

TÉLÉGRAPHIE ÉLECTRIQUE.

I

Le télégraphe automatique de l'abbé Caselli.

Il y a bien des années qu'un Italien fort distingué, l'abbé Caselli, de Florence, s'occupait de la solution du problème certainement le plus difficile de la télégraphie électrique. Le savant florentin voulait accomplir le tour de force consistant à faire exécuter, à distance, par l'électricité, les traits ordinaires de l'écriture et du dessin, de telle sorte que le correspondant pût transmettre par le télégraphe électrique, non quelques mots dictés et communiqués à l'employé du télégraphe, mais sa propre écriture, tracée de sa main. Personne encore n'a pu résoudre, au moins pour les lignes de grande étendue, cette énorme difficulté mécanique. On a construit, il est vrai, des *télégraphes imprimants*, et plusieurs appareils de ce genre fonctionnent en Amérique. Mais leur effet ne sort aucunement des procédés et des moyens habituels de la télégraphie électrique. Tout s'y réduit à pousser un caractère d'imprimerie chargé d'encre contre la feuille de papier qui se déroule d'un mouvement uniforme dans l'appareil ordinaire de la télégraphie électrique. Il s'agit ici d'un résultat mécanique bien autrement compliqué : il faut que, sous la seule influence de l'électricité, la marche la plus capricieuse, la plus variée, d'une plume ou d'un crayon, soit fidèlement transmise et reproduite à cent lieues de distance.

C'est là le problème mécanique qu'a résolu l'abbé Caselli.

Nous avouons, à notre honte, que lorsque, il y a quelques années, le savant abbé, de son air doux et modeste, nous entretenait de ses tentatives et de ses expériences, nous désespérions intérieurement de voir jamais ses efforts couronnés du moindre succès. Nous admirions le courage, la persévérance de cet homme qui, loin de sa patrie et de ses affections, usait son temps et des forces déjà bien délabrées, au plus difficile, au plus ingrat des labeurs. Et l'on comprendra certainement cette défiance de notre part quand on saura sur quel moyen physique l'abbé Caselli fondait le principe de son appareil. Ce principe, c'était l'établissement, à chacune des deux stations télégraphiques, de deux pendules dont les oscillations fussent exactement les mêmes en amplitude et en durée, c'est-à-dire l'installation, à cent lieues de distance, de deux pendules *isochrones*, comme on dit en physique. Assurer, à cent lieues de distance, l'isochronisme absolu des oscillations de deux pendules, cela nous paraissait quelque chose comme la quadrature du cercle ou la pierre philosophale. Il faut croire pourtant que la difficulté était d'un ordre moindre, puisque notre patient abbé a fini par en venir à bout. Il est vrai qu'il a eu la bonne inspiration de confier l'exécution de ses appareils à M. Froment, l'artiste aux mains de fée.

Quoi qu'il en soit de ces appréhensions antérieures, de ces défiances prématurées, l'appareil existe, et il existe si bien, qu'il a déjà fonctionné quelque temps sur la ligne télégraphique de Paris à Amiens, en attendant qu'il fonctionne de Paris à Marseille, et, pour digne couronnement, de Paris à Florence, la chère patrie de l'inventeur.

Faisons maintenant connaître le mécanisme pratique du télégraphe automatique, ou *pantélégraphe*, de l'abbé Caselli.

Tout réside ici, comme nous le disions plus haut, dans

l'établissement de deux pendules à oscillations isochrones, dont l'un est placé à la station du départ et l'autre à la station d'arrivée.

À la station du départ, on écrit, à la plume, la dépêche à transmettre, en se servant d'encre ordinaire et d'un papier argenté. Le papier argenté, portant l'original de la dépêche, est placé sur une tablette de cuivre, qui est animée d'un mouvement uniforme de translation dans le sens horizontal. Une fine pointe en platine, obéissant à la pression d'un faible ressort, s'appuie sur la surface de la page écrite, et parcourt continuellement cette surface par un mouvement très-rapide. Par suite du mouvement de translation horizontale de la dépêche, et du mouvement propre du stylet de platine, tous les points de la page écrite sont mis successivement en contact avec la pointe du stylet. Or, ce stylet métallique, et par conséquent conducteur de l'électricité, est lié au fil de la ligne télégraphique. Comme le fond métallique sur lequel la dépêche est écrite est conducteur de l'électricité, tandis que les caractères sont composés d'encre non conductrice de l'électricité, il en résulte que le courant électrique est établi ou suspendu dans le fil de la ligne télégraphique, selon que le stylet vient se mettre en contact avec le papier métallique de la dépêche ou avec les caractères tracés à sa surface.

On comprend maintenant ce qui va se passer à la station d'arrivée. Là se trouve étalée, sur une tablette de cuivre qui se meut, dans le sens horizontal, d'un mouvement uniforme, une feuille de papier ordinaire contenant un peu de prussiate de potasse. Un stylet de fer, qui est en communication avec le fil de la ligne télégraphique, parcourt, par un mouvement très-rapide, toute la surface de ce papier. Chaque fois que le stylet de la station du départ rencontre le fond métallique de la dépêche, le courant électrique s'établit, et le stylet de fer, à la station d'arrivée, imprime un point, une tache sur le papier chimique, parce

que le fer du stylet, sous l'influence de l'électricité, décompose le prussiate de potasse du papier, et laisse une tache bleue, composée de bleu de Prusse, dont l'électricité a provoqué la formation¹. La réunion de ces points bleus, de ces taches azurées, finit par reproduire tous les traits qui composent la dépêche placée à la station du départ. L'autographe est donc reproduit au moyen d'une multitude de lignes parallèles tellement rapprochées entre elles que l'œil ne saurait les distinguer.

