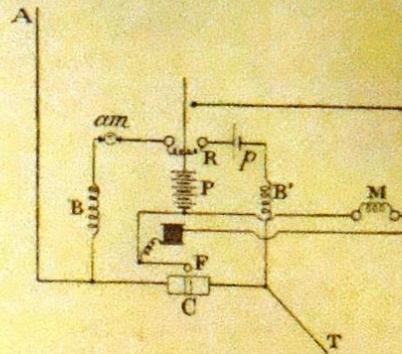


Fig. 6. — C, Cohéreur; F, frappeur; A, antenne; T, terre; P, p, piles; B, B', bobines de self-induction; R, relais; M, morse; am-milliampèremètre.

Branly ou *cohéreur* qui la sépare de la prise de terre. Dans des installations spéciales, ce tube est placé dans le circuit secondaire d'un transformateur ou *amplificateur d'ondes* dont le primaire est formé par une partie de l'antenne-terre.

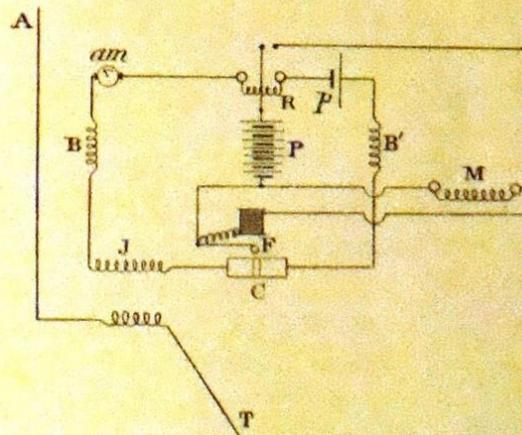


Fig. 7. — C, cohéreur; F, frappeur; A, antenne; T, terre; P, p, piles; B, B', bobines de self-induction; R, relais; M, morse; am-milliampèremètre; J, transformateur amplificateur.

Sous l'action du mouvement vibratoire, la limaille renfermée dans le tube devenue conductrice, facilite le fonctionnement d'un relais intercalé dans le circuit d'un élément de pile. Ce relais ferme

à son tour un *deuxième courant* produisant l'attraction de la palette d'un *appareil « Morse »* ordinaire et par suite l'inscription sur la bande d'une ligne qui dure autant que la conductibilité de la limaille. La conductibilité disparaît sous le choc léger d'un *tapeur* ou *trappeur*, et, par ce moyen on parvient à enregistrer les signaux de l'alphabet « Morse ». Les mots soulignés désignent les organes essentiels d'un poste récepteur, dont il paraît utile d'indiquer en quelques mots le fonctionnement (Fig. 6 et 7).

Antenne réceptrice. Son rôle supposé. — En premier lieu, dans un poste récepteur c'est l'antenne qui entre en jeu. Elle semble recueillir une infime partie des ondes diverses lancées par le poste transmetteur. Ces ondes, de plus ou moins longue période, paraissent, par un mécanisme encore inconnu, se condenser à la surface des corps conducteurs ; ceux-ci devenant le siège de mouvements multiples donnent un effet maximum lorsque leur capacité et leur self-induction correspondent à la vibration la plus intense.

D'ordinaire, le cohéreur, situé au ventre ou près du ventre d'intensité de ces vibrations, réagit suivant les effets divers qu'il reçoit. On remarque, sans encore bien en connaître la cause, par une plus ou moins grande conductibilité de la limaille, la multiplicité de ces influences.

Il n'est pas aussi important d'assurer l'isolement de cette antenne que celui de l'antenne d'émission : les oscillations de haute fréquence formées trouvent sur les surfaces métalliques un mode de propagation éminemment favorable ; elles ne s'en écartent guère alors même que la poussière et l'humidité salissent les conducteurs. Ce n'est pas qu'elles soient incapables de franchir des résistances considérables. Nous avons observé que les ondes traversent ou mieux contournent aisément un ou plusieurs corps humains. Il en est de même pour des objets réputés comme mauvais conducteurs. Une antenne très élevée donne de meilleurs résultats qu'une antenne plus courte. Après ce qui a été dit, la chose se conçoit sans explication. Nous avons constaté aussi qu'une antenne composée de plusieurs fils éloignés les uns des autres et reliés par l'une de leurs extrémités permet une plus forte action sur le cohéreur qu'une antenne à fil unique. Il était ainsi possible à Denis et Libreville de donner à un collecteur multiple une hauteur réduite : 15, 12 et même 10 mètres. A quelle distance faudrait-il placer les fils pour obtenir un

effet maximum? Une étude méthodique serait encore nécessaire pour élucider ce point.

Terre. — Les figures 6 et 7 montrent que l'antenne est en communication avec la terre par l'intermédiaire d'un cohéreur ou d'un transformateur-amplificateur. Nous réserverons l'examen de ce dernier instrument pour le chapitre où la syntonisation sera traitée.

La terre n'a pas ici la même importance que dans la transmission. On l'a déjà dit. Dans l'arrangement de la figure 6 on peut presque obtenir d'aussi bons effets en remplaçant la terre T, par un condensateur de plus ou moins grosse capacité. Dans certains cas les communications sont excellentes en supprimant terre et condensateur aussi bien dans l'arrangement figure 6 que dans l'installation figure 7. L'adjonction de la terre ayant pour conséquence dans les pays orageux d'augmenter le nombre et l'intensité des perturbations, il faudra y adopter une installation ne comprenant pas de prise de terre. On dit que cette prise de terre met une des électrodes du cohéreur au potentiel O, et que par ce moyen on sursensibilise l'organe. Nous ne le pensons pas. Celui-ci se trouvant à quelques mètres au-dessus du sol a le même potentiel que la couche d'air correspondante, potentiel qui ne doit pas beaucoup différer de celui de la terre. La capacité seule agit comme l'ont prouvé de nombreuses expériences.

Cohéreur ou tube à limaille de Branly. — Nous parlerons maintenant du tube à limaille de Branly, clef de voûte de la télégraphie hertziennne. Il se trouve, pourrait-on dire, sur le passage des ondes que concentre l'antenne. Leur influence se manifeste par une diminution de la résistance électrique de la limaille. Il existe des instruments qui réagissent d'une façon contraire : leur résistance augmente. Certains conservent la conductibilité ou la résistance acquise et ne reviennent à leur état primitif que sous l'action d'un choc ou de la chaleur. Le tube ordinaire appartient à cette catégorie. D'autres perdent spontanément les propriétés obtenues. Les physiciens ont cherché sans y réussir complètement à expliquer ces effets contradictoires. Les mouvements de la matière sont environnés de tant de mystère qu'il est peu probable que l'on parvienne à montrer ce qui se passe dans chaque cas. Mais il est sûr que dans les cohéreurs et dans les antiohéreurs, les ondes hertziennes produi-

sent une modification moléculaire des corps conducteurs ou du diélectrique qui les sépare et que cette modification disparaît sous l'action d'un nouveau mouvement interne dans certains cas, extérieur dans d'autres.

En ce qui concerne les tubes à limaille, les seuls dont nous ayons à nous occuper, la conductibilité augmente, semble-t-il, jusqu'à une certaine limite, proportionnellement à l'intensité des ondes et disparaît au moindre choc, du moins pour une limaille préparée nouvellement ; car ces organes présentent d'un moment à l'autre, une infinité de nuances, sans cause apparente, suivant la nature de la limaille, les lieux, l'état électrique de l'atmosphère, le soin que l'on a pris pour les préparer, etc.. Il semble ainsi que leur délicatesse soit extrême et leur instabilité plus grande encore. Sur les 50 à 60 cohéreurs emportés au Congo, deux ou trois seulement ont donné, pendant quelque temps, un fonctionnement à peu près satisfaisant. Bien des anomalies que l'on constate au cours de la réception leur sont dues. C'est tantôt un arrêt brusque auquel on remédie par un choc, tantôt une insensibilité momentanée ; parfois des ondes intenses les laissent inertes tout à fait, parfois leur sensibilité devient exagérée, et dans ce cas assez fréquent, on relève des roulements intempestifs. Il faut reconnaître que l'on réussit, à l'heure actuelle, à confectionner des tubes conservant leurs qualités premières plus ou moins bonnes pendant de longs mois, et nous croyons que des ouvriers exercés, soigneux, parviendront à donner à coup sûr des instruments, sinon impeccables, du moins d'une régularité et d'une sensibilité acceptables.

D'une façon générale, un tube peu sensible se détraque difficilement ; il a alors le défaut de rester sourd aux appels du poste correspondant. Un tube de sensibilité extrême vibre à tort et à travers. Il convient de choisir entre ces limites. La nature de la limaille contribue beaucoup à donner le ton voulu. Encore telle limaille donnant ici une marche excellente, perd-elle ses propriétés dans les pays orageux et chauds. La limaille d'or vierge entre dans cette catégorie. Les tubes qui en renferment ne peuvent être employés au Congo. L'or, ici comme ailleurs, est inoxydable ; s'il se dilate par la chaleur on peut ne pas en mettre la même quantité entre les deux électrodes. Pourquoi cette différence d'action dans les deux contrées ? Est-elle due à la température ? C'est peu

probable. Il est possible que la tension électrique de l'atmosphère soit en cause. Toute limaille, sous l'équateur, se sursensibilise.

