

Cet article est extrait de l'Annexe Historique de la revue

« LA LIAISON DES TRANSMISSIONS »

N°166 de Juillet/Août 1988

Je ne sais pas cette revue existe toujours, c'était un périodique d'information générale sur les problèmes de Défense Nationale et sur l'évolution technique des transmissions et de l'Electronique Appliquée. Elle publiait également des renseignements sur l'instruction des Réserves.

C'était ou c'est toujours, l'organe d'expression de la Fédération Nationale des Associations de Transmetteurs, de l'Association Nationale des Officiers de Réserve des Transmissions (Loi 1901) et de l'Association des Anciens de la Radio et de l'Electronique.

Les Articles de cette revue peuvent être reproduits, sous réserve de mentionner leur origine. Dans chaque numéro figurait une annexe ou était retracée l'historique des Transmissions. L'article présenté ici est extrait de cette annexe et traite plus particulièrement de la Télégraphie Optique

Je vous en souhaite une bonne lecture

F1DOI / Michel

Les liaisons optiques à l'origine de la télégraphie militaire

SOMMAIRE :

- L'optique au siège de Paris en 1870.
- Les améliorations après la guerre.
- Une deuxième génération d'appareils.
- Une expérimentation dans l'Océan Indien.



ES appareils de télégraphie optique encore en usage dans la marine ne sont plus pour les transmissions de l'armée de terre que des objets de musée. Il faut se rappeler cependant que pendant quarante ans ils ont été le seul moyen permettant de communiquer à grande distance chaque fois qu'il n'était pas possible de disposer de fils télégraphiques, et qu'en particulier, ils ont constitué l'ossature des transmissions au cours de toutes les campagnes coloniales. Il faut savoir aussi que, s'ils nous paraissent rustiques, leur mise au point pour permettre un emploi commode et fiable a nécessité des recherches et des expérimentations auxquelles ont participé des personnalités scientifiques de haut niveau, si bien que l'on peut parler d'un essor de l'optique entre 1870 et 1890 qui s'apparente à ce qu'a été l'essor de la radio entre 1900 et 1918.

L'idée d'avoir recours à des miroirs et à des lentilles pour constituer un faisceau lumineux remonte au début du XIX^e siècle. Les géodésiens utilisent un appareil appelé l'héliotrope, conçu par le grand mathématicien Gauss, qui permet par un jeu de miroirs de renvoyer l'image du soleil dans une direction fixe. La portée n'est limitée que par la courbure de la terre mais il faut que le soleil soit présent. Il a été tenté également de concentrer le rayonnement lumineux d'une source en la plaçant au foyer d'un miroir concave ou d'une lentille, mais le faisceau obtenu est largement ouvert, une partie seulement de l'énergie est envoyée dans la direction souhaitée, et la portée obtenue reste faible.

L'optique au siège de Paris en 1870.

Les premiers appareils de télégraphie optique militaire vont apparaître à la fin de 1870 pour répondre à un besoin apparu au cours du siège de Paris. Il fallait en cas de coupure des fils télégraphiques assurer la continuité des liaisons avec les forts qui ceinturent la capitale. Des signaux optiques pouvaient convenir sous réserve :

— qu'ils soient utilisables en permanence, ce qui écarte toute réalisation faisant appel à la lumière solaire ;

— qu'ils soient lisibles de jour comme de nuit, à la portée la plus grande qu'il était nécessaire de couvrir à l'intérieur du camp retranché, qui est de 20 kilomètres entre le fort du Mont-Valérien et le fort de Nogent ;

— qu'ils soient difficilement captables par l'ennemi, ce qui nécessite des faisceaux très fins éclairant au sol une superficie aussi réduite que possible.

Aucun matériel existant ne correspondait à de telles conditions d'emploi. Monsieur Maurat, professeur de physique au lycée Saint-Louis, a été le premier à avoir eu l'idée d'une solution possible en s'inspirant du fonctionnement des collimateurs qui sont utilisés dans les lunettes astronomiques. Sa mise au point est confiée à une commission présidée par le Lieutenant-Colonel du génie Lausédard et réunissant, outre Monsieur Maurat, plusieurs physiciens ayant une compétence reconnue dans le domaine de l'optique, notamment Monsieur Cornu, professeur à l'Ecole Polytechnique et Monsieur Lissajous, dont le nom a été donné par la suite à un ensemble de courbes qui sont encore étudiées de nos jours. Les appareils sont conçus et réalisés en moins de trois mois dans des ateliers parisiens. Ils sont de deux types :

Une première version (voir figure 1) comporte deux lunettes couplées réunies entre elles de façon que, par construction, leurs axes optiques soient parallèles. Elles sont montées sur un trépied et orientables en azimut et en site. Les objectifs ont un diamètre voisin de 8 centimètres (3 pouces) et les distances focales sont de 80 centimètres. La première lunette sert à la réception et son fonctionnement est classique. La seconde sert à l'émission et présente la particularité que le plan focal de l'objectif est matérialisé par une plaque métallique percée d'un trou de quelques millimètres de diamètre centré sur l'axe optique. La source lumineuse est située à la place de l'oculaire, à l'arrière d'un verre convergent à très courte distance focale qui en donne dans le plan focal de l'objectif une image réelle centrée sur le trou qui perce la plaque. L'énergie envoyée vers le correspondant émane donc d'un objet de superficie très réduite correctement situé dans le plan focal d'émission. Les conditions sont ainsi réunies pour que le faisceau lumineux formé diverge

le moins possible. Il est facile de moduler les signaux sur la base du code morse par le moyen d'une palette qui obstrue ou libère l'orifice dans la plaque, par lequel passe toute la lumière. Cet appareil avec ses deux lunettes parallèles présente toutefois l'inconvénient d'être encombrant et risque d'être difficile à installer sur des plates-formes réduites, par exemple dans le clocher d'une église.