Le difficile en tout cela, c'était d'obtenir une égalité absolue de vitesse entre le mouvement de la tablette portant la dépêche, à la station du départ, et celui de la tablette portant le papier chimique à la station d'arrivée; comme aussi de rendre absolument égales les vitesses des deux stylets métalliques qui jouent aux deux stations. Tous ces mouvements sont réglés par deux pendules; et c'est parce que M. l'abbé Caselli a trouvé l'art de rendre isochrones les oscillations de ces deux pendules séparés par une énorme distance, que notre heureux physicien a trouvé ce qui nous semblait la pierre philosophale de la télégraphie électrique.

Pour dire néanmoins toute notre pensée, nous ne croyons pas que la découverte du savant Florentin doive profiter beaucoup au service de la télégraphie. Il y a sans doute diverses circonstances dans lesquelles la transmission de l'écriture même du correspondant aura son utilité: on pourrait ainsi signer à distance un effet de commerce, tracer un dessin, écrire de la musique, etc. Mais ce sont là des cas bien exceptionnels dans la correspondance, et les habitudes du public ne sont pas prises dans ce sens. C'est donc surtout au point de vue de la science et de l'art que la découverte de l'abbé Caselli est appelée à tenir une place tout à fait hors ligne dans l'histoire de la télégraphie.

1. C'est le moyen d'écriture qui est le plus en usage dans presque tous les télégraphes imprimants.

Nous devons rappeler, pour ne rien négliger de ce qui touche à cette question intéressante, que M. Caselli a déjà donné la description de cet appareil dans quelques recueils scientifiques étrangers. La *Bibliothèque universelle de Genève* publia, en 1856, un mémoire de l'auteur sur ce sujet¹. Mais l'inventeur n'était alors qu'au début de ses travaux; l'appareil définitif construit par M. Froment contient les perfectionnements qui résultent de plusieurs années d'études et d'essais pratiques du système dont l'auteur avait conçu l'idée en 1856.

2

Établissement à Londres d'une télégraphie urbaine.

On a plusieurs fois mis en avant le projet de créer dans l'intérieur de Paris, un réseau de télégraphie électrique permettant de correspondre rapidement d'un quartier à l'autre. La *Presse* s'est fait il y a plus de dix ans, l'écho de projets de ce genre, qui n'ont pourtant jamais abouti. La télégraphie urbaine, qui n'a pu s'établir à Paris, vient récemment d'être organisée à Londres. En 1858, une compagnie se forma pour sillonner Londres et ses faubourgs de fils télégraphiques. Aujourd'hui plus de cinquante stations sont ouvertes au public dans Londres et dans ses faubourgs. Toutes les dépêches sont transmises à un bureau central, qui les expédie à son tour à leurs diverses destinations. La compagnie reçoit même des dépêches pour les provinces et pour le continent à ses diverses stations, en sorte que toutes les parties de Londres vont se trouver bientôt en communication avec toutes les lignes télégraphiques de l'Europe.

La compagnie a même établi des fils pour l'usage des

1. Voir l'*Année scientifique*, 2^e année, p. 241.

particuliers. Beaucoup de maisons de commerce ont un fil à leur propre usage, qui part de chez elles et rejoint la station principale, en sorte que, sans déplacer aucun employé, elles peuvent télégraphier de leur bureau jusqu'à destination.

La télégraphie électrique est, en France, l'objet du monopole exclusif de l'État, qui n'a jamais voulu autoriser aucune compagnie particulière à établir le plus petit bout de fil télégraphique. On ne peut donc espérer de voir se reproduire à Paris ce qui se fait en Angleterre et en Amérique, ces heureux pays où l'initiative privée, débarrassée de toute entrave gouvernementale, peut tenter, à ses risques et périls, de faire jouir le public des avantages de toute idée nouvelle. Mais si l'administration française a le droit, aux termes de la loi, de s'opposer à l'établissement d'une compagnie particulière qui doterait la capitale d'un service de télégraphie urbaine, il nous semblerait juste qu'elle exécutât elle-même ce qu'elle empêche les autres d'exécuter. Que notre administration télégraphique se mette en devoir d'imiter à Paris ce qui a été fait à Londres; qu'elle établisse, sinon à titre définitif, du moins à titre d'essai, une vingtaine de postes télégraphiques destinés à faciliter d'un quartier à l'autre la correspondance électrique entre tous les habitants de Paris, et le public se montrera reconnaissant d'une création devenue nécessaire par le progrès des choses et la multiplicité toujours croissante des relations commerciales et autres. Ce serait là l'heureux complément de l'excellente mesure législative qui, en 1861, a abaissé le tarif des taxes télégraphiques et rendu uniforme le prix des dépêches¹.

1. Par cette loi, le taux des dépêches télégraphiques d'un département à l'autre a été réduit à 2 fr., et à 1 fr. dans le même département.

5

La question des câbles sous-marins par le docteur Conneau.

M. le docteur Conneau, médecin particulier de l'Empereur, a publié, en 1861, une note très-instructive et très-bien raisonnée sur la question des câbles sous-marins, question qui devient de plus en plus difficile et inquiétante. On trouvera ici avec plaisir ces pages intéressantes.