Il est très mauvais qu'un tube laisse pénétrer facilement l'air humide. La moindre trace de vapeur d'eau semble empêcher une adhérence complète entre les grains de limaille et provoque l'oxydation des électrodes et des grains, lorsque ceux-ci appartiennent à une substance conservant difficilement son inaltérabilité. Voici l'ordre de valeur des métaux usuels à ces différents points de vue : or, argent, nickel, fer, cuivre. A l'heure actuelle, on ne se sert plus du dernier, et le fer ainsi que le nickel sont à peu près abandonnés. Les mélanges ou les alliages laissent beaucoup à désirer. Ainsi, alors que l'or vierge donne le maximum de sensibilité, l'or monnayé tombe au-dessous du fer. Quelques grains de nickel dans un peu de limaille d'argent vierge en diminuent la sensibilité dans de grandes proportions. Au Congo, l'or ne pouvant servir, nous employions l'argent vierge auquel on ajoutait pour certains cohérents des traces de nickel. La grosseur des grains de limaille influe beaucoup sur la valeur de l'instrument. La poussière métallique sensibilise trop et le grain épais produit un effet contraire. Il convient de prendre une grosseur intermédiaire. La propreté la plus méticuleuse est indispensable. Rien ne doit souiller la limaille, et il est bon pour obtenir ce résultat, en dehors des soins ordinaires, de la chauffer après l'avoir lavée dans l'alcool. Tout contribue à modifier la marche de ces instruments délicats; leur sensibilité paraît, aussi, proportionnée à la pression que les grains de limaille exercent les uns sur les autres. Il faut presque mesurer cette pression en plaçant entre les électrodes la quantité exacte de limaille utile; quelques grains en plus ou en moins, enlèvent ou la stabilité ou la sensibilité. La pression s'effectuant sur la masse entière pousse les grains sur la face des électrodes entre lesquelles ils se trouvent. On ne confectionne pas indifféremment ces électrodes. Avec de la limaille d'or vierge, par exemple, des électrodes de même métal rendraient le cohérent sensible à une différence de potentiel très petite, 1/100 ou 1/1000 de volt, ce qui en rendrait son emploi impossible. Aussi importe-t-il, avec de la limaille en métal inoxydable ou peu oxydable, d'adopter des électrodes de métal différent, fer, maillechort ou cuivre. L'acier convient pourvu que l'on ait soin de donner à sa surface un poli parfait. Les substances, ici, intervenant dans des proportions infinitésimales, on ne doit jamais se fier

à ses yeux pour la préparation des diverses pièces qui composent un cohéreur. Une surface que l'on voit brillante peut être remplie de trous, d'aspérités où s'attachent des molécules métalliques.

La pression dont il a été question varie encore suivant que l'on rapproche ou que l'on éloigne les électrodes. Nous avons constaté que pour des limailles d'or et d'argent, un intervalle inférieur à $0^m,005$ donnait des cohéreurs irréguliers. La séparation convenable est limitée par $0^m,0008$ et $0^m,0012$.

On voit combien la mise au point de pareil instrument réclame de soins et de temps. Il faut en confectionner un grand nombre, nous l'avons déjà dit, pour en obtenir quelques-uns, susceptibles de servir. Les constructeurs ont adopté des types divers qui pèchent tous par quelque côté. Un cohéreur modèle devrait être agencé de façon à permettre le remplacement de la limaille, ses variations de quantité, le rapprochement ou l'éloignement des électrodes.

Quelques expérimentateurs emploient de gros tubes où le vide a été fait; la limaille de fer est placée entre des électrodes bimétalliques. L'intervalle est faible, $0^m,0005$ environ. En général, ils ne sont ni réguliers, ni sensibles; certains de ces tubes font un service irréprochable; leur prix de vente est élevé et, en raison du déchet, il s'accroît dans des proportions vraiment trop fortes. Tout tube imparfait est perdu à moins que l'on ne possède sur les lieux un outillage compliqué. Cette dernière remarque s'appliquerait presque aux cohéreurs sortant des ateliers de la télégraphie militaire. Cependant, ceux-ci, bouchés à la cire, sont réparables dans une certaine mesure; leur fabrication est peu coûteuse; un magasin à limaille ménagé autour de l'une des électrodes permet un facile réglage. Avec de la limaille d'or et des électrodes d'acier bruni, leur sensibilité est supérieure à tous les instruments de ce genre préparés ailleurs et leur régularité, dans les pays tempérés, est bien près de donner toute satisfaction. D'autres ont cherché à obtenir le réglage en rendant l'une des électrodes mobiles. Avec un tube opaque, cette disposition est défectueuse. On ne voit pas le point d'arrêt utile; on pousse trop ou trop peu l'électrode et celle-ci, bien que taillée en biseau, presse parfois la limaille au point de la tasser; dans ce cas, la conductibilité des grains de métal devient permanente.

Le réglage d'un tube ne se borne pas aux deux manœuvres mentionnées. On sait que la conductibilité de la limaille est obtenue

aussi bien par l'application d'une différence de potentiel suffisante que par les oscillations hertziennes. En faisant varier aux deux bornes du cohéreur cette différence de potentiel, on amène celui-ci à un point où le moindre mouvement vibratoire produit une sorte de déclenchement. Tel tube que rend conducteur une tension de 1 volt, aura une résistance assez grande pour s'opposer au fonctionnement du relais dès que cette tension tombe à $9/10$ ou $8/10$ de volt. On a pu ainsi utiliser les limailles d'or et d'argent qui, sans cela, seraient restées en dehors du domaine de la pratique. Un tube donné obéira plus ou moins aux excitations d'une onde hertzienne que la différence de potentiel appliquée sera plus ou moins élevée. Bien entendu, cet effet comporte une diversité aussi étendue que la variabilité des instruments dont il s'agit. Autant que possible, il importe de ne pas laisser le tube sous l'action d'une tension voisine de la limite de cohérence; un choc ne le ramènerait pas toujours à son maximum de résistance.

Aussi, dans la plupart des récepteurs, sectionne-t-on aujourd'hui le voltage au moyen d'un dispositif particulier désigné sous le nom de potentiomètre.

On a remarqué que les tubes traversés par un courant de faible force électromotrice conservaient plus longtemps leur régularité et leur sensibilité; celle-ci peut même être poussée à son extrême limite sans qu'il en résulte quelque inconvénient fâcheux. On parvient pour ainsi dire à doser la différence de potentiel; il ne faut cependant pas la diminuer outre mesure, car en même temps on abaisserait au delà du point utile l'intensité du courant relais-cohéreur.

Dans le but de permettre l'utilisation pratique des limailles d'or et d'argent qui, par leur inaltérabilité, conviennent si bien aux lieux humides et chauds, nous avons songé à placer en série deux intervalles à limaille dans un même tube. Frappés par un seul coup de marteau, l'un au moins de ces intervalles prendra toujours la résistance nécessaire à la rupture du circuit; une régularité parfaite serait ainsi obtenue même à la limite de cohérence. Il y aurait lieu, avant que d'adopter le type qui comprendrait en outre des électrodes mobiles et des réserves à limaille, de se livrer à quelques essais comparatifs. Il est à craindre, en effet, que la régularité ne soit obtenue au détriment de la sensibilité.

Potentiomètre. — Le potentiomètre dont nous avons parlé, qui comporte plusieurs touches correspondant à des résistances de diverses grandeurs et servant, par dérivation, à graduer la différence de potentiel, est placé dans le circuit suivant le point occupé par la source fournissant le courant.

Source d'électricité. — Jusque dans ces derniers temps, dans tous les récepteurs, cette source était représentée par un élément de pile quelconque, ordinairement du type Leclanché, dit « élément sec »; il était intercalé entre le relais et le cohéreur. Le capitaine Ferrié a, le premier, imaginé un dispositif qui permet de puiser à une source commune l'énergie nécessaire au fonctionnement du relais, à celui du teneur et du Morse, et à l'éclatement des décharges disruptives. L'amélioration qui résulte de cet arrangement nouveau sera fort apprécié dans la suite par tous ceux qui auront à s'occuper de télégraphie hertzienne.

En utilisant quelques commutateurs et des bobines de résistance, il est parvenu à distribuer à chaque organe l'énergie électrique voulue. Il y a là, nous aimons à le répéter, un progrès véritable.

Bobines de self-induction. — Le cohéreur est comme encadré par deux bobines de self-induction auxquelles on n'a jamais à toucher. Quoi qu'il en soit, afin de se trouver en mesure de remédier à des dérangements quelconques, il est bon de connaître leur rôle. La self-induction agit sur un courant alternatif, comme la résistance sur un courant continu. Une résistance réglable intercalée dans un circuit permet de doser le débit, de ne laisser passer même qu'une quantité infinitésimale d'électricité. Les fils métalliques rectilignes ou circulaires qui servent de véhicule aux mouvements de l'éther les plus lents comme les plus rapides sont généralement employés dans ce cas; ils ne suffisent plus, à moins de présenter une forme spéciale, lorsqu'il s'agit d'oscillations de grande fréquence et de forte tension. Ces mouvements s'y propagent sans subir de modification notable. Résistance, self-induction et aussi capacité sont des noms divers donnés à l'une des propriétés de la matière, à l'obstacle qu'elle oppose aux mouvements électriques. Dans tout fil métallique la résistance semble correspondre au groupe de molécules qui, à la fois, livrent passage au courant; la self-induction paraît dépendre, en partie bien entendu, de l'homogénéité et

de la densité moléculaires; la capacité au nombre total de molécules participant à l'action. Comme l'air environnant joue un rôle important, une grande complexité se manifeste dans la production de ces phénomènes qui prennent respectivement une plus ou moins grande prépondérance suivant la nature et la forme du fil, la fréquence, la tension et l'intensité du mouvement. On augmente la self-induction d'un fil en lui donnant une forme hélicoïdale. On rassemble ainsi, pourrait-on dire, sur un seul point, les mouvements de l'éther ambiant qui réagissent d'une spire à l'autre suivant le plus ou moins grand isolement du fil conducteur, air compris. Ces multiples réactions arrêtent les ondes dans une certaine mesure en absorbant une partie de leur énergie. Les condensateurs produiraient d'une façon différente un effet à peu près semblable. Ils ouvrent comme un vaste réservoir à l'énergie électrique. L'effet varie encore ici suivant la nature et l'épaisseur du diélectrique séparant les plaques métalliques. Ces deux éléments, capacité et self-induction, interviennent partout, dans la télégraphie sans fil. Le cohéreur à limaille métallique, lui-même, n'est qu'une sorte de condensateur multicellulaire qui conserve la conductibilité acquise par un mécanisme encore mal connu.