Une deuxième version préconisée par Cornu ne nécessite donc qu'une seule lunette, utilisée alternativement à l'émission et à la réception. La source lumineuse et son verre convergent associé sont déportés latéralement en restant dans le plan focal de l'objectif. Au point où l'axe optique de ce verre convergent coupe à angle droit l'axe optique de la lunette, un prisme à réflexion totale dirige vers l'objectif la lumière émanant de la source. Ce prisme peut s'éclipser, arrêtant l'émission et rétablissant de bout en bout l'axe optique de la lunette qui devient utilisable à la réception. Le déplacement du prisme entre une position émission et une position réception est commandé par un levier auquel est appliquée la manipulation morse. Ce deuxième appareil est plus facile à installer mais son exploitation est moins commode car, en cas de réception défectueuse il faut attendre la fin d'un message pour demander une répétition alors que, avec l'appareil à deux lunettes, le correspondant peut à tout moment demander que soit repassée une lettre mal comprise.

Ces appareils télégraphiques, à une ou deux lunettes, vont sortir d'atelier simultanément et permettre d'établir dans des conditions comparables les liaisons à l'intérieur du camp retranché dont la définition avait provoqué le lancement du programme. Après la guerre, des expérimentations organisées plus à loisir montreront d'ailleurs que ces premiers matériels permettaient d'atteindre une portée de l'ordre de 25 kilomètres. Il était bien évident qu'ils pouvaient être intéressants pour établir d'autres liaisons. En conséquence, le 1^{er} décembre 1870, Monsieur Lissajous et un autre membre de la commission quittent Paris par ballon en emportant quelques appareils partiellement démontés pour occuper moins de place. Des dispositions sont immédiatement prises pour effectuer en province des copies des prototypes amenés de Paris, une école est créée à Bordeaux pour former des exploitants, et des expérimentations sont reprises auxquelles vont participer à nouveau des personnalités connues, notamment le célèbre astronome Le Verrier et un jeune ingénieur de l'administration des télégraphes, Monsieur Baudot, qui donnera plus tard son nom à un appareil télégraphique à grand débit qui sera utilisé pendant un demi-siècle par les P.T.T. pour acheminer les dépêches entre les grandes villes. On avait nourri l'espoir que l'optique permettrait d'établir une liaison entre Paris et la province par dessus l'anneau des troupes d'investissement, mais ce n'était pas réalisable. Des résultats intéressants sont obtenus par contre pour raccorder entre eux des P.C. en campagne. Une liaison est établie ainsi entre le P.C. de l'armée Chanzy situé à Laval et un P.C. de division. La distance n'est que de 5 kilomètres mais le contact est établi de jour par plein soleil. Les expériences sont poursuivies dans la région de Poitiers après l'armistice. Les liaisons sont assurées à 12 kilomètres de jour et à 22 kilomètres de nuit.

Les améliorations après la guerre.

Ces résultats, obtenus en quelques mois avec des moyens improvisés, incitent après la guerre à s'intéresser aux appareils de télégraphie optique pour les améliorer et faire l'inventaire de leurs possibilités d'emploi. L'animateur de cette entreprise va être un officier du génie, le Commandant Mangin, dont l'apport personnel dans le développement de l'optique s'apparente à ce que sera, trente ans plus tard, l'apport de Ferrié dans le développement de la radio.

Une première amélioration jugée souhaitable est de réduire l'indiscrétion d'une liaison optique en limitant la surface au sol éclairée par les signaux. Avec les appareils à deux lunettes une solution est possible en agissant dans la lunette d'émission sur la forme de l'orifice percé dans la plaque métallique qui matérialise le plan focal de l'objectif, orifice qui par construction est un trou circulaire. Les transformations apportées à la lunette pour lui adapter la source lumineuse peuvent en effet être réalisées de façon telle qu'il soit possible de retirer cette source et de remettre en place un oculaire normal de lunette de réception. En regardant à travers cet oculaire et le trou percé dans la plaque focale, on voit exactement le terrain qui sera touché par les rayons lumineux. Il suffit dès lors de superposer au trou un cache convenablement découpé pour que ne restent visibles que le correspondant et le terrain immédiatement environnant. Ce sont les seuls emplacements où les signaux seront perçus lorsque la source lumineuse aura été mise en place. Ce réglage délicat est sans doute difficilement réalisable avec des matériels de campagne, mais trouve tout son intérêt dans les stations fixes, par exemple dans les régions fortifiées où il suffit de le réaliser une fois pour toutes.