« Des hommes hardis et entreprenants, dit l'auteur, ont tenté de relier télégraphiquement les contrées que des bras de mer plus ou moins étendus séparent les unes des autres. Le succès n'a pas toujours couronné leurs efforts. Pourquoi la non-réussite a-t-elle été si souvent le résultat de ces tentatives? Nous croyons qu'elle est due entièrement à l'emploi de câbles lourds, volumineux et peu flexibles. Cependant, pour mieux étudier les causes de l'insuccès d'une grande partie des câbles télégraphiques sous-marins, passons en revue leur histoire, leur construction et le mode employé pour filer les câbles dans les mers profondes.

« Voyons quelle est la nature des obstacles qu'on a eu à surmonter, et pourquoi on a échoué.

« Nous étudierons ensuite ce que des hommes pratiques, aidés des lumières de la science, ont proposé pour arriver au succès, et en analysant des fautes commises, nous parviendrons à mieux connaître notre sujet; tâchons d'obtenir le succès qui est le prix que remporte toujours l'observateur instruit et persévérant.

« L'impossibilité de maintenir les perches des télégraphes aériens qui traversent les grands fleuves de l'Amérique donna l'idée à M. Schaffner d'essayer de submerger les conducteurs électriques. Il submergea donc dans la rivière du Mississipi dix fils de fer recouverts de gutta-percha. Ces fils ne purent fonctionner longtemps. Le sable que cette rivière charie usa bientôt l'étui isolateur et protecteur. Il substitua à ces fils des conducteurs isolés par plusieurs couches de gutta-percha et revêtit le tout d'une seconde enveloppe de chanvre imbibé de goudron.

« Le tout était protégé par des fils de fer parallèles et affermis autour du chanvre goudronné par des ligatures également en fil de fer, espacées de 20 pouces, en 20 pouces.

« Ce câble fonctionna parfaitement d'abord, mais le succès ne se maintint que pendant quelques semaines. Cependant plusieurs autres câbles semblables furent submergés avec succès et résistèrent.

« Dans le nombre de ces câbles, nous comptons celui de Saint-Louis pour la ligne *O'Reilly*; celui de Cincinnati pour la *House-line*; un autre à la Nouvelle-Orléans pour la ligne *Balize*; plusieurs autres à travers la rivière Hudson à New-York, et d'autres encore pour la ligne côtoyant le bord de la mer, allant à la Nouvelle-Orléans. C'est d'après ce même principe primitif qu'on a continué à construire tous les câbles submergés.

« Le conducteur que M. Bishop, de New-York, essaya, était recouvert de trois couches de gutta-percha. Il avait en outre fixé de distance en distance des poids en plomb pour le maintenir au fond de l'eau. Ce câble, après y avoir séjourné quelques mois, ayant cessé de fonctionner, on trouva que la gutta-percha avait été rongée aux points où les poids avaient été fixés.

« De Douvres à Calais, en 1850. Distance : 40 kilomètres.

« Le premier câble était composé de quatre fils conducteurs, isolés par de la gutta-percha et tordus ensemble, formant une corde. Cette corde était entourée d'une enveloppe formée de spirales en fil de fer galvanisé. Cette première tentative ne réussit point; dans l'année 1851 le succès fut complet.

« De Port-Patrick à Donaghadee, deux tentatives eurent lieu en 1852 et 1853, et ne réussirent point : la première, cependant, à cause d'une tempête qui survint. Deux autres compagnies tentèrent l'entreprise en 1853 et 1854, et réussirent. C'étaient aussi des câbles lourds.

« De Holyhead à Dublin, par une profondeur de 126 mètres, une première tentative faite en 1852 n'eut point de succès : après avoir filé 100 kilomètres de câble, on s'aperçut que ce câble ne fonctionnait pas, et on discontinua l'entreprise.

« On essaya de nouveau en 1854, et cette fois avec plein succès. Il en fut de même de plusieurs autres câbles entre l'Angleterre et l'Irlande.

« Entre Douvres et Ostende, la réussite fut complète en 1853.

« Quatre câbles à un seul conducteur ont été immergés avec

succès entre Orfordness et la Hague, pendant les années 1853 et 1854. Plusieurs fois ces câbles ont été endommagés par les ancres des bâtiments ou par d'autres accidents ne dépendant nullement de leur construction. Il n'en a pas été de même d'une tentative plus récente pour la pose d'un câble à quatre conducteurs; on a échoué complètement.

« De Keyhaven à Hurst-Castle et de Hurst-Castle à Yarmouth, la pose d'un câble faite en 1853 a complètement réussi.

« Le câble qui traverse le grand Belt (distance: 25 kilomètres), le petit Belt (8 kilomètres) et le Sund (16 kilomètres), fut posé dans les années 1855 et 1856 avec succès.

« De Jorh à Tay, un espace de 10 kilomètres, la pose a parfaitement réussi; le câble est à quatre conducteurs, avec une enveloppe de fil de fer.

« Le télégraphe sous-marin le plus remarquable est sans aucun doute celui qui fut posé, en 1855, entre Varna et Balaklava (distance: 240 kilomètres). Le conducteur n'était recouvert que de trois minces couches de gutta-percha, sans autre enveloppe préservatrice. Il fut, dit-on, filé à la main. Ce télégraphe a donné toujours de très-beaux résultats, et a toujours fonctionné parfaitement dans la mer la plus turbulente et la plus orageuse du monde. Pendant que la tempête en furie soulevait les vagues comme des montagnes, le conducteur électrique, paisiblement couché au fond de la mer, transmettait les messages entre la Crimée et Constantinople avec plus de régularité et d'exactitude que ne le faisait le télégraphe aérien. Si ce fil put être plongé dans la mer Noire, un fil semblable peut bien être aussi immergé dans des mers plus profondes, car il y a tout lieu de croire que les courants de l'Océan ne s'étendent pas au delà de quelques centaines de mètres de profondeur.