Les bobines de self-induction comprises dans le circuit, jouent, on vient de le voir, le rôle de tampon et pour les ondes qui arrivent de l'antenne et pour celles qui naissent dans le circuit cohéreur-relais.

Comme entre les divers contacts qu'un récepteur comprend, il pourrait jaillir des étincelles dues à l'extra-courant de rupture se développant dans les bobines, on utilise en plusieurs points des shunts, ou des shunts et des condensateurs combinés, soit encore des piles dites « de polarisation ». La diversité de ces méthodes semble provenir du désir d'éviter que tel récepteur ressemble quant au montage à tel autre, chacun tenant beaucoup à mettre sur pied un système original. Nous croyons que la combinaison shunt-condensateur donne les meilleurs résultats. Avec elle, le but poursuivi est atteint et on ne perd rien de l'énergie fournie par les piles qui durent ainsi plus longtemps.

Lorsque le circuit est fermé à la suite d'une diminution de résistance de la limaille, un courant possédant l'intensité voulue n'atteint pas 1/5000 d'ampère. On ne peut s'assurer de sa présence que par l'emploi d'un milliampèremètre.

Milliampèremètre. — Cet instrument est embroché entre le cohéreur et le relais ; son utilité est de premier ordre ; ses indications montrent, dans une certaine mesure, le bon fonctionnement de l'antenne, de la source d'électricité, du cohéreur et du relais. Il est, en somme, au récepteur, ce que le voltmètre et l'ampèremètre sont au transmetteur.

Relais. — En l'examinant, on ne tarde pas à déceler toute marche anormale d'un organe quelconque, principalement du relais. On comprend que celui-ci étant mû par un courant d'intensité faible, doit posséder une sensibilité exceptionnelle. Or, ici comme ailleurs, on gagne en sensibilité ce que l'on perd en précision. Dans un relais de cette espèce, tout contribue à rendre son fonctionnement irrégulier : mauvais état de propreté et usure des contacts, mouvements de l'air ou des objets sur lesquels on le pose, différence de dilatation des pièces qui le constituent, altérabilité des métaux. Il importe cependant que la marche de l'appareil reste impeccable car la netteté des signaux « Morse » en dépend. Il est pour ainsi dire l'interprète du cohéreur. Il doit par conséquent pouvoir se plier aux exigences de celui-ci qui, suivant l'intensité des ondes hertziennes, livre passage à une plus ou moins grande quantité d'électricité. Il y a lieu ainsi d'étendre les limites entre lesquelles le relais conserve sa sensibilité en même temps que sa régularité.

L'industrie confectionne à l'heure actuelle des relais réellement merveilleux. Les meilleurs sont basés sur les effets que produisent les modifications subies, dans certaines conditions, par un champ électro-magnétique. La maison « Ducretet » fournit un instrument de ce genre possédant les qualités requises à un degré qu'il paraît bien difficile de dépasser. Tout y est combiné pour répondre aux desiderata divers. Sa facilité de réglage est remarquable : ceux que la mission a expérimentés au Congo, se sont parfaitement comportés. D'autres relais qui donnent entière satisfaction dans les pays tempérés, se sont fréquemment dérangés au Congo ; leur marche variait d'un jour à l'autre et même de la matinée à l'après-midi. L'humidité et la chaleur probablement étaient la cause première des anomalies constatées. De toute nécessité, il faut que le réglage du relais corresponde étroitement à celui du cohéreur et du frappeur.

Frappeur. — Ce dernier instrument, on l'a vu, détermine par le choc le retour de la limaille à sa résistance primitive. Il est mis en dérivation sur le circuit contact-relais-appareil Morse. Le relais, en fermant ce circuit, provoque l'attraction de l'armature des bobines respectives du frappeur et du Morse. La simultanéité des mouvements est absolue si bien qu'à la rigueur, il serait possible de produire à la fois au moyen des bobines du frappeur le choc sur le tube et l'enregistrement des signaux sur la bande. L'importance de ces deux fonctions a paru si grande que l'on a mieux aimé réserver à chacune d'elles un organe distinct. La frappe doit s'effectuer sans brusquerie, à coups rapides et sûrs. Il y a avantage à ne pas donner au tube une sorte de vibration qui aurait pour conséquence un tassement régulier maximum des grains de limaille. Dans cet état, la tension s'exerçant aux deux bornes actionnerait seule le tube. C'est cette préoccupation qui a guidé les expérimentateurs dans le choix du mode de fixation du tube. A chaque coup donné sur le cohéreur correspond l'enregistrement d'un point sur la bande Morse. Pour qu'une série de points forme nettement un trait, il faut que les chocs soient suffisamment rapprochés. Il y a lieu par conséquent de limiter la course du marteau. Par la pratique, on arrive à mettre au point ces différents réglages, toujours très délicats.

Enregistreur « Morse ». — Un réglage aussi serré que possible du frappeur ne suffit pas pour transformer une série de points en une ligne continue. On doit agir soit sur les organes entraînant le papier bande de l'enregistreur Morse, soit sur le mouvement de l'armature. Quelquefois les deux moyens sont employés. Lorsque l'avancement du papier bande est rendu plus lent, les points se juxtaposent presque et, si on a augmenté la rémanence du système par l'emploi d'un faible courant dérivé, on obtient des traits d'une parfaite netteté. Ce dernier expédient est défectueux. Il oblige, pour obtenir une séparation convenable des signaux, à une transmission beaucoup trop lente.

Difficultés d'emploi inhérentes à l'agencement des récepteurs employés. — Par ce qui précède, on a pu se rendre compte de l'extrême délicatesse d'un récepteur complet dont tous les organes nécessitent un accord parfait. Comme on doit, pendant la transmis-

sion, mettre le cohéreur à l'abri d'ondes intenses qui le détérioreraient, les difficultés grandissent encore. Car on ne parvient à ce résultat qu'en enlevant le cohéreur de son support pour le placer dans une boîte métallique hermétiquement close (système Rochefort) ou en rassemblant tous les instruments de réception dans une boîte en bois doublée de cuivre. Tant que dure la fermeture de cette boîte il faut que l'enveloppe métallique ne présente aucune solution de continuité. Avant que de fermer le couvercle, on doit s'assurer de l'isolement absolu des objets. Cette attention soutenue devient fatigante à la longue. On risque d'ailleurs chaque fois de déranger des organes réglés avec le soin dont nous avons parlé. Avec un récepteur vraiment pratique, une simple et rapide manœuvre devra aussi bien interrompre les communications avec l'extérieur que les établir. Nous avons songé à réaliser ce type. Mais l'exécution de pareil travail dans des ateliers industriels serait lent et coûteux. D'ailleurs, le capitaine Ferrié, que cette question préoccupait à juste titre, a fait construire un récepteur robuste, portatif et d'un emploi très commode. La boîte comprenant tous les instruments, sauf la source d'électricité et l'enregistreur Morse, se ferme sans renfort de crochets et, dans son mouvement de haut en bas, le couvercle coupe les connexions avec l'extérieur. Un mouvement inverse produit l'effet contraire. L'antenne s'adapte au circuit cohéreur-relais ou à celui d'un transformateur-amplificateur au moyen d'une fiche.

Syntonisation. — Il paraît bon, dès maintenant, de dire quelques mots sur les transformateurs que l'on utilise pour obtenir ce que l'on appelle la « syntonisation », c'est-à-dire l'envoi d'une onde de période déterminée qu'un récepteur accordé serait seul susceptible de déceler. A la solution de ce problème est attaché l'avenir de la télégraphie hertzienne. On ne voit pas en effet, étant donnée l'extrême sensibilité des instruments en usage, comment on parviendrait à installer des postes, même éloignés, qui ne se gêneraient pas mutuellement, ni comment on empêcherait une personne quelconque d'intercepter les télégrammes transmis. L'emploi du système ne serait ainsi possible que dans des cas exceptionnels. Les choses n'ont pas changé depuis le début. On sait que les navires munis d'appareils de télégraphie sans fil reçoivent des messages envoyés d'un point quelconque et il est probable que les postes anglais et belges installés sur les côtes enregistrent les signaux lan-

cés de Dunkerque, le Havre ou Cherbourg. Il est indispensable, pour l'application courante de la télégraphie nouvelle, de trouver le moyen de rendre un récepteur sensible seulement à une onde de longueur convenue. Avec l'agencement actuel, il est à craindre que le but envisagé ne soit jamais atteint. Une décharge disruptive, à laquelle contribuent capacité, self-induction et résistance de la terre, d'une bobine de Ruhmkorff, d'un oscillateur et de l'air interposé ne donnent pas ou donnera très difficilement toujours la même ondulation. Les oscillations y sont forcément multiples et variables, attendu qu'elles naissent dans un système complexe, changeant à tout instant sous son action propre. On n'aperçoit pas la possibilité de produire par un autre procédé les étincelles nécessaires. En raison de cette servitude il importerait de réaliser une sorte de soupape qui n'ouvrirait la voie constituée par l'antenne radiatrice, qu'aux oscillations de même nature auxquelles livrerait aussi passage une soupape identique placée sur le récepteur. Ces soupapes seront-elles imaginées? Nous le croyons, mais nous pensons aussi qu'elles ne résoudreient qu'une partie du problème. Les communications entre les postes seront rendues aisées, mais rien n'empêchera l'interception des messages par une personne malintentionnée. Il suffira à celle-ci de mettre en ligne une série de soupapes; elle trouvera toujours celle répondant au ton voulu.