Une autre condition pour qu'une liaison optique soit fiable est que la succession des différents éclats d'un signal morse soit convenablement comprise. La réception à la vue pose d'autres problèmes que la réception au son. Il faut que le temps mort entre deux éclats successifs soit suffisamment long pour que, du fait de la persistance rétinienne, ils ne soient pas confondus en un seul. Il faut tenir compte également des scintillations qui se produisent lorsque le correspondant est à grande distance et qui risquent de faire prendre un éclat unique pour deux éclats successifs. Il importe donc à l'émission de respecter scrupuleusement une cadence attribuant à chaque composant du signal sa durée relative propre : durée d'un point, d'un trait, d'un intervalle, d'une séparation entre mots. Pour y parvenir il est réalisé un manipulateur automatique se composant schématiquement d'un certain nombre de disques — un par lettre — susceptibles d'être entraînés par un mouvement d'horlogerie et raccordés à un clavier alphabétique. Chaque disque est muni de cames correspondant aux éléments du signal morse qui représente la lettre. En appuyant sur une touche on libère le disque correspondant qui effectue un tour complet à vitesse constante au cours duquel les cames agissent sur le manipulateur qui commande l'envoi des signaux lumineux. L'opérateur est prévenu de l'achèvement de la révolution et appuie alors sur la touche suivante. Ces manipulateurs automatiques seront réalisés pour les besoins de l'instruction de façon à aider les opérateurs à acquérir les cadences nécessaires. Il avait été envisagé de les attribuer en dotation dans les stations, mais il ne semble pas qu'il ait été donné suite à ce projet. Les exploitants s'habitueront à émettre manuellement à une cadence correcte et la vitesse d'acheminement des signaux morse à la vue parviendra à atteindre approximativement la moitié de ce qu'elle est au son.

Parallèlement à ces améliorations destinées à valoriser les matériels existants, il est procédé à l'étude et à la réalisation des matériels nouveaux. Les appareils télégraphiques conçus pendant le siège de Paris correspondaient au besoin très précis de constituer des liaisons optiques entre stations fixes distantes d'une vingtaine de kilomètres. Après la guerre on se préoccupe de disposer d'appareils légers facilement transportables en campagne dont la portée peut être plus faible, et également d'appareils dont la portée soit plus grande. Les premières réalisations vont être des réductions ou des agrandissements des appareils initiaux.

Les prototypes légers de campagne font usage de lunettes dont l'objectif a un diamètre de moins de deux pouces et dont la distance focale est inférieure à 50 centimètres. La lunette d'émission est enfermée dans une boîte à section carrée de 20 centimètres de côté montée sur des pieds permettant son orientation et comportant un com-

partiment arrière dans lequel se trouve la source lumineuse. La lunette de réception est posée sur des supports fixés sur le côté de la boîte. Elle est amovible et mise en place seulement au moment du besoin. L'ensemble pèse 15 kilos et les expériences montrent que les liaisons sont possibles de jour jusqu'à 6 kilomètres.

L'augmentation de puissance est obtenue en agissant sur la taille des lentilles. Deux prototypes mis en expérimentation en 1873 sont équipés d'une lunette d'émission dont l'objectif a 30 centimètres de diamètre ; sa distance focale est de 1 mètre 20. La lunette de réception a un objectif de 4 pouces (voir figure 2). La portée obtenue est de 35 kilomètres de jour. En réduisant la superficie du trou de lumière dans le plan focal par le moyen d'un cache convenablement découpé, les essais montrent qu'à la distance maxima la largeur du faisceau n'est que d'une vingtaine de mètres. Les dimensions des appareils deviennent malheureusement importantes car pour éviter des aberrations gênantes il faut que la distance focale augmente en même temps que le diamètre de l'objectif. Cet inconvénient peut être limité si, à l'émission, il est fait usage non plus d'une lunette mais d'un télescope. La combinaison d'un miroir concave et d'un miroir convexe a en effet pour conséquence de replier les rayons lumineux sur eux-mêmes et, selon ce principe, il est entrepris l'étude d'un appareillage d'émission ayant une ouverture de 40 centimètres, mais dont la longueur ne dépasse par un mètre (voir figure 3). La source lumineuse est déportée sur le côté du télescope, comme dans la version à lunette unique réalisée en 1870. Le rayonnement émanant de la source est envoyé dans le télescope par l'intermédiaire de deux prismes à réflexion totale, l'un de ces prismes étant éclipable et permettant d'assurer la manipulation du signal. L'appareil pourrait être mis en service tel quel en s'astreignant à respecter l'alternant. Il est préféré de lui associer une lunette de réception de 4 pouces d'ouverture pour faciliter l'exploitation. Il est espéré que cet ensemble permettra d'atteindre une portée de 60 kilomètres.