« Le câble qui de l'Angleterre va en Hanovre en traversant la mer du Nord, fut immergé avec succès en 1858. Il en fut de même du câble à deux conducteurs qui part de Weymouth pour toucher les îles de Jersey et de Guernesey.

« Parmi les câbles de la Méditerranée, celui partant de la Spezzia pour aller en Corse fut posé en 1854. La longueur de l'espace qui sépare les deux stations est de 145 kilomètres. Chaque kilomètre de ce câble pesait environ 5000 kilogrammes. La profondeur de la mer varie de 650 à 900 mètres. La pose réussit, mais on éprouva un accident qui a besoin d'être rapporté. Pendant que l'on filait le câble à une profondeur de

450 mètres environ, il descendait avec une telle rapidité que ce ne fut qu'en employant des moyens extraordinaires qu'on parvint à modérer sa chute. La pression et le tiraillement furent tels qu'il en fut aplati. L'isolation fut détruite non-seulement du point endommagé, mais même sur une assez grande longueur. Il fut alors nécessaire de retirer le câble pour parvenir à atteindre la partie endommagée, et ce ne fut qu'avec des efforts inouïs qu'on y parvint, et après trente heures de travail. La portion endommagée une fois atteinte, on put la retrancher en coupant le câble pour rattacher les deux bouts extrêmes. Cela fait, on put terminer la pose.

« Le câble entre la Corse et la Sardaigne fut posé en 1854.

« En 1855 eut lieu la première tentative pour la pose du câble qui relie la Sardaigne à l'Afrique. La distance est de 250 kilomètres. La plus grande profondeur de la mer est de 3000 mètres. Après avoir fait filer 95 kilomètres de câble, on fut forcé de le couper et d'en remettre la pose à une autre époque.

« La seconde tentative eut lieu en 1856. Le câble pesait 2500 kilogrammes par kilomètre. Après en avoir filé la longueur de 28 kilomètres, il se rompit on ne sait pas trop par quel accident. La portion submergée ayant été repêchée, on réunit les deux bouts, et on procéda de nouveau à la pose par 2900 mètres de profondeur. A peu de distance de la terre, le câble se trouva être trop court. On dépêcha immédiatement un message à Londres pour obtenir la portion qui manquait; mais après cinq jours d'attente, le câble se perdit pendant un orage. Il avait cependant très-bien fonctionné pendant tout le temps de son immersion.

« La pose du troisième câble eut lieu en 1857. Cette troisième tentative réussit. Mais après avoir bien fonctionné pendant les années 1857, 1858 et 1859, il a cessé, dès le commencement de 1860, de donner aucun signe de vie.

« Un câble a été posé, en 1857, entre Cagliari et Malte. Il a d'abord fonctionné parfaitement, mais ce ne fut pas pour longtemps, car il cessa bientôt après de transmettre des messages.

« Dans cette même année eut lieu la pose du câble qui réunit télégraphiquement Malte à Corfou: le succès fut complet.

« Une tentative a été faite en 1858 pour poser un câble entre Candie et Alexandrie. Cette tentative a échoué complètement. Après avoir fait filer 360 kilomètres de câble, on fut obligé de le couper.

« Un câble a été posé dernièrement dans la mer Rouge. Il a

d'abord fonctionné régulièrement, mais cela n'a duré qu'un laps de temps extrêmement court.

« Le câble qu'on a tenté de poser entre l'Espagne et l'Afrique, dans le détroit de Gibraltar, s'est rompu pendant la pose. Aucun détail n'est connu sur cet accident.

« Dans l'océan Atlantique, la première tentative consistait à établir une communication télégraphique sous-marine entre Cap-Ray et Cap-Breton, c'est-à-dire entre Terre-Neuve et les États-Unis d'Amérique. Le câble fut perdu, et aucune autre entreprise n'a eu lieu depuis lors pour le rétablir.

« Il nous reste à parler de la plus grande et de la plus importante de toutes les lignes télégraphiques sous-marines, de celle qui devait réunir l'Angleterre à l'Amérique.

« Tout présageait que l'opération marcherait régulièrement, et pendant les premiers 343 kilomètres tout allait parfaitement. On avait déjà filé 410 kilomètres de câble, lorsque la profondeur de la mer, qui alors se trouvait être de 1100 mètres, augmenta rapidement et dépassa 4000 mètres. A cette profondeur même le frein, exerçant une pression de 1000 kilogrammes environ, permettait encore au câble de filer dans la même proportion que le bâtiment. Mais peu de temps après, celui-ci commença à gagner de vitesse sur le bâtiment, car pendant que le transport filait, d'après le loch, trois nœuds à l'heure, le câble en filait de cinq et demi à cinq trois quarts. Cette rapidité ne put pas même être modérée au moyen d'une pression plus forte; ce fut en vain qu'on augmenta la pression du frein et qu'on la porta à 1300 kilogrammes; toutefois on ne put obtenir alors qu'un ralentissement qui ramena le câble à ne filer qu'un peu moins de cinq nœuds à l'heure. Cette vitesse de descente continua jusqu'à ce que, le câble se rompant, on perdit en cette occasion 960 kilomètres de câble.