Tous les chercheurs, les Marconi, les Slaby, les Braun et autres, se sont beaucoup occupés de la question, mais aucun, quoi qu'on en ait dit, n'a trouvé la solution juste. Leurs nombreuses expériences ont eu pour premier résultat de montrer la complexité extrême de tout ce qui touche aux mouvements électriques et de dévoiler des procédés nouveaux pour la transmission des ondes et pour leur réception. On ne s'est cependant servi, jusqu'à présent, que de transformateurs. Ces instruments étaient déjà connus. Comme pour le cohéreur et le reste, il a suffi de les adapter à l'objet que l'on avait en vue. La télégraphie sans fil n'emploie, en définitive, aucun appareil spécialement inventé pour ses besoins. On voit ainsi combien la question était mûre et venait à son heure. Marconi a le rare mérite, non d'y avoir songé le premier, mais d'en avoir le premier réuni les éléments utiles. En ce qui concerne les transformateurs, il a su montrer encore tout le parti que l'on pouvait en tirer, but poursuivi par d'autres sans grand succès. Même dans la transmission dite : à étincelle directe », nous l'avons vu, les mouvements électriques

subissent une longue série de transformations ayant pour but d'en augmenter la tension et la fréquence.

L'antenne vibre alors suivant un régime qui dépend de la capacité, de la self et de la résistance du circuit dont elle fait partie. Comme on ne possède pas encore la méthode permettant de modifier avec certitude les conditions de ce régime, ce qui aurait pour résultat d'obtenir l'effet maximum, on se contente d'augmenter la hauteur et la forme de l'antenne. Même avec la méthode en question, la syntonisation ne serait pas acquise. On ne réussirait qu'à reculer les distances entre les limites desquelles une bonne communication serait possible. On n'a pas fait autre chose jusqu'à ce jour, en utilisant les dispositifs Tesla, Oudin et d'Arsonval. Ces dispositifs ont permis à une antenne donnée de lancer dans l'espace l'onde d'intensité maximum qui lui est propre. Il est sûr que le poste capable d'émettre pareille vague éthérée, sera le seul aussi à même de franchir la plus grande distance, quel que soit l'arrangement du poste récepteur. Mais si ce dernier poste parvient à amplifier les mouvements électriques très affaiblis que recueille son antenne, la distance franchie deviendra plus considérable encore et, dans des stations intermédiaires suffisamment éloignées de l'antenne radiatrice, on ne se doutera pas que des ondes traversant l'espace vont, à quelque cent ou deux cents kilomètres plus loin, actionner un cohéreur mieux outillé. Encore un coup il n'y a pas là de syntonisation nette ; ce n'est qu'une simple amplification plus ou moins accordée, qui a ses avantages et ses inconvénients

Transformateurs d'émission. — Les figures 8, 9 et 10 représentent les schémas des dispositifs employés par les trois inventeurs étrangers le plus en vue : Marconi, Braun et Slaby. Ils dérivent, ainsi que nous l'avons dit, des dispositifs Oudin, d'Arsonval et Tesla appliqués dans d'autres branches de la science électrique.

Nous ne pouvons ici détailler les arrangements ni rendre compte de ce qui se produit dans chaque cas. Le traité de télégraphie sans fil du colonel Boulanger et du capitaine Ferrié déjà cité, examine avec soin les effets obtenus. Nous nous bornerons à donner quelques indications générales.

Dans le dispositif Braun dont nous n'avons pas étudié *de visu* le fonctionnement (celui du dispositif Slaby non plus, d'ailleurs),

— 41 —

terre et antenne sont remplacées par deux capacités reliées entre elles d'un côté par l'oscillateur, de l'autre par le fil primaire d'un transformateur. Les oscillations prenant naissance dans un circuit fermé où les conditions d'établissement du régime paraissent peu varier, ne changerait pas ou changerait peu de période. Toutefois, comme il nous a semblé que l'air interposé entre les boules de l'oscillateur jouait un rôle assez important, nous nous permettrons de douter encore de ce que l'on a annoncé à son sujet et au sujet des dispositifs suivants. L'étincelle, en dehors des particules métalliques ou gazeuses qu'elle entraîne, et les modifications qu'elle subit par suite de l'humidité ou de la plus ou moins grande propreté de l'atmosphère, modifie peut-être l'état moléculaire de l'air, en accroît ou en diminue la conductibilité, d'où nouvelle source de variation. Des actions de cette espèce doivent s'exercer aussi dans les condensateurs, les bobines, les fils de liaison, etc. On ne peut donc rechercher et obtenir qu'une certaine approximation. Les oscillations

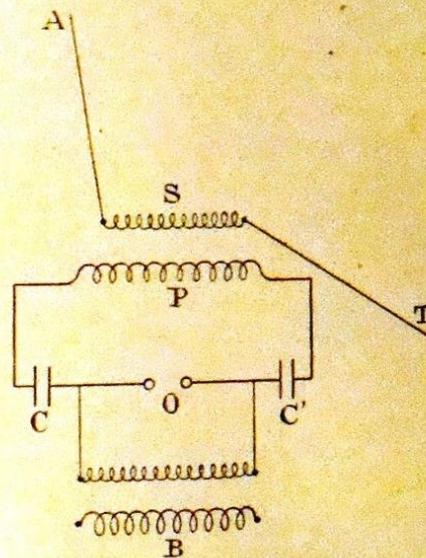


Fig. 8. — Dispositif Braun.

B, bobine de Ruhmkorff; O, oscillateur; C, C', capacités; P, primaire du transformateur; S, secondaire du transformateur; T, terre.

d'amplitude et de fréquence données qui naissent dans le circuit se transforment dans les spires du secondaire S. Leurs propriétés changent. En tout cas on se rend compte qu'en faisant varier les capacités C et C', on parvient à modifier dans de grandes propor-

— 42 —

tions les longueurs d'ondes dont voici la formule donnée par sir W. Thomson :

$$T = \frac{2\pi}{\sqrt{\frac{1}{CL} - \frac{R^2}{4L}}}$$

ou plus simplement en négligeant la résistance du circuit

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

où T représente la durée de l'oscillation.

Il paraît que M. Braun avait pour but, en imaginant son dispositif, de réduire l'amortissement des oscillations et d'aug-

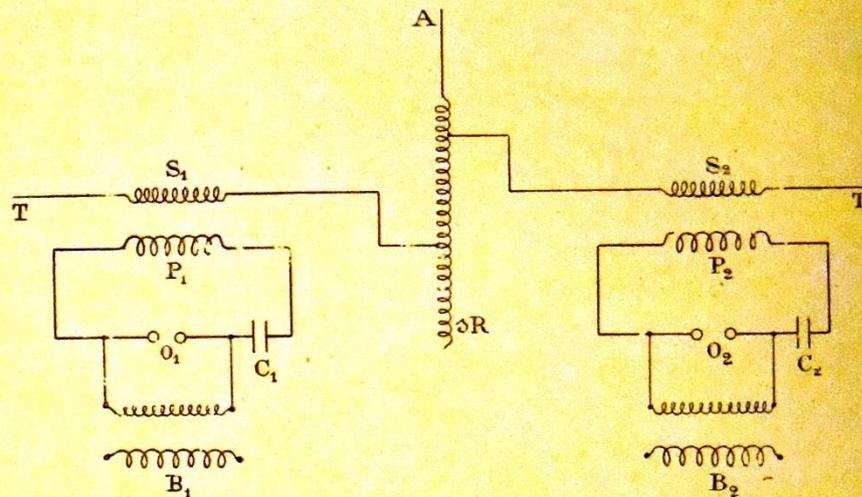


Fig. 9. — Dispositif Marconi (Transmission de deux dépêches sur une même antenne.)
 B₁, B₂, Bobines de Ruhmkorff; O₁, O₂, oscillateurs; C₁, C₂, condensateurs de capacité différente; P₁, P₂, primaires de transformateurs différents; S₁, S₂, secondaires de ces transformateurs; A, antenne prolongée par une self-induction réglable; T, terre.

menter leur longueur. Si ce dernier point a été acquis, nous ne voyons pas comment l'autre a pu être obtenu. Il est présumable que l'amortissement des ondes provient surtout de la nature du milieu ambiant, lequel reste le même dans tous les cas. Nous ne savons rien des résultats pratiques que le dispositif a permis de réaliser.

Marconi, pour assurer les communications entre la Corse et la France en 1901, a mis en ligne l'arrangement représenté par la figure 9. Comme il ne s'agissait alors que de transmettre un message à la fois, l'opérateur employait séparément l'un des deux transformateurs figurés. Ils diffèrent peu de celui de l'inventeur allemand.