Un autre procédé pour augmenter la portée serait d'utiliser une source lumineuse plus intense. A la suite d'essais comparatifs de qualité des différentes sources connues, les appareils réalisés à l'époque sont tous équipés de lampes à huile de pétrole. La lampe est munie d'une mèche plate et orientée de façon que la lumière utile soit celle émise par la tranche de la mèche, qui est plus stable que celle émise par la surface plate. On sait que l'éclat du soleil permet d'obtenir des résultats meilleurs et le fait est prouvé en utilisant un jeu de miroirs pour envoyer un rayon solaire à l'entrée d'une lunette. La portée obtenue est doublée. Malheureusement la technique à l'époque ne permet pas de réaliser artificiellement des sources aussi brillantes. On pense que l'utilisation de l'électricité, dont les propriétés commencent à être connues, pourrait fournir une solution en utilisant comme source d'énergie une batterie de piles genre Bunsen ou une machine à main, mais ce ne sont encore que des perspectives assez floues.

Toutes ces études au cours des premières années qui ont suivi la guerre ont été tenues secrètes car leur intérêt militaire était évident mais, si l'armée française a été la première à s'engager dans cette voie, il a été connu assez vite que les armées étrangères se préoccupaient également de se procurer des équipements de télégraphie optique. Il fallait donc pouvoir, le cas échéant, faire valoir un droit d'antériorité et le Colonel Lassedat, en tant que président de la commission constituée en 1870, déposait à l'Académie des Sciences, le 29 avril 1872, un pli cacheté contenant un exposé sommaire des expériences faites et des résultats obtenus pendant la guerre. Cette précaution n'était pas inutile car le 29 septembre 1872 paraissait en Italie dans le « *Giornale del genio militare* » un article faisant état d'expérimentations et de méthodes d'observations présentant de grandes analogies avec celles adoptées en France. Le pli déposé à l'Académie des Sciences

est en conséquence ouvert et lu en séance le 7 juillet 1873. La télégraphie optique entrait dans le domaine public et une première période de son développement s'achevait à cette date.

Une deuxième génération d'appareils.

Les études vont cependant se poursuivre dans l'armée de terre et aboutir à la mise au point d'une nouvelle génération de matériels d'optique. Les appareils existant ou à l'étude en 1873 paraissent en effet compliqués et fragiles à une époque où l'équipement des troupes en campagne est caractérisé par sa simplicité et sa robustesse. Il en est ainsi pour une part parce qu'ils résultent du démarquage d'équipements de laboratoire dont la qualité essentielle est le haut niveau des performances atteintes. Les matériels militaires peuvent s'accommoder de performances plus modestes. C'est ainsi par exemple qu'au lieu de créer dans le plan local d'émission une image réelle de la source lumineuse par le moyen d'un ensemble de lentilles auxiliaires, il pourrait suffire, au moins pour les appareils à faible et moyenne puissance, de placer dans ce plan la source elle-même. D'autre part certains montages qui devaient en théorie améliorer la qualité optique d'une lunette ou d'un télescope perdent de leur intérêt s'il en résulte un affaiblissement important de la lumière transmise. En réalité la raison principale des défauts que l'on pouvait imputer aux matériels de la première génération était l'obligation de constituer des faisceaux très étroits pour limiter les risques d'interception. Elle a pour conséquence de compliquer les équipements d'émission et surtout, avec les matériels de campagne, de rendre plus difficiles et plus longues les prises de contact entre les correspondants. Accepter que les faisceaux soient plus ouverts simplifie considérablement les problèmes, mais accroît l'indiscrétion et oblige à chiffrer certains messages. Il y avait là une décision importante à prendre et la sujétion d'avoir éventuellement à chiffrer sera acceptée par le commandement. La nouvelle génération d'appareils de télégraphie optique qui seront mis en service au début des années 80 se caractérise donc par des matériels que l'on s'est efforcé de simplifier, quitte à admettre une certaine réduction des performances. Tous comportent un ensemble émetteur et une lunette de réception. L'ensemble émetteur peut être à base de miroirs ou de lentilles.

L'émetteur à miroirs dérive du télescope qui était à l'étude en 1873 mais le renvoi de la lumière par un système de prismes, jugé trop compliqué, est abandonné. On en revient, comme dans la version à deux lunettes de 1870, à l'utilisation d'une plaque percée d'un trou matérialisant une image réelle de la source lumineuse (voir figure 4). La manipulation est assurée par l'intermédiaire d'une palette qui libère ou obstrue dans le plan focal l'orifice par lequel passe la lumière. Un calcul convenable de la courbure des miroirs concaves et convexes limite les aberrations même pour des équipements de grand diamètre. Les émetteurs à miroirs peuvent donc être des matériels puissants permettant de réaliser des liaisons à grande distance. Les faisceaux de lumière rayonnés restent très fins.

L'appareil à lentilles par contre est très simplifié de façon à réaliser des matériels facilement utilisables en campagne. La source est placée directement au foyer de la lentille qui forme l'objectif d'émission (voir figure 5). Une cloison verticale placée entre la source et la lentille est percée d'une ouverture circulaire, centrée sur l'axe optique, qui limite à sa portion utile le faisceau conique qui tombe de la source sur l'objectif.

Un écran mobile sert à masquer et à démasquer la lumière. Le faisceau rayonné est assez ouvert car il est beaucoup plus difficile de réduire les aberrations avec des lentilles qu'avec des miroirs.