« Ce premier essai, terminé ainsi à l'improviste, on en tenta un second pour lequel on prit les mesures suivantes : deux vaisseaux portant chacun 2400 kilomètres de câble partirent du 52° 2' de latitude et 33° 18' de longitude de Greenwich. Le *Niagara* se dirigea vers les côtes de Terre-Neuve, et l'*Agamemnon* vers l'Irlande. Le 26 juin, les deux extrémités des câbles furent soudées ensemble; mais à peine 10 kilomètres du câble étaient-ils filés qu'il s'enchevêtra dans la machine et se rompit. Les deux bouts furent de nouveau réunis. Le 27, le courant électrique se trouva interrompu. On n'avait encore filé que 68 kilomètres de câble. Les vaisseaux se rejoignirent,

et une autre réunion des câbles eut lieu. Tout alla bien pendant quelque temps. 228 kilomètres de câble avaient déjà été submergés, lorsqu'il se rompit près de la poupe de l'*Agamemnon*. 310 kilomètres de câble furent ainsi perdus. Ce ne fut qu'un mois plus tard que la pose fut de nouveau tentée.

« Le 29 juillet, les deux navires se séparèrent après avoir joint ensemble leurs câbles. A sept heures quarante-cinq minutes, les signaux cessèrent de passer. Heureusement que deux heures après la communication se rétablit d'elle-même. De semblables interruptions eurent lieu plusieurs fois pendant le voyage, et on ne put savoir à quoi attribuer ni l'interruption ni le rétablissement de la communication.

« Le 5 août, à une heure quarante-cinq minutes après midi, le *Niagara* jeta l'ancre dans la baie de la Trinité, à Terre-Neuve, après avoir parcouru 1420 kilomètres et avoir filé 1630 kilomètres de câble.

« L'*Agamemnon* jeta l'ancre à Valentia le même jour, à six heures du matin, après avoir posé 1632 kilomètres de câble.

« On n'a jamais su au juste jusqu'à quel point les communications ont eu lieu. On a dit qu'il fallait trois secondes et un tiers pour qu'un signal intelligible pût passer. Le secrétaire de la compagnie assura, dans sa lettre au *Morning-Post*, qu'une dépêche de trente et un mots fut transmise en trente-cinq minutes, et que le message de la reine au président des États-Unis, composé de quatre-vingt-dix-neuf mots, fut reçu en soixante-sept minutes. Quoi qu'il en soit, les signaux transmis devinrent de plus en plus faibles, jusqu'au 1^{er} septembre. Après cette époque, tous les efforts tentés pour faire passer un courant ont été vains. Le câble transatlantique gît au fond de la mer, réunissant les deux continents par ses deux extrémités, mais muet et inanimé.

« Cependant, malgré cet insuccès, une grande vérité se trouva établie et confirmée : la possibilité de transmettre des dépêches télégraphiques, au moyen d'un câble submergé, à la distance de 2400 milles. Plus de vingt-deux mille mots ont été transmis par le câble transatlantique, malgré l'état déplorable dans lequel il se trouvait. De plus un fait nouveau a été acquis à la science : c'est que les courants électriques qui parcourent d'immenses distances produisent des impressions chimiques d'une durée plus prolongée, de manière que le même courant qui, à petite distance, n'est destiné à ne produire qu'un point, a tracé, lorsqu'il traversait la distance qui séparait l'ancien

monde du nouveau, une ligne d'environ quatre millimètres, et le courant qui aurait dû tracer un trait, produisait une ligne d'un décimètre environ. Ce résultat, loin d'être un inconvénient pour la transmissibilité des signes, présenterait, au contraire, l'avantage de déposer sur le papier des traces moins équivoques et plus lisibles.

« Enfin, cette tentative a démontré la possibilité de transmettre environ deux mots et un tiers par minute en employant les signes ordinairement en usage. Il est hors de doute qu'on pourrait en transmettre encore davantage si l'on faisait usage de signes moins compliqués, ainsi qu'on l'a déjà proposé.

« Une tentative bien récente vient d'être faite pour relier télégraphiquement la France avec l'Algérie. Le câble s'est rompu à la hauteur des bateaux : c'était aussi un câble lourd.

« Voici donc le vingtième câble qui se rompt lors de la pose. Je ne connais pas les causes qui ont produit ce nouvel échec; mais si ce que l'on a rapporté est vrai, on devrait attribuer cet accident à des coques qui se sont formées dans le câble pendant qu'on le faisait filer. Cette cause est plus que suffisante, selon moi, pour produire la rupture d'un câble du genre de celui qu'on posait entre la France et l'Algérie.

« Quelle est la cause de ces déconvenues si nombreuses, et surtout de celle du grand câble transatlantique? Nous avons vu que le câble, lorsqu'il filait dans de grandes profondeurs, acquérait une vitesse de descente telle que les freins employant des pressions énormes ne parvenaient pas toujours à l'arrêter. Cette vitesse de descente, unie au poids du câble, opérant une traction telle que le câble en a été quelquefois aplati et souvent s'est rompu. Il a fallu, en vérité, que le tiraillement fût énorme pour qu'un câble ainsi construit pût se rompre. Mais avant de discuter ce point important, étudions l'état physique de la mer. Examinons d'abord s'il existe des chances pour qu'un conducteur électrique fonctionne régulièrement, lorsqu'il repose sur le fond du lit de la mer, et si une cause quelconque peut venir le déranger dans la position qu'il a acquise, lorsqu'il a été immergé.