Un seul condensateur est intercalé dans le circuit. Ici encore, la période des oscillations subit une variation minimum. Voici ce que nous avons remarqué au cours du fonctionnement de ce transformateur : étincelle courte, nourrie, brillante et claquante, très régulière, indices sûrs d'oscillations nettes et énergiques; leur haute fréquence rendait sans danger l'attouchement de l'antenne. Marconi serait parvenu à transmettre en même temps par une seule antenne, deux télégrammes distincts qu'une seule antenne, aussi simultanément, aurait recueillis et distribués à deux récepteurs. Nous le croyons sans peine, mais il n'y avait pas de syntonisation proprement dite : chaque récepteur pouvait indistinctement enregistrer l'un ou l'autre de ces télégrammes ou tous les deux à la fois. Il suffisait, par exemple, de modifier, la sensibilité du cohéreur; l'énergie

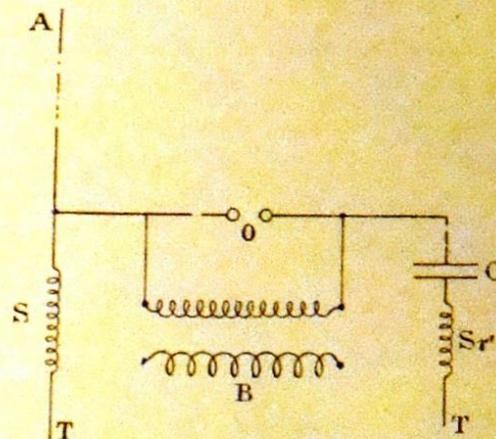


Fig. 10. — Dispositif Slaby.

C, SK et SR, condensateur et bobines de self-induction réglable.

des ondulations entrant ainsi seule en compte. Un pas énorme était fait cependant. On démontrait la possibilité de différencier suffisamment deux ondes, bien que l'on employât pour leur formation une antenne commune.

Le dispositif Slaby (fig. 10) ne développe pas de courants de Tesla. L'opérateur a cherché à produire une oscillation principale de

— 44 —

période bien déterminée. Nous ignorons les effets observés, mais tout porte à croire qu'ils ont donné satisfaction. Avec le dispositif de la figure 4, imaginé dans le but d'avoir une sorte de réservoir à l'oscillateur, il se forme dans le circuit BKO, ou pour mieux dire, dans le condensateur K, des oscillations puissantes capables, par l'intermédiaire de l'antenne isolée, laissée à une distance de 1 ou de 2 mètres, de se propager au loin. Nous avons pu ainsi, à 12 kilomètres, entre Libreville et Denis, échanger des télégrammes. Au poste récepteur aussi, l'antenne était détachée des appareils. Il ne faut pas perdre de vue que dans ces deux postes, des tôles ondulées constituaient la toiture. Cette disposition n'était peut-être pas étrangère aux faits constatés. Quoi qu'il en soit, en enroulant l'extrémité inférieure de l'antenne autour du condensateur, nous obtenions une transmission excellente. On pouvait sans danger toucher l'antenne radiatrice. Ce dispositif présente donc les mêmes avantages que ceux décrits précédemment.

Transformateurs de réception. — A chacun de ces arrangements particuliers à la transmission, correspond dans la réception un dispositif spécial. M. Braun n'a pas publié de renseignements sur celui dont il s'est servi, et au moyen duquel, paraît-il, il aurait reçu

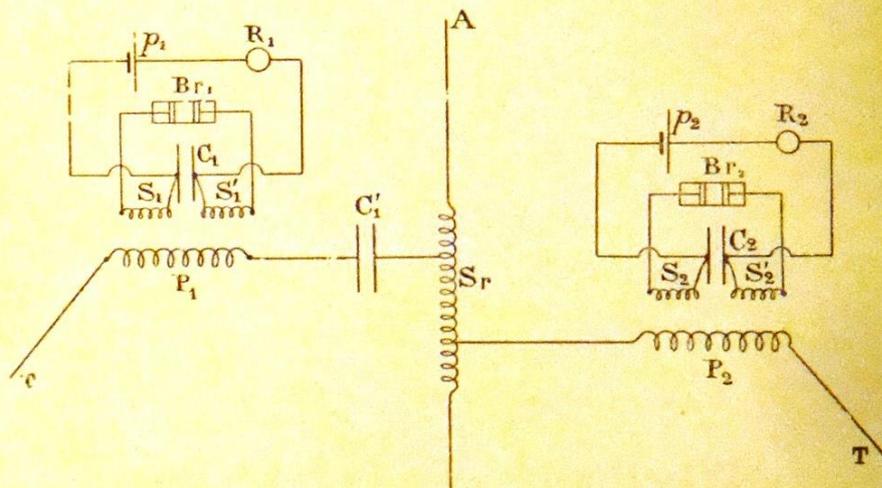


Fig. 11. — Dispositif Marconi.

simultanément deux télégrammes par l'intermédiaire d'une même antenne.

La figure 11 montre le montage du poste qui a permis à M. Mar-

coni d'enregistrer les deux télégrammes transmis comme il a été dit ci-dessus.

Nous avons indiqué en quelques mots comment les choses pouvaient se passer. L'examen du dispositif de réception corrobore ces premières vues. Le condensateur C'1 et la bobine de self de l'antenne S_r qui ont, il est vrai, un certain effet sélectif, paraissent produire aussi un affaiblissement des ondes recueillies. L'onde courte ainsi diminuée parvient au primaire P1 du transformateur et y subit une modification qui élève sa tension au détriment de son intensité. Il n'en faut pas davantage pour qu'elle influence le

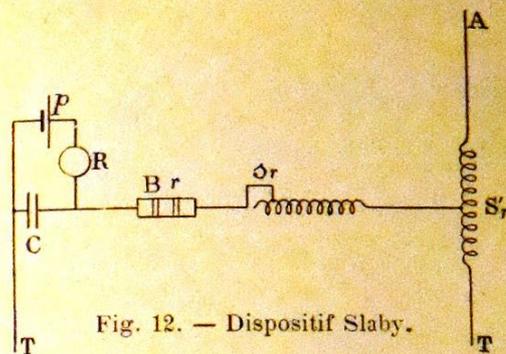


Fig. 12. — Dispositif Slaby.

cohéreur Br. L'autre onde, plus longue, que le condensateur arrête en partie, produit tout son effet sur le cohéreur Br2 en se transformant aussi en S2. Il est certain que chacun de ces transformateurs vibre également sous l'action de l'oscillation destinée à l'autre, mais l'ébranlement, même amplifié, est si minime que le cohéreur ne peut déceler sa présence. Le réglage de pareils instruments doit être délicat et bien précaire. Ceux-ci trouveraient plutôt leur place dans un laboratoire.

La méthode employée par M. Slaby est différente. Elle repose sur le principe de la résonance multiple d'après lequel une antenne plongée dans un champ électromagnétique hertzien devient le siège d'oscillation indépendantes de longueur d'onde égale à 4 fois la hauteur de l'antenne.

Un ventre de tension s'établit au sommet et un nœud au point de contact avec la terre. Tout fil relié à l'antenne près du sol fera partie intégrante du système qui vibrera de façon telle qu'un ventre de tension sera formé aux deux extrémités libres. Un réglage convenable des bobines de self S_r et S_r' donnera un effet

— 46 —

maximum. C'est par un procédé à peu près analogue que nous avons réussi lors des expériences effectuées sur l'avis « Alcyon », à doubler presque la distance de réception. A 22 kilomètres, avec le montage ordinaire de notre poste mobile, le cohéreur restait sourd aux excitations envoyées de Denis; en y ajoutant le conden-

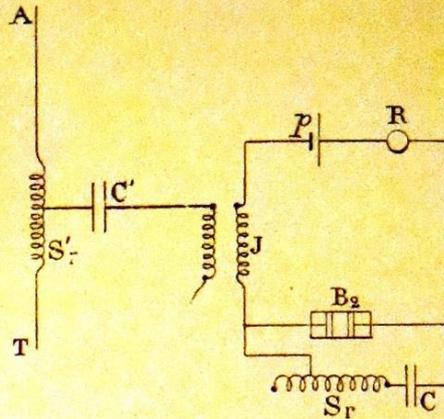


Fig. 13. — J, transformateur-amplificateur; S_2C , dispositif antiparasitaire; S_r , bobine de self également réglable.

sateur C' et la bobine de self S_r , nous parvenions à recevoir correctement à 15 kilomètres plus loin.

L'arrangement était trop compliqué par suite de la présence d'un dispositif antiparasitaire et d'un transformateur-amplificateur, pour que nous ayons pu, durant les quelques heures qu'ont duré les essais, reconnaître à quoi il fallait attribuer l'augmentation de sensibilité constatée. Nous pensons qu'elle entrerait dans la catégorie de celle que provoque le dispositif Slaby. Nous reviendrons sur ce sujet dans la 2^e partie de ce rapport.

Expériences faites. — C'est avec les instruments auxquels s'appliquent les quelques détails qui précèdent, que les premiers essais ont eu lieu. Ils ont duré de décembre 1901 à mai 1902, période essentiellement pluvieuse et orageuse. Il suffit de parcourir le tableau ci-contre pour se rendre compte de la quantité d'eau tombée et du nombre d'orages ayant éclaté sur les lieux ou aux environs immédiats. On peut dire qu'à cette époque le tonnerre gronde sans cesse. Sur 178 journées de 24 heures, il en a été relevé 152 d'orageuses. L'atmosphère atteint presque le point de saturation de vapeur d'eau, et la température moyenne oscille entre 20°,6 et 30°,5. Ces conditions

climatériques sont peut-être exceptionnellement mauvaises et peu de localités en présentent d'aussi défavorables, mais il a mieux valu opérer au milieu de pareilles difficultés que courir le risque de tirer des conclusions optimistes d'expériences faites dans des contrées plus propices. Nous ne pouvons mieux commencer l'exposé de nos essais qu'en reproduisant un passage du compte rendu succinct envoyé de Libreville en mars dernier.

Considérations générales sur l'électricité atmosphérique.