Sur tous ces matériels la source lumineuse reste une lampe à huile de pétrole. Des sources lumineuses créées par moyen électrique commencent à être connues mais toutes posent des problèmes encore mal résolus :

- l'arc électrique conviendrait comme source de lumière, mais son fonctionnement continu pendant toute la transmission d'un message nécessite une énergie telle qu'elle ne peut être obtenue que si l'on dispose d'une génératrice entraînée par une machine à vapeur. Il est question d'installer de tels ensembles dans les forteresses pour alimenter des projecteurs destinés à éclairer le terrain environnant. Leur mise en service permettra d'expérimenter l'arc comme source de lumière dans les appareils de télégraphie optique installés à poste fixe ;
- la lampe à incandescence dans l'air, dite lampe Reynier, est d'un emploi plus facile. Dans cette lampe un crayon de charbon de 1,5 millimètre de diamètre, poussé par un piston contre un butoir, brûle dans l'air sous l'action du courant. L'énergie nécessaire est moindre que pour l'arc électrique et peut être fournie par une machine à main manœuvrée par deux hommes. Il en faut quatre en réalité pour qu'ils puissent se relayer. L'inconvénient est que le crayon de charbon casse fréquemment et que l'énergie fournie par la machine à main n'est pas très régulière. Il en résulte des fluctuations de lumière qui peuvent faire prendre un signal morse unique pour deux signaux successifs. De meilleurs résultats sont obtenus en utilisant des crayons plus gros et en remplaçant la machine à main par des accumulateurs. A cette époque la lampe Reynier paraît devoir être le procédé le plus prometteur ;
- des lampes à incandescence dans le vide avec filament de carbone commencent à apparaître sur le marché mais elles sont encore fragiles. Il se produit aussi que le filament se volatilise partiellement et rende opaque le verre de la lampe.

L'emploi de la lumière électrique peut d'ailleurs ne pas être rentable dans certains cas. Avec les émetteurs à miroirs dont les aberrations sont correctement corrigées, la source lumineuse peut être de dimensions réduites. Avec les émetteurs à lentilles, lorsque l'objectif a un grand diamètre et que la distance focale est courte, les aberrations sont considérables. Lorsqu'un tel appareil est utilisé comme lunette de réception, des rayons incidents parallèles ne convergent pas au foyer et leurs interceptions avec l'axe optique se répartissent sur un segment pouvant atteindre de 12 à 15 millimètres de longueur. Lorsque le même appareil est utilisé comme émetteur, il faut, pour obtenir le meilleur rendement, que la source soit assez étendue pour englober ce segment ou, mieux encore, ait la forme de la caustique que la lunette dessine à la réception. Des sources de petites dimensions comme un arc électrique ou une lampe Reynier conviennent donc assez mal. Des lampes à huile de pétrole à large mèche constituent en définitive de meilleures sources, ce qui explique pourquoi elles sont pratiquement seules utilisées. Des lampes à incandescence dans le vide pourraient convenir si le filament était étroitement replié sur lui-même ou enroulé de façon à constituer une surface d'apparence continue, mais on ne sait pas, à l'époque, façonner de cette façon un filament de carbone.

Tous ces matériels de deuxième génération forment une famille de sept appareils différents. Les appareils à miroirs sont en principe réservés pour une utilisation en station fixe. Les appareils à lentilles peuvent être également employés en station fixe, mais sont prévus normalement pour servir en campagne. Les expérimentations en métropole, de nuit et dans un état atmosphérique moyen, font apparaître les performances suivantes.

Type d'émetteur	Diamètre de l'objectif en centimètres	Portée en kilomètres
— à miroirs	35	40 à 50
»	45	50 à 60
»	60	60 à 80
— à lentilles	14	20 à 30
»	24	30 à 40
»	30	40 à 50
»	40	50 à 70

De jour, les portées sont réduites au quart environ de ces valeurs. Tels sont les appareils qui vont être utilisés à la fin du siècle au cours de toutes les campagnes outre-mer. L'expérience acquise fera apparaître l'extrême importance de l'état de l'atmosphère qui parfois facilite les liaisons, par exemple en Algérie où il sera possible d'atteindre des portées de plus de 100 kilomètres, mais qui le plus souvent les contrarie, de nuit à cause des brumes et des brouillards et également de jour du fait des ondulations des couches d'air chauffées par le sol.

Une expérimentation dans l'Océan Indien.