« Ehrenberg a distinctement reconnu, dans les échantillons retirés des profondeurs de la mer Méditerranée, des coquillages d'eau douce, avec le petit animal qui les habite. Ce simple fait nous démontre que les gaz qui entrent dans la composition des parties molles de ces animalcules sont soumis, au fond de la mer, à une compression telle qu'ils ne peuvent en être dé-

gagés. Si cette déduction est exacte, et certes elle doit l'être, nous pouvons en conclure avec raison qu'à cette pression la gutta-percha qu'on emploie pour isoler le fil électrique sera inaltérable à toute décomposition. (MAURY, p. 342.)

« D'un autre côté, les spécimens extraits des profondeurs de la mer Atlantique par les sondages exécutés en 1853, par le *Dolphin*, montrèrent au professeur *Bailey*, de *West-Point*, qui les examina au microscope, qu'il n'y avait pas un atome ni de sable ni de gravier, mais qu'ils étaient composés en totalité de carapaces marines, en aussi parfait état de conservation et aussi intactes que s'ils eussent été encore en vie. Cette découverte démontra, dit M. Maury, qu'il n'y a point de courant ni de force abrasive en jeu au fond de la mer, et que, par conséquent, si un câble y était déposé, il y demeurerait dans un repos parfait, sans que rien vint l'agiter, l'user ou le ronger, sauf la dent destructrice du temps. (MAURY, *loc. cit.*, p. 336.)

« Cette opinion est conforme à celle de *Delamarre*, qui dit : « Le câble sous-marin reposant au fond de la mer est soumis à une pression qui, pour celui de l'Atlantique, ira à 500 atmosphères. On peut se demander quelles modifications produiront ces pressions énormes sur l'état moléculaire du fil et de sa conductibilité. La théorie indique que non-seulement il n'y a rien à craindre, mais qu'au contraire les conditions seront meilleures. De plus, la pratique tend à rassurer, puisque, l'an dernier, de Sardaigne en Algérie, on a communiqué télégraphiquement par 2000 mètres de profondeur, c'est-à-dire par 200 atmosphères. »

« Une juste appréciation de tous ces faits et des circonstances qui les accompagnent nous conduit à aborder avec sûreté les questions qui concernent le plus grand nombre des difficultés neptuniennes que la compagnie atlantique a eu à combattre avec son câble, et si les faits sont réellement tels que nous les avons décrits, la question peut être posée ainsi : Tout câble qui est assez lourd pour plonger ne l'est-il pas assez pour parvenir jusqu'au fond de la mer? Cela étant, à quoi bon un câble avec une enveloppe de fil de fer, lorsqu'il s'agit de grandes profondeurs? Il est bien entendu qu'il ne s'agit ici nullement des extrémités touchant au rivage, où l'eau est basse et où les forces abrasives agissent activement. Dans ce cas, l'usage du fer est nécessaire, indispensable.

« L'armature en fer a presque uniquement pour but de protéger le câble jusqu'à ce qu'il soit arrivé au fond de la mer.

Dans les grandes profondeurs, les seules dont nous nous occupions, le câble tombe sur le sol avec une vitesse peu considérable; il s'y dépose et même s'y enfonce, s'il y rencontre des matières molles, comme de la vase. L'armature peut, dès ce moment, être considérée comme inutile. Quant aux dangers provenant de corps étrangers, il reste seulement à se préoccuper de l'action de l'eau de mer, des coquilles, des coraux, etc.

« Nous n'avons eu en vue que de parler des eaux profondes, et, dans la question qui nous intéresse, il ne s'agit que des câbles télégraphiques destinés aux grandes profondeurs.

« Ce que nous avançons est conforme à l'opinion émise par MM. Breton et Beau de Rochas, dans leur *Théorie mécanique des télégraphes sous-marins*; ils s'expriment ainsi :

« Jusqu'à la limite où ces dangers peuvent s'étendre (agitation causée par les vents et les marées, et le danger d'être accrochés par les ancres à la traîne), il faut que les fils soient revêtus d'une armature capable de résister aux chocs, à certains frottements, en un mot, aux accidents de toute nature qui peuvent les atteindre :

« Mais au-dessous des profondeurs où ces dangers ne sont plus à craindre, l'armature extérieure est inutile; en outre, elle devient nuisible par son poids, parce qu'elle ne peut résister à l'extension d'une manière efficace. En effet, pour qu'elle résistât efficacement, il faudrait qu'elle fût faite de manière à ne pas s'allonger plus facilement que le fil intérieur. Celui-ci, placé exactement dans l'axe du câble, ne peut s'allonger qu'autant que la substance même du métal cède à l'extension; au contraire, les fils cordés qui forment l'armature extérieure peuvent céder à l'allongement par une simple diminution de courbure des courbes qu'ils forment les uns autour des autres et tous ensemble autour du fil intérieur, sans que la longueur réelle de chaque courbe soit altérée. Si donc on tire par les deux bouts un câble télégraphique pareil à ceux qu'on a employés jusqu'à présent, et si on augmente la tension de plus en plus, on parviendra nécessairement à rompre le fil intérieur qui sert de conducteur, lorsque l'armature extérieure sera à peine tendue. Celle-ci ne fait alors qu'ajouter à la charge que doit supporter seule la cohésion du fil intérieur, et diminue par conséquent la limite des profondeurs où la pose est possible. Il faut donc supprimer l'armature dès qu'elle n'est plus abso-

« lument nécessaire. » (*Théorie mécanique des télégraphes sous-marins*, par P. Breton et A. Beau de Rochas.)