« Il fallait s'attendre à rencontrer sous l'équateur, disions-nous, des phénomènes électriques variés d'une puissante intensité. Les prévisions cependant bien pessimistes étaient au-dessous de la réalité. Depuis décembre, mois dans le courant duquel les instruments ont été mis en place, il s'est présenté peu de jours sans que l'on ait eu à enregistrer des décharges, des vibrations atmosphériques. Ces perturbations prennent une importance considérable, au point de laisser croire que le récepteur transcrit des signaux envoyés de toutes les parties de l'horizon. La bande « Morse » qui déroule se couvre de points et de traits ininterrompus. Les mouvements de l'atmosphère qu'elle imprime ainsi font songer aux troubles qui suivent les fortes agitations d'une nappe liquide. En décembre, janvier et février leur intensité a paru faible. Trois à quatre mètres de hauteur d'antenne en moins les éliminaient pour la plupart; à 10 mètres, le conducteur métallique en recevait fort peu. Ils semblaient alors obéir à la règle suivante : maximum dans la nuit et le matin jusqu'à 7 heures; diminution progressive et rapide jusqu'à 9 heures; calme entre 9 heures du matin et 2 heures de l'après-midi; nouvelle apparition vers 2 et 3 heures, puis prompt augmentation graduelle jusqu'au soir.

« Les choses ne se passent pas ainsi présentement. D'abord le nombre de vibrations naturelles a diminué, mais leur force a augmenté. On les combat difficilement. Une antenne de quelques mètres de hauteur en recueille encore beaucoup et la toiture du poste, placée seule au cohéreur, actionne aussi ce sensible instrument. L'ensemble de ces constatations autorise à supposer que les perturbations dont il s'agit sont uniquement produites par les orages.

« Les éclairs qui éclatent entre deux nuages ou entre un nuage

Relevé général de l'état atmosphérique constaté pendant
(Latitude : 0°23'N.)

DÉSIGNATION DES MOIS.	TEMPÉRATURE MOYENNE du mois			MOYENNE de l'ÉTAT hygrométrique.		ÉTAT DU CIEL			VENTS					
	Minimum.	Maximum.	Moyenne.	Matin.	Soir.	NOMBRE DE JOURS			MATIN		SOIR			
						Légerement nuageux.	Nuageux.	Très nuageux.	Direction générale.	Vitesse moyenne.	Direction générale.	Vitesse moyenne.		
Novembre 1901 (1)..... 13 derniers jours.	18°,7	29°,4	23°,9	93	83	2	10	1	sud-ouest.	1	ouest.	2		
Décembre 1901 (2).....	19,4	29,9	24,7	90	81	14	14	3	Id.	1	Id.	2		
Janvier 1902 (3).....	20	30,3	25,4	89	76	3	27	1	Id.	1	Id.	2		
Février 1902 (4)..... 28 jours.	21,7	31	26,3	88	75	1	26	1	Id.	1	Id.	2		
Mars 1902..... 29 jours. Interruption de deux jours due à une maladie de l'agent chargé des obser- vations.	22,3	31,1	26,7	89	81	2	23	4	Id.	1	variable ouest et sud- ouest.	2		
Avril 1902 (5).....	21,3	31,3	26,3	92	87	18	10	2	variable ouest et sud- ouest.	1	Id.	2		
Mai 1902 (6)..... 13 premiers jours.	21,4	31,1	26,1	93	94	8	5	»	sud- ouest et ouest.	1	sud- ouest et ouest.	2		
Pour la durée des opérations.	Totaux (7)...			»	»	»	»	»	»	»	»	»		
	Moyennes (8)			20°,6	30°,5	25°,5	90	82	»	»	»	sud- ouest.	1	ouest.

(1) 12 jours d'observations pour les orages. On n'a noté, pour ce mois comme pour les suivants, les orages éloignés que dans les journées et les nuits où le calme régnait à Libreville. Souvent le tonnerre grondait des journées et des nuits entières autour de la localité.

(2) Perturbations électromagnétiques observées pendant 23 journées.

(3) 25 jours. Perturbations électromagnétiques.

(4) 29 Id.

(5) 29 Id.

(6) 15 jours. Observations pour les orages. 3 journées d'observations électromagnétiques.

(7) Observations météorologiques ordinaires fournies par le bureau local : 175 journées.

(8) Observations des météores orageux : 178 journées. — Observations des perturbations électromagnétiques : 136 journées.

la durée des opérations, à Libreville (Congo français.)
Longitude de Paris : 7°, 6' E.)

PLUIE			ORAGES						INTENSITÉ DES PERTURBATIONS ÉLECTROMAGNÉTIQUES									
NOMBRE de jours pluvieux.	HAUTEUR MAXIMUM pour une journée en m/m.	HAUTEUR TOTALE pour le mois en m/m.	NOMBRE d'orages locaux de jour.		NOMBRE d'orages locaux de nuit.		ORAGES plus ou moins rapprochés mais nettement perceptibles.		NOMBRE DE JOURS D'INTENSITÉ									
			Matin.	Après-midi.	Avant minuit.	Après minuit.	Nombre de jours orageux.	Nombre de nuits orageuses.	nulle.		faible.		forte.		très forte.			
										matin.	soir.	matin.	soir.	matin.	soir.	matin.	soir.	
8	62	183,9	»	»	1	4	»	3	»	»	»	»	»	»	»	»	»	
11	50	224,4	1	»	5	5	2	12	3	5	8	6	6	7	6	5	5	
14	174	404,1	»	»	»	11	4	10	»	»	9	13	5	7	11	5	5	
8	137	261,4	»	6	1	1	8	10	2	»	9	11	9	3	5	11	11	
15	64	249,5	1	7	3	»	10	7	»	»	12	45	9	9	40	7	7	
15	139	278,7	2	3	»	2	16	3	»	»	19	17	8	6	2	6	6	
10	197	321,5	1	3	1	»	8	1	»	»	3	1	»	»	»	2	2	
81	197	1923,2	5	19	11	32	83	46	5	5	60	63	37	32	34	36	36	
»	»	»	132						»	»	»	»	»	»	»	»	»	»

Calme : 5 jours. Faibles perturbations : 2 mois.

Fortes perturbations : 1 mois.

Très fortes perturbations : 1 mois.

et la terre ébranlent le milieu éthéré de la même manière que l'étincelle de nos excitateurs, mais avec une force autrement considérable. L'ébranlement se propage et tout corps conducteur placé sur le passage des ondes en arrête une partie et devient le siège d'oscillations de même nature. Comme l'intensité diminue proportionnellement au carré de la distance, les conducteurs rapprochés reçoivent les vibrations avec leur énergie initiale et celles-ci ne parviennent aux conducteurs plus éloignés que fort amoindries. On voit ce qui se passe : les orages qui paraissent se former de préférence dans les régions où le soleil répand des rayons perpendiculaires éclatent, lorsque la tension électrique des nuages a atteint sa plus grande force, vers le milieu du jour; poussés par des courants d'air ils s'éloignent du lieu de leur formation, englobent d'autres nuages électrisés, et la pluie et les éclairs continuent à se produire de proche en proche jusqu'à une heure avancée de la nuit et parfois jusqu'au matin.

« A Libreville, en novembre, décembre, janvier et février, ces météores ne se montrent que de 10 heures du soir à 6 heures du matin. Ce fait explique que, partant de fort loin, les ondulations électro-magnétiques y arrivent affaiblies dans la journée, avec un maximum le soir, dans la nuit, maximum subordonné au point de départ et à la marche de l'orage, et un minimum entre 9 heures et 2 heures.

« Présentement, l'équinoxe du printemps approchant, les après-midi sont souvent orageux. Depuis le 1^{er} mars plusieurs orages se sont produits avec violence en plein jour à partir de 1 heure. Les appareils n'ayant, même à 11 heures du matin, enregistré que fort peu de décharges atmosphériques, il est hors de doute que l'électrisation des nuages a eu lieu dans la région et que les éclairs ont éclaté au moment de la plus forte chaleur. Il s'ensuit que les matinées actuelles sont généralement calmes et les soirées fort troublées. On suivra de près, jusqu'au bout, les manifestations particulières de l'atmosphère dont la complexité est connue de tous les observateurs. »

Il a été émis bien des théories pour expliquer la présence de quantités considérables d'électricité dans l'atmosphère, mais aucune ne répond à toutes les conditions du phénomène. La question peut se diviser en trois parties, savoir : 1^o d'où vient l'électricité ? 2^o comment s'opère sa condensation dans l'air et les nuages ?

3^e de quelle façon en disparaît-elle ? Il est sûr que si notre globe avait acquis une fois pour toutes sa charge électrique, celle-ci n'existerait plus à l'heure actuelle parce qu'elle se serait peu à peu transformée en chaleur, lumière et autres mouvements.

Dans l'état présent de la science on peut simplement supposer que la terre récupère les forces électriques qui se dissipent constamment. Cette énergie trouve probablement sa source dans tous les mouvements propres à notre planète, dans ceux des astres voisins et aussi dans toutes les actions chimiques, calorifiques et autres, qui font de l'univers comme un immense creuset. Il sera toujours difficile de discerner laquelle de ces causes est prépondérante.

On a constaté que la surface terrestre est électrisée négativement et qu'il existe entre elle et les couches d'air une différence de potentiel assez élevée qui s'accroît avec la hauteur. On l'aurait évaluée différemment suivant les points considérés et la saison de l'année. En Europe, elle serait de 80 volts en été et de 500 en hiver par mètre au-dessus de la surface du sol. Les opérations n'ont pas été suivies assez longtemps pour qu'il soit possible d'assigner un chiffre moyen à la différence de potentiel. A Ceylan, elle a été trouvée de 57 volts en janvier et février ; à Louxor, de 128 volts pour le mois de mars. Etant donné le peu d'observations faites, on n'a qu'une idée vague de la charge électrique terrestre. Il y a une variation diurne de la différence de potentiel, mais ici encore il faudrait les observations sur de nombreux points pour en établir la loi. On aurait relevé plusieurs modes de variation diurne. En ce qui concerne la variation annuelle, on possède une donnée générale ferme : en tous lieux cette modification se fait sentir par une élévation de la différence de potentiel en hiver et une diminution en été. Comme il fallait s'y attendre les variations annuelle et diurne prennent des formes différentes et même disparaissent en partie suivant l'altitude du lieu. En définitive, ainsi que cela a lieu pour les vents, les marées, la température, la pression atmosphérique, etc., il existe des causes générales et locales de perturbation qu'il sera bien malaisé de démêler.