Les possibilités extrêmes, mais aussi les difficultés de mise en œuvre de ces nouveaux matériels de la télégraphie militaire, vont être mises en évidence au cours d'une campagne d'expérimentations dans l'Océan Indien, entre 1882 et 1884, où ils seront utilisés pour établir une liaison entre l'île Maurice et l'île de La Réunion. Cette partie du monde est ravagée périodiquement par des cyclones qui se déplacent d'est en ouest et touchent donc l'île Maurice avant d'atteindre La Réunion. Un moyen instantané de communiquer entre les deux îles assurerait à La Réunion un préavis de 24 à 48 heures, suffisant pour prendre certaines précautions et en particulier pour que les bateaux qui ne peuvent pas s'abriter dans un bon port gagnent la haute mer. Il serait trop coûteux de poser un câble sous-marin et c'est à un résident français à l'île Maurice, Monsieur Adam, ancien capitaine au long cours, que revient le mérite d'avoir apporté une solution au problème. Il obtient l'autorisation d'utiliser des appareils de télégraphie optique militaire et le montage de l'expérience est mis au point au cours d'un séjour qu'il effectue à Paris en septembre 1882 pour rencontrer le Colonel Mangin. Le problème est dégrossi sur la carte. Des emplacements qui paraissent convenables sont à La Réunion, le cratère du Bois des Nèfles à l'altitude de 1100 mètres, proche du chef-lieu de Saint Denis, et à l'île Maurice, le Piton du Pouce, à l'altitude de 700 mètres, proche du chef-lieu de Port Louis. La distance entre les deux sites est de 255 kilomètres et, à son point le plus bas, le faisceau lumineux passe à une centaine de mètres au dessus du niveau de la mer.

Dans un premier temps, la liaison est simulée dans le grand couloir côté est du rez-de-chaussée de l'Hôtel des Invalides, en plaçant au sud un appareil télégraphique à miroir de 60 centimètres et au nord, à 230 mètres un appareil de 14 centimètres dont l'objectif est recouvert d'une plaque percée d'un trou de 1/2 millimètre. L'énergie captée émanant de cet orifice est la même que si l'émetteur était un appareil de 60 à 275 kilomètres. Des verres teintés interposés sur le trajet lumineux permettent de représenter les effets de l'absorption atmosphérique. Si l'on considère que la transparence est de 0,98, ce qui signifie qu'une tranche d'atmosphère de un kilomètre d'épaisseur laisse passer 98 % de la lumière incidente et correspond à un beau temps clair dans la région parisienne, on arrive à la conclusion que la liaison entre La

Réunion et l'île Maurice doit être possible. La marge cependant est faible. Les signaux ne sont plus perçus si l'épaisseurs des verres teintés est augmentée pour correspondre à une transparence de 0,96. A titre indicatif, une atmosphère légèrement brumeuse a un coefficient de transparence de 0,93. Ces résultats doivent bien entendu être vérifiés sur place et dépendent beaucoup de l'état de l'atmosphère par vingt degrés de latitude sud.

Les délais nécessaires pour amener les appareils de France et procéder sur place à un aménagement sommaire des sites envisagés font que les essais de liaison ne peuvent commencer qu'en mai 1883. La prise de contact est difficile et les correspondants ne parviennent à repérer leurs emplacements respectifs qu'en faisant usage de grands miroirs plans de un mètre carré de superficie réfléchissant la lumière du soleil. Des signaux morse peuvent être échangés en utilisant des appareils télégraphiques de 60 centimètres d'ouverture, mais une reconnaissance détaillée du Piton du Pouce, sur l'île Maurice, fait apparaître que le terrain aux alentours du sommet ne se prête absolument pas à l'implantation d'une station. Une plate-forme existe dans le voisinage, mais beaucoup plus bas, à partir de laquelle la liaison risque d'être impossible. Il est donc décidé d'implanter la station ailleurs à 25 kilomètres dans le sud-ouest, sur le Piton Pic-Vert, à 500 mètres d'altitude. Des délais sont nécessaires pour obtenir des autorités locales l'autorisation de procéder au transfert, puis les travaux commencés sont bouleversés par un cyclone. Les essais ne peuvent reprendre qu'en mai 1884 et sont au début entièrement négatifs. Depuis le Bois des Nèfles il est impossible d'entrer en communication avec le Pic Vert. Monsieur Adam décide alors de déplacer également la station de La Réunion en l'installant à une vingtaine de kilomètres dans le sud-est sur le Piton de la Croix. Les essais reprennent en juillet 1884 et don-

nent cette fois d'excellents résultats. La distance entre le Piton de la Croix et le Pic Vert n'est plus en effet que de 180 kilomètres, au lieu de 225 entre les emplacements précédents. Or les expériences faites à l'Hôtel des Invalides avaient permis de prévoir déjà qu'à ces limites extrêmes une réduction de la portée avait une grande influence. Il avait été établi par exemple que si la distance entre les stations était ramenée de 250 à 200 kilomètres, l'intensité du signal reçu devait être multipliée par trois. L'expérience sur le terrain confirmait cette prévision. Le fait que les nouvelles stations soient à une altitude plus faible que les anciennes ne semble pas avoir eu d'influence. La brume en haute mer ne s'élève en général pas très haut et il n'est pas indispensable que le rayon lumineux se situe très au-dessus du niveau de l'eau.

Ces essais réussis en juillet 1884 terminent la période des expérimentations. Pour que les liaisons deviennent opérationnelles, il faudra attendre la construction en dur des bâtiments qui abritent les appareils. Il faut également raccorder les stations au réseau télégraphique de chaque île. C'est facile à La Réunion où un bureau de l'administration civile de télégraphe existe à proximité du Piton de la Croix. C'est plus difficile à l'île Maurice où, pour assurer la liaison entre le Pic Vert et Port Louis, il faudra établir un relais optique sur le Piton du Pouce.