« On peut se demander, en effet, avec raison, à quoi sert cette cuirasse de fer dont on arme le conducteur isolé? Serait-ce pour le faire plonger? Non certainement, car la compagnie transatlantique trouva le câble tellement lourd, lorsqu'elle en commença l'immersion, qu'elle fut forcée d'en remettre l'exécution à l'année suivante, afin de pouvoir construire des freins pour modérer la descente du câble et l'empêcher de se rompre non-seulement à cause de son propre poids, mais aussi à cause de la vitesse acquise dans la descente. Sans l'enveloppe en fil de fer, le câble était assez lourd pour plonger; mais quand même il se fût trouvé trop léger, une bien petite augmentation du diamètre du fil conducteur l'aurait alourdi suffisamment, sans aucun détriment de sa conductibilité électrique. (MAURY, pages 342 et 343.)

« L'enveloppe extérieure en fer est bien loin d'augmenter le pouvoir conducteur du fil de cuivre. Le surcroît de volume et de poids que le câble reçoit de cette enveloppe est une des principales difficultés que l'on éprouve et que l'on éprouvera toujours lors de sa pose. Le manque de souplesse dans un câble semblable n'est point la seule difficulté qui se présente lors de l'immersion. Il en est d'autres encore. Le conducteur est formé de sept fils de cuivre tordus en spirales. Ce conducteur, enveloppé d'une couche épaisse de gutta-percha, forme une corde du diamètre d'un centimètre. Le tout est ensuite entouré par dix-huit fils de fer formant des spirales autour de la corde. Et chacun de ces dix-huit fils de fer est lui-même formé de sept fils.

« Le câble ainsi construit, lorsqu'on le laisse filer pour l'immerger dans la mer, éprouve un tiraillement équivalant à 1000 ou 1300 kilogrammes; car telle est la pression qu'on a dû employer au moyen des freins pour l'empêcher de filer avec une trop grande vitesse. Cette traction s'exerce principalement sur la partie centrale, composée du conducteur et de son enveloppe isolante en gutta-percha.

« Pour expliquer cette assertion, c'est-à-dire que l'effort se porte sur la partie centrale ou l'âme du câble, nous n'avons qu'à observer ce qui arrive dans des cas pareils à cette partie des gréements des bateaux qui est formée d'une corde ayant une partie centrale que les marins appellent une mèche.

• Les premières conditions requises pour qu'un câble sous-

marin ait des chances de succès sont sa parfaite isolation et sa flexibilité. Sans la première condition, point de conductibilité possible. La seconde est aussi importante, car sans elle il serait de toute impossibilité de le déposer au fond de la mer.

« Il faut donc de toute nécessité que le conducteur électrique soit recouvert d'une couche de substance non conductrice qui garantisse une isolation parfaite, et qu'il possède le moins possible de pouvoir inductif. Cette matière isolante doit être élastique et flexible, non poreuse, et capable de résister à l'action de l'eau. Il faut ensuite que le conducteur électrique enveloppé de sa couche non conductrice ou isolante, soit protégé par une enveloppe flexible et résistante, et d'une gravité spécifique telle qu'il permette au câble qu'il forme de parvenir jusqu'au fond de la mer.

« Les filins de la corde, de même que les fils de fer du câble télégraphique, entourent la mèche en spirales. Il arrive très-souvent que lorsque cette corde est soumise à une trop forte tension la mèche se rompt, et les marins anglais disent alors que la vie est partie de l'âme. Certainement, dans toute corde en spirales ayant une partie centrale ou une mèche, la partie extérieure sera plus extensible que la partie centrale. Un témoin oculaire qui a assisté à la pose du câble transatlantique dit que le tiraillement produit par le frein sur le câble à bord du *Niagara* était tel qu'une grande quantité de goudron suintait à travers le câble à mesure que le câble filait, preuve évidente que les spirales de fil de fer exerçaient une forte pression de la partie centrale, en s'allongeant et en se rapprochant du centre.

« Cette force était plus que suffisante pour détruire l'isolement en tirillant et rompant çà et là la gutta-percha. Et, d'un autre côté, les fils du conducteur, tendus et tirillés eux-mêmes outre mesure, ont dû s'érailler et se rompre, car, comme on l'a vu, lorsque le *Niagara* et l'*Agamemnon* filaient leurs câbles, les freins retenaient à peine le câble malgré la pression énorme qu'ils exerçaient et qui était évaluée à un effort de 1000 à 1300 kilogrammes. Nul doute que la gutta-percha n'ait dû céder en premier lieu, et ensuite les sept fils de cuivre dont était composé le conducteur. Ces fils n'auront pas cédé ensemble à la traction qui tendait à les rompre, car il n'était pas possible qu'ils fussent tous également tendus. Ils auront dû être attaqués successivement, en détail, les uns après les autres, de manière que la faculté conductrice du conducteur, qui

a dû être très-souvent essayé, n'en ait pas semblé avoir éprouvé une diminution bien sensible.

« Les fils se sont probablement rompus les uns après les autres, à des distances très-variables, et la rupture d'un fil facilitait la rupture des autres. Cependant il est probable que les extrémités rompues, étant encore fraîches et polies, ont pu permettre au courant de franchir les espaces qui séparaient les bouts l'un de l'autre, ou la distance assez minime qui les séparait d'un autre fil. Mais lorsque le passage du courant a oxydé ces extrémités, la transmission a dû devenir de plus en plus difficile. C'est ainsi que nous expliquons que le passage de messages intelligibles ait pu d'abord avoir lieu, passage qui a dû graduellement et rapidement aller en diminuant, pour aboutir à l'impossibilité absolue de transmettre le moindre signe. (MAURY, p. 343.)