D'expériences faites en ballon sur l'initiative de M. Exner, mentionnées dans le rapport que ce savant a présenté au Congrès international de physique de 1900, et où nous avons puisé la plupart de ces renseignements, il résulterait que la charge électrique de la masse terrestre, atmosphère comprise, est en général

négligée. Des différences locales de cet état, même dans l'air sec, ont été relevées.

Notre globe représenterait donc comme un vaste plateau de condensateur. N'en serait-il pas de même pour les autres corps célestes sans en excepter le soleil? Les masses éthérées qui les séparent formeraient l'autre plateau. Une modification quelconque survenant dans ces masses, comme aussi dans chacun des plateaux, aurait son contre-coup ailleurs. Le diélectrique interposé, pour notre globe, serait l'air dont les changements d'état occasionneraient en partie les multiples manifestations que l'on observe. Toutes les hypothèses sont permises. Chacun sait qu'un corps électrisé, aussi bien isolé que possible, perd, au bout d'un temps plus ou moins long, sa charge électrique. On s'est assuré que l'air, même sec, servait d'agent de dispersion; que la vitesse de cette déperdition était indépendante du signe de la charge et présentait un maximum en été et un minimum en hiver. Elle augmente avec l'altitude du lieu. Les inconnues dans ce phénomène sont encore trop nombreuses pour qu'il soit possible de l'éclaircir quelque peu. Il convient seulement de retenir que l'électricité paraît s'écouler plus aisément dans les lieux élevés, et que les montagnes pourraient ainsi jouer le rôle de pointes d'où se répandrait, dans l'atmosphère, la charge électrique terrestre. Pendant notre long séjour à la côte occidentale d'Afrique, nous avons toujours remarqué que les nuages électrisés venaient de l'intérieur des terres. On a constaté le même fait dans le bassin de l'Amazone et alors qu'ici les météores électriques sont rares et peu puissants, ils se produisent là très fréquemment avec une violence peu commune.

Dans le bassin de l'Amazone, à Obidos et au Para, où ont eu lieu les observations, les élévations de terrain sont fort éloignées, tandis qu'au Congo, à la Guinée française, dans toute l'Afrique occidentale, la terre se relève à quelques kilomètres de la côte et constitue un immense bourrelet boisé.

Des renseignements sur ce qui se passe dans d'autres pays, à la côte occidentale de l'Amérique du Sud, par exemple, confirmeraient ou infirmeraient cette manière de voir.

La chaleur, ou mieux une action particulière provenant du soleil, semble présider à la formation des météores orageux. Sans elle rien ne se produit. A la côte occidentale d'Afrique, la marche du soleil d'un tropique à l'autre sépare nettement la saison sèche

durant laquelle la température présente les variations extrêmes, de la saison des pluies qui, avec une humidité très grande de l'atmosphère, garde une température à peu près constante. On peut dire que le passage du soleil au zénith d'un lieu y provoque l'éclosion des orages. Il aurait donc pour effet d'accumuler dans l'air, sur les montagnes ou aux environs de celles-ci, de grosses quantités d'électricité, lesquelles condensées et véhiculées par les nuages, donneraient naissance à la foudre et autres manifestations orageuses. Encore un nouveau fait à noter, c'est que sans nuages il ne se produit pas d'éclairs. Dans un ciel pur, bien que parfois la différence de potentiel y soit considérable, aucun effet de ce genre n'a jamais été relevé. La densité électrique n'y est pas suffisante et c'est cette densité dont les nuages facilitent la formation. Les nuages fortement électrisés sont généralement des nimbus opaques peu élevés au-dessus du sol. Il est hors de doute que la vapeur d'eau joue aussi un rôle considérable dans la genèse des orages. Mais pourquoi cette vapeur d'eau ne produit-elle pas un effet identique hiver comme été? Il y a là, selon nous, un point obscur important.

Ce n'est pas le seul : on en trouve aussi dans le mode de disparition des quantités d'électricité accumulées dans les régions supérieures de l'atmosphère. Les nuages, ici encore, doivent jouer le rôle principal. La pluie, la neige, la grêle entraînent sans nul doute vers le sol l'électricité condensée à la surface des nébulosités aqueuses. Sous ses différentes formes, la vapeur d'eau servirait donc d'agent de propagation et de dispersion. Pendant les fortes chaleurs de l'été, les éclairs qui éclatent de toutes parts représentent les mouvements violents du phénomène. Les orages, d'ordinaire, ne se produisent qu'après une certaine sécheresse, c'est-à-dire à un moment d'accumulation maxima d'électricité, et ils disparaissent des lieux où la pluie continue à tomber abondamment. Dans ce dernier cas l'équilibre a été rétabli par l'eau descendue sur le sol. Ainsi, au cours de l'année dernière, l'été ayant été pluvieux dans le bassin de la Seine, le tonnerre ne s'y est fait guère entendre.

Placé dans un champ électro-magnétique, sujet à des changements sans nombre, il serait surprenant qu'un cohéreur gardât le calme désirable. Dès qu'un nuage fortement électrisé passe au-dessus de l'antenne, celle-ci se charge et le mouvement brusque

provoque l'inscription d'un point sur la bande « Morse »; que le nuage s'éloigne rapidement, et un nouveau point apparaît; il en est de même si un autre nuage croise le premier.

On constate un effet identique lorsque, sur les lieux ou aux environs, une nébulosité subissant une forte condensation se transforme en pluie. On voit combien les mouvements divers dans les pays chauds et humides peuvent causer de troubles. Il n'y avait là cependant, au Congo, que des manifestations secondaires que dominaient, au point de les rendre inappréciables, de violents et nombreux coups de foudre : ceux-ci couvraient tout. Le mécanisme du phénomène s'explique par ce que l'on connaît de la façon dont agit l'électricité : le champ terrestre tend vers l'équilibre, mais n'y parvient jamais; un grand nombre de mouvements connus entraînent cette action et il doit en exister d'autres qui échappent à nos connaissances. Les corps plongés dans le champ prennent ainsi des potentiels différents qui donnent naissance tantôt à des courants, tantôt à des décharges disruptives. Les premiers, par exemple, peuvent se produire entre deux points de la terre, entre le sol et un nuage ou encore entre deux nuages lorsque le milieu interposé devient conducteur. Mais si ce milieu conserve une grande puissance d'isolement, l'équilibre s'établit au travers du diélectrique. Il y a dans ce cas production d'éclairs et ébranlement de l'éther ambiant : lumière et oscillations électriques. Ce sont celles-ci qui agissent sur le cohéreur à la façon, nous l'avons déjà mentionné, des vibrations dues à l'étincelle de l'oscillateur. Il est sûrement difficile de déterminer chacun de ces multiples mouvements comparables à l'agitation des mers provenant, elle aussi, de causes sans nombre.

Il serait, semble-t-il, téméraire de chercher à fixer la classification de pareils phénomènes.

Nous nous bornerons à répéter qu'ils trouvent leur origine dans les modifications du champ électro-magnétique terrestre se répétant à l'infini, et qu'ils ont de la sorte même source et mêmes effets que les mouvements provoqués par nos machines.

Leur grande fréquence au Congo rendait impossible, au début, la lecture des signaux « Morse ». Ils se traduisaient sur la bande par l'inscription de points et de traits. Nous avons remarqué que les premiers sont dus aux phénomènes ne produisant pas d'oscillations ou bien à des vibrations ayant un foyer lointain, de telle

sorte que l'onde principale seule manifeste son passage; les ondes secondaires ne possèdent pas l'amplitude propre à déceler leur présence. Les traits proviennent d'oscillations dont le centre est relativement rapproché; onde principale et ondes secondaires agissent sur le tube à limaille. L'amortissement de ces ébranlements, dans tous les cas, paraît considérable.

Il fallut, avant toute chose, chercher le procédé capable d'enrayer ou d'atténuer le fâcheux effet des troubles atmosphériques. Où la solution se trouverait-elle? En éliminant les ondes naturelles ne détruirait-on pas également les vibrations utiles? De fait, quoi que nous ayons tenté, un travail quelque peu régulier n'a été obtenu qu'en affaiblissant l'énergie de la transmission.

Dès le premier jour on essaya d'utiliser des cohéreurs de sensibilité réduite susceptibles de répondre aux excitations artificielles tout en restant sourds aux perturbations de l'atmosphère. En raison des variations de l'étincelle qui donne ainsi des ondes d'amplitude différente, il se produisait des arrêts plus gênants encore que la sursensibilisation sans que les parasites fussent annihilés, loin de là. D'ailleurs, on le sait, le cohéreur sous les tropiques devient irrégulier, fantasque, par suite probablement de l'état électrique de l'atmosphère; fonctionnant bien le matin, il donne de mauvais résultats l'après-midi. Dans de semblables conditions, l'instrument répondant aux desiderata du problème restait introuvable.

Une observation nous montra bientôt qu'une antenne courte recueillait beaucoup moins d'ondes naturelles. On laissa alors à l'antenne transmettrice sa hauteur ordinaire, 24 mètres, et l'on diminua le fil quadruple récepteur de 10 ou 12 mètres. L'amélioration devint sensible, mais insuffisante. Souvent encore les parasites rendaient pénible l'échange des signaux. L'amélioration s'accrut par la suppression de la terre et son remplacement par une capacité quelconque. Cette suppression nous avait été indiquée par ce fait que, même sans antenne, un cohéreur relié à la terre subissait l'influence de coups de foudre rapprochés.