Ces réalisations sont véritablement étonnantes, et si l'on considère que c'est le moment où paraissent en librairie les romans de Jules Verne, il ne paraît pas exagéré de dire que parfois à l'époque, la réalité égalait presque la fiction. Il existe une analogie frappante entre le développement de l'optique et ce que sera plus tard le développement de la radio et le nom du Colonel Mangin est à faire figurer dans la liste des grands ancêtres dont les transmetteurs se doivent de conserver la mémoire.

Figure 1a (1/10)

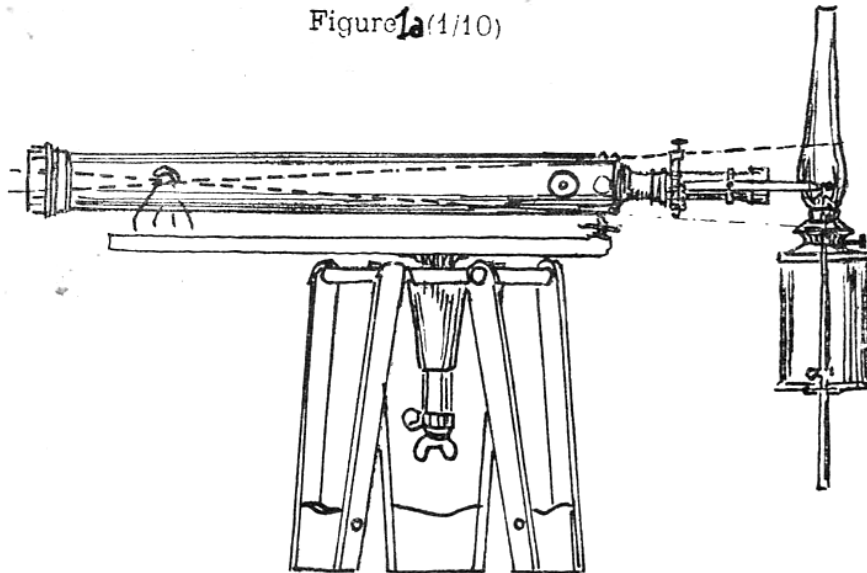


Figure 1b (1/10)

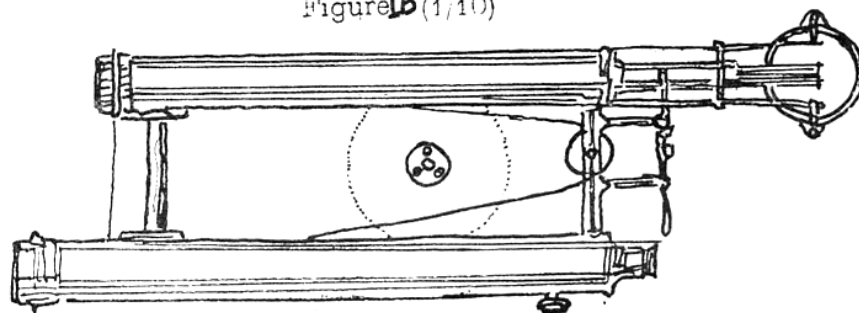


Figure 2 — Coupe verticale par l'axe d'émission (1/10).