« Voilà les causes principales, selon nous, de l'insuccès de plusieurs des câbles sous-marins, et surtout du câble transatlantique.

« Il y en a d'autres que nous devons faire connaître. M. C. J. Warley, électricien de la compagnie du télégraphe électrique et international, dit qu'il n'est pas improbable que les courants puissants employés au moyen d'un appareil d'induction aient endommagé l'isolement, et que si un courant plus modéré avait été employé, le câble serait encore capable de transmettre des messages.

« Nous sommes parfaitement de l'avis du savant physicien de la compagnie, quant à l'emploi des courants d'induction en général que nous trouvons posséder une tension trop puissante dans les cas dont nous nous occupons.

« Mais nous ajouterons : Ne produisez-vous pas une machine d'induction très-puissante lorsque vous employez un câble avec une armature de fil de fer ? Quel doit être l'effet de la décharge de l'électricité induite par le courant du conducteur sur l'enveloppe de fil de fer ? La pratique ne nous a pas encore éclairés sur ces effets, mais la théorie nous autorise à les supposer considérables. Personne ne révoquera en doute que le câble armé doit jouir de toutes les propriétés d'une machine d'induction des plus puissantes.

« L'opinion que nous émettons est confirmée par ce que dit M. Window dans une brochure qu'il ne m'a pas été possible de me procurer, mais dont l'extrait suivant m'est connu : « Un grand obstacle, dit-il, est offert par le fil conducteur au pas-

« sage du courant électrique par le fait du courant induit sur
 « l'enveloppe extérieure à la couche isolante. Pour surmonter
 « cet obstacle, il est nécessaire d'employer de très-puissants
 « courants sous l'emploi desquels la couche de gutta-percha se
 « boursoufle et se gerce, et toute isolation est détruite. » Pour
 remédier à cet inconvénient, ajoute M. Window, il convien-
 drait d'augmenter l'épaisseur du fil conducteur et les couchés
 de gutta-percha. Mais ici aussi il existe une limite nécessaire
 qu'on ne saurait outre-passar.

« Enfin les partisans et les non-partisans des câbles lourds
 sont d'accord quant aux inconvénients que ces câbles offrent,
 non-seulement lors de la pose, mais encore lorsqu'ils gisent
 tranquillement déposés au fond de la mer, sur l'obstacle que
 l'armature en fer oppose au libre passage de l'électricité. Pour-
 quoi donc s'obstiner à en faire usage? Aussi les esprits les plus
 sages, ceux que la routine n'a pas aveuglés, proposent-ils l'em-
 ploi des câbles légers. Mais on me demandera quelle espèce
 de câble léger est la plus rationnelle et la plus convenable.
That is the question. A d'autres la solution de ce problème. Je
 ne me suis pas proposé de le résoudre. Je terminerai donc,
 en répétant avec le lieutenant Maury :

« Une ligne avec un conducteur non interrompu à travers
 « l'Atlantique ou le Pacifique est aussi praticable que celle à
 « travers les Alpes ou les Andes. — La vraie question pour les
 « personnes qui se proposeront d'exécuter des lignes télégra-
 « phiques sous-marines n'est pas de savoir quelle est la profon-
 « deur ou la largeur de la mer, et à quel degré cette mer peut
 « être orageuse; mais quelles sont les limites électriques, quant
 « à la longueur des lignes sous-marines. — Je n'ai aucun doute,
 « quant au succès définitif de l'établissement d'un télégraphe à
 « travers l'Atlantique. La seule limite, en effet, à la possibilité
 « d'établir des lignes télégraphiques sous-marines est celle que
 « la nature même a imposée au courant galvanique. La mer
 « n'offre aucun obstacle en raison de sa profondeur ou de ses
 « courants aux lignes de toute longueur. »

MARINE.

1

La trirème impériale.

Occupé d'écrire la *Vie de César*, et voulant dissiper les
 doutes, les incertitudes qui règnent dans les récits des
 historiens sur les véritables dispositions des navires anti-
 ques, l'Empereur Napoléon III a fait construire, en 1861,
 une trirème romaine. Ce curieux monument a donné plus
 de notions utiles sur les constructions navales des anciens
 que les mémoires les plus érudits. Pendant un mois, chacun
 a pu admirer sur la Seine, à Saint-Cloud, la *trirème impériale*
 dont nous allons résumer les particularités principales.

Sa forme élégante, sa coquette décoration, voilà ce qui
 frappait dans l'aspect extérieur de la trirème. Elle était
 sept fois plus longue que large, ce qui lui donnait une
 forme gracieuse et élancée; ses deux extrémités recourbées
 en arc ajoutaient à cette élégance. Sa longueur était de
 33^m, 25, et sa largeur de 5^m, 50.

Autour du pont régnait une galerie décorée d'aigles et
 de palmes, signe de force et de victoire. Au-dessous de
 cette galerie étaient les ouvertures destinées à laisser pas-
 ser le premier rang de rames, lesquelles formaient, dans
 tout leur ensemble, trois rangs superposés. Ces rames
 étaient au nombre de 130; 42 composaient le premier rang,
 placées symétriquement des deux côtés du navire, 44 figu-
 raient aux deuxième et troisième rangs. La longueur de ces