Les arrangements dont il s'agit étaient surtout efficaces lorsque les troubles provenaient de manifestations électriques lointaines. Cela se conçoit : la transmission du poste correspondant était bien enregistrée, tandis que les vibrations naturelles affaiblies devenaient sans action sur un cohéreur non relié à la terre et placé au bout d'une antenne peu élevée. Il ne s'agit ici que d'expériences faites

sans transformateur tant à la transmission qu'à la réception. Le résultat acquis ne pouvait suffire étant donné qu'il aurait fallu renoncer aux communications à longue distance, celles-ci exigeant l'emploi d'un fil collecteur de grande hauteur. On se trouvait ainsi dans l'obligation de chercher une modification des dispositifs utilisés donnant au système un maximum de sensibilité pour une onde de longueur déterminée et la plus grande inertie à l'égard des perturbations étrangères.

L'antenne réceptrice, en vertu du phénomène particulier connu sous le nom de résonance multiple, vibre avec plus de force sous l'action de celle des ondes émises par le circuit transmetteur, qui répond le mieux à la nature de sa self-induction et de sa capacité. En faisant varier l'une ou l'autre de ces propriétés, ou les deux à la fois, on doit parvenir à produire l'effet maximum envisagé.

Nous avons été conduit par cette considération à placer entre les bornes du cohéreur une capacité et une self-induction réglable dont l'effet sélectif est remarquable, et à cet arrangement nous

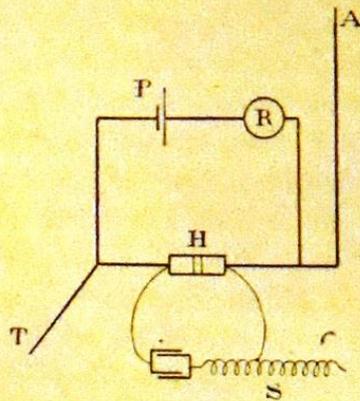


Fig. 14.

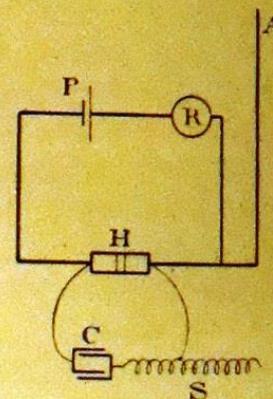


Fig. 15.

P, pile; R, relais; A, antenne; H, cohéreur; T, terre; C, condensateur;
S, bobine de self-induction.

avons donné le nom de dispositif anti-parasitaire. Il nous a permis de correspondre chaque jour entre Libreville et Denis, quel que fût l'état de l'atmosphère au point de vue électrique. La netteté de la réception était évidemment encore subordonnée à l'intensité des

— 57 —

parasites. On remarquait, en effet, qu'un foyer d'oscillations peu éloigné conservait une grande action sur le cohéreur.
En recherchant dans ce cas l'élimination complète des troubles, on détruisait presque les ondes transmises par le poste correspon-

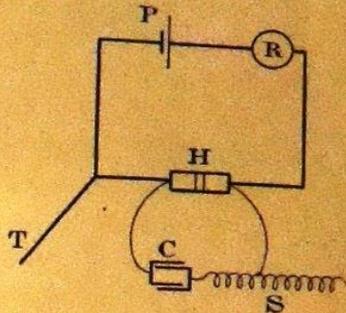


Fig. 16.

dant. Le tube à limaille, muni du dispositif, vibrait parfois, qu'il fit partie du circuit antenne-terre ou qu'il terminât soit l'antenne, soit la terre (fig. 14, 15, 16).

La dérivation CS parvenait simplement à transformer en points les longs traits produits par les coups de foudre. Ce fait semblerait confirmer que les coups de foudre sont toujours instantanés; que les ondes dont ils provoquent la formation ont un amortissement très accentué et que celles-ci ne diffèrent les unes des autres que par leur amplitude dépendant elle-même de l'énergie de la décharge. Si le train d'ondes était formé de forts mouvements vibratoires successifs, le cohéreur dérivé serait influencé de la même manière qu'un tube seul, c'est-à-dire que, dans tous les cas, un violent coup de foudre rapproché produirait un trait.

Voici ce que l'adaptation du dispositif semble déterminer :

L'onde conduite par l'antenne à l'une des bornes du cohéreur (fig. 14) trouve deux voies diverses : l'une, traversant la limaille; l'autre, la bobine de self et le condensateur. La self-induction ayant pour effet, sous l'action de l'onde, d'obstruer la voie, cette onde, légèrement affaiblie si les spires de fil embobiné sont nombreuses, passera par le tube. L'intensité du mouvement dans le tube restera subordonnée au nombre de spires comprises dans le circuit. Comme dans tout mouvement électrique, plusieurs

— 66 —

le placer en série sur le circuit cohéreur-relais comme dans les figures 17, 18, où le potentiel le moins élevé se trouve à l'une des bornes du cohéreur reliée à la terre ou isolée.

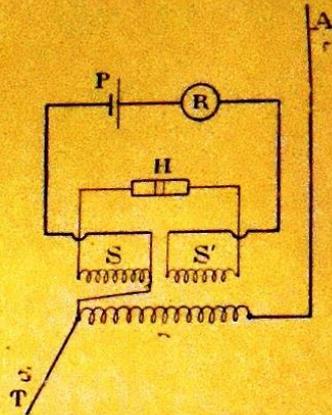


Fig. 25.

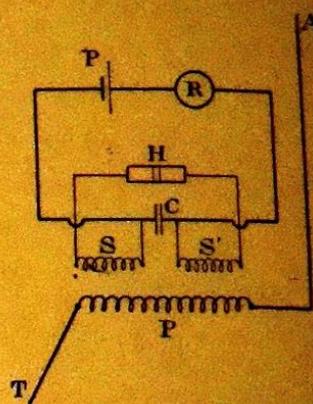


Fig. 26.

L'arrangement selon les figures 25 et 26 donne de beaucoup les meilleurs résultats.

C'est avec un transformateur de ce genre que l'on parvient à communiquer à 300 et même 400 kilomètres alors que sans son emploi, toutes choses restant d'ailleurs égales (étincelle de 0^m,03 environ fournie par 150 watts; antenne d'une cinquantaine de mètres), la distance franchie ne dépasserait pas le tiers du chiffre indiqué, soit 100 kilomètres. Le capitaine Ferrié, à qui revient l'idée première de l'arrangement figure 25, a constaté qu'en reliant la borne de terre à l'extrémité du secondaire S, opposée au cohéreur, les ondes recevaient encore un accroissement d'intensité.

Nous avons fait remarquer plus haut qu'en plaçant à la terre l'une des extrémités du primaire, le jigger mis en série rendait le cohéreur sourd aux appels du poste correspondant. On percevait nettement les signaux si cette extrémité restait libre (fig. 18).

Ce résultat, contraire aux constatations de la plupart des expérimentateurs, ne pouvait être dû, semble-t-il, qu'à une action perturbatrice. Le toit du poste encore ici ne serait-il pas en cause? On peut supposer que le toit et l'antenne formaient un collecteur unique avec point de contact aux plaques de terre enfouies et que, dans ces conditions, il s'établissait au primaire du jigger un nœud ou un point de faible intensité. Les ondes induites du secondaire

ne possédaient, dans aucun cas, l'énergie nécessaire à la modification des propriétés du tube à limaille. En prévision d'expériences entre deux lieux plus éloignés l'un de l'autre, nous n'avons pas examiné d'une façon bien approfondie ces faits comportant d'ailleurs une grosse part d'inconnues.

Expériences sur l'avisé « l'Alcyon ». — Désireux de nous rendre compte de la sensibilité et de la puissance des instruments utilisés, de la manière dont ils se comporteraient à bord d'un navire, du temps qu'exigerait une installation faite à la hâte, nous avons mis à profit l'offre de M. Mortenol, lieutenant de vaisseau, commandant la station locale, concernant le transférement sur l'avisé à roues *l'Alcyon* du poste de télégraphie sans fil de Libreville. Le départ très prochain de cet officier de marine ne permit pas de procéder aux recherches de longue durée qui auraient été nécessaires; de plus, le peu de hauteur des mâts obligeait à n'utiliser qu'une antenne de 17 mètres. Il ne fallait pas espérer franchir des distances considérables. Les opérations pouvaient, du reste, se heurter à des obstacles imprévus qu'il serait malaisé de tourner. C'est un peu ce qui arriva.

Le panneau supérieur du salon fut reconnu comme l'endroit le plus propice pour recevoir les appareils; mais, situé sur un point insuffisamment à l'abri de la pluie et du vent, il exposait tout le système à un défaut d'isolement, quelles que fussent les précautions prises. En quelques heures, le 13 avril, les instruments furent transportés à bord et mis en place, antenne et fil de terre compris. Celle-ci était composée de quatre fils réunissant les angles de deux carrés de 3 mètres de diagonale. La plaque de cuivre protégeant le navire assurait la prise de terre. Les photographies ci-jointes font ressortir les dispositions adoptées.

Dès le premier jour, le 14 avril, on constata que le relais et l'interrupteur à mercure ne convenaient pas pour un service sur un point mobile. Le niveau du mercure variant à chacun des mouvements de roulis très prononcé, les étincelles ne partaient pas avec netteté; il se produisait des ratés et aussi des courts-circuits. Quant au relais, son extrême mobilité en rendait la marche irrégulière; des contacts inopportuns provoquaient l'inscription de traits et de points supplémentaires ou bien les contacts que le passage du courant local aurait dû occasionner n'avaient plus lieu.