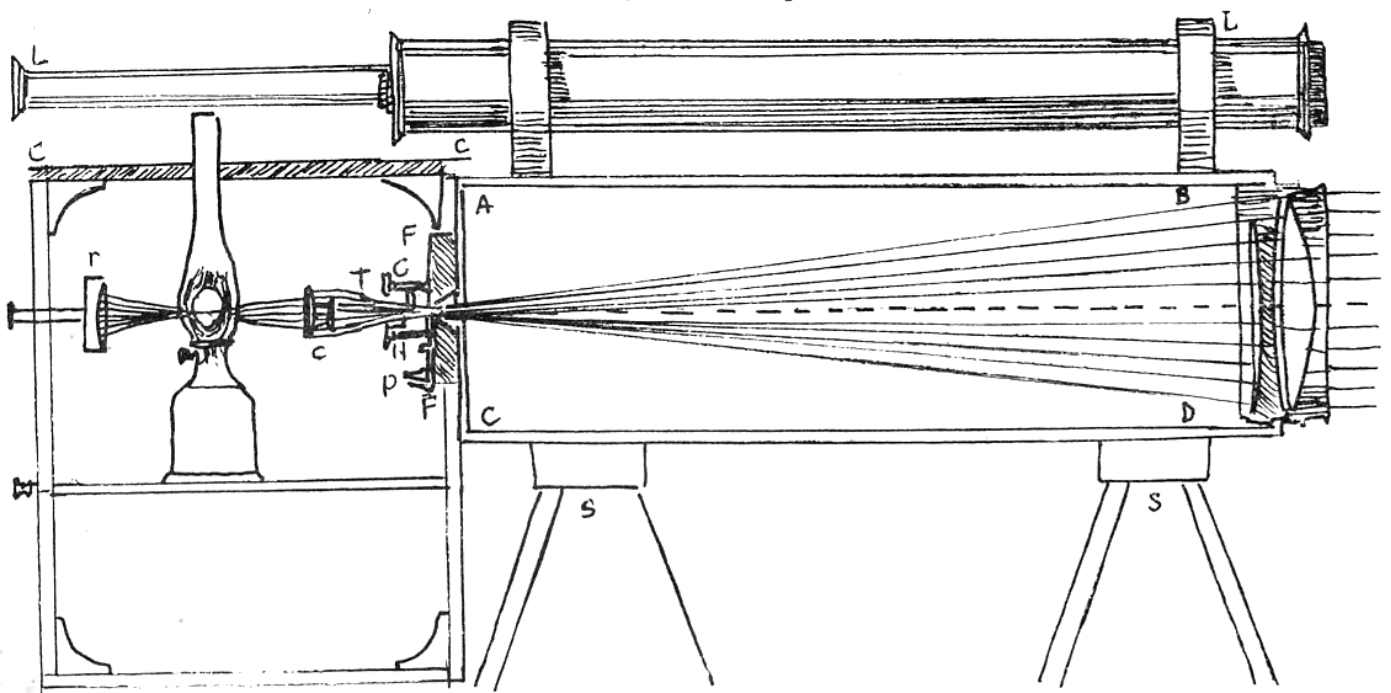


Figure 3 — Plan par l'axe optique du grand réflecteur (1/10)

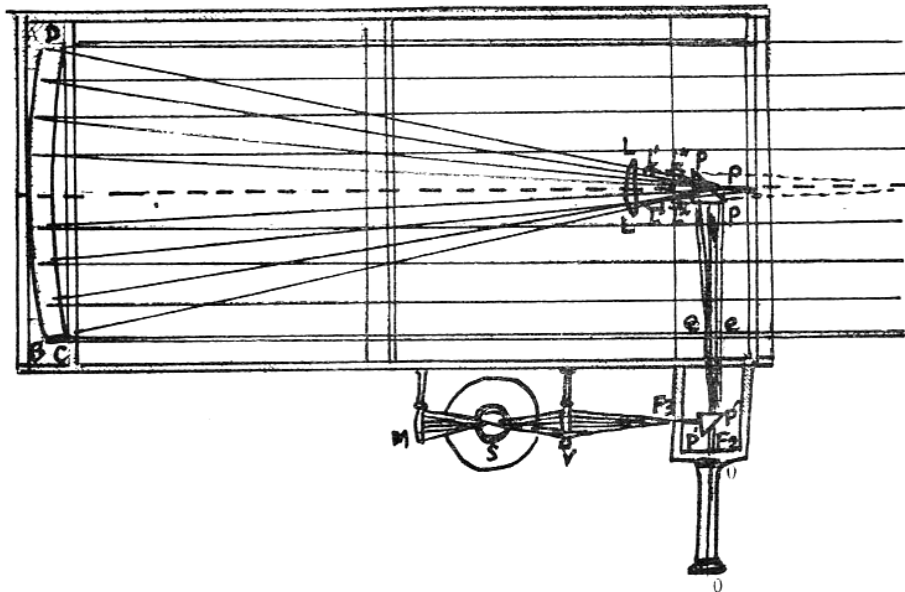


Fig. 4

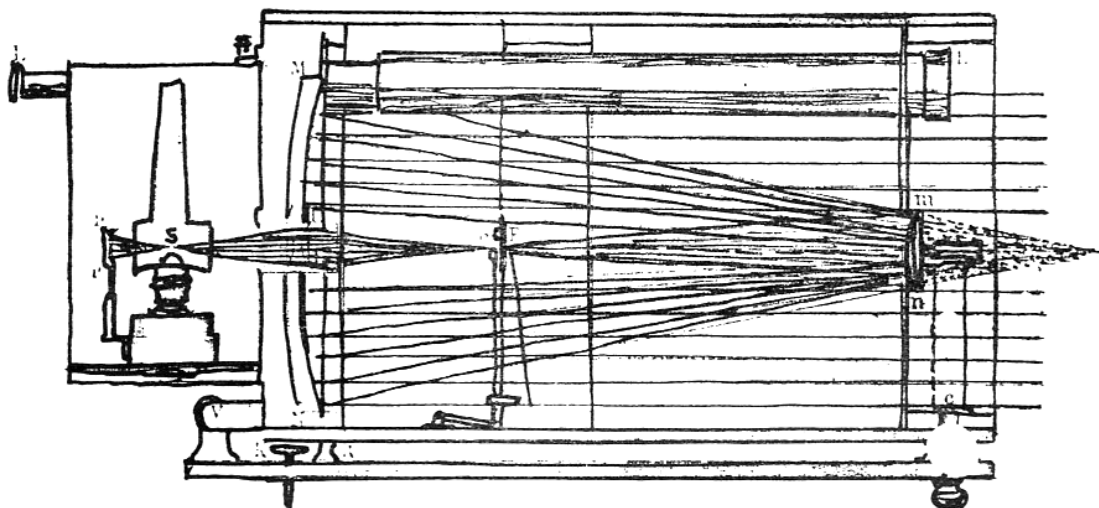


Fig. 5

