

Sur les traces des câbles transatlantiques

De l'anse de Déolen (pointe du Finistère)

à

Saint Pierre et Miquelon

Collection Michel Balannec

Crédits photographiques : Michel Balannec

Conception et documentation : Michel Balannec – F6DLQ

Octobre 2020

Avant-propos

La rédaction de cet article fait suite à un travail de recherche sur les câbles transatlantiques.

Le hasard de mes recherches m'a permis de prendre connaissance de l'historique des câbles sous-marins aux îles Saint Pierre et Miquelon. Un article détaillé avait été rédigé dans les années 1950/1951 par Georges Le Hors, ancien directeur de la station de Saint Pierre.

La consultation d'un article sur les câbles sous-marins dans l'avant-goulet de Brest rédigé par un groupe de recherche en archéologie navale me permet d'en savoir plus.

Mais l'élément déclencheur de l'écriture de ce document est surtout ma rencontre avec Herlé Goraguer, résidant à Pierre et Miquelon. La conversation s'est engagée sur le sujet des télécommunications et Herlé Goraguer a été attentif à mes propos.

Comme un maillon dans cette chaîne d'histoire il m'a transmis de nombreuses photos du parcours du câble atterrissant à l'anse à Pierre (Saint Pierre et Miquelon) en provenance de l'anse de Déolen à la pointe de la Bretagne.

C'est aussi un devoir de mémoire suite à l'entretien que m'avait accordé le 16 août 2014 Jacques Gasnier, ancien opérateur de la station de Déolen. Il nous avait fait visiter, à mon copain, Yves Mével et à moi-même, le site de l'anse de Déolen. A l'issue de cette rencontre il m'avait offert un tronçon d'un câble de Déolen.

Malheureusement, Jacques Gasnier nous a quittés deux mois après ce partage de l'histoire des câbles télégraphiques.

Il ne me manquait plus qu'une visite du musée de Pleumeur-Bodou pour compléter ce reportage afin de vous montrer les appareils permettant la transcription des signaux reçus.

Michel Balannec

Sommaire

- *Historique des câbles sous-marins aux îles de St Pierre et Miquelon*
- *Les câbles sous-marins*
- *Câble télégraphique de Brest à Saint Pierre et Miquelon*
- *De Déolen à Saint Pierre et Miquelon*
- *Anse de Déolen*
- *Anse à Pierre*
- *Le siphon recorder*
- *Amplificateur à fils chauds de Heurtley*
- *Annexes techniques*

Historique des câbles sous-marins aux îles de Saint Pierre et Miquelon

C'est en 1850 qu'eut lieu la première tentative de pose d'un câble sous-marin entre Douvres et Calais. Une nouvelle tentative l'année suivante, fut couronnée de succès.

La nouvelle industrie des câbles sous-marins fit de rapides progrès et permit de relier télégraphiquement des contrées séparées par un bras de mer de faible étendue.

Puis des esprits audacieux conçurent le projet de relier l'ancien et nouveau monde par un câble sous-marin immergé dans l'Atlantique.

Déjà en 1856, la « New-York-Newfoundland-London telegraph C » avait établi une liaison télégraphique entre New-York et la pointe orientale de Terre-Neuve.

En cette année 1856 se fondait la compagnie « The Atlantic Cable Co » qui se proposait de compléter cette liaison par la pose d'un câble entre Terre-Neuve et l'Irlande.

L'année suivante, 1857, le vapeur Niagara commença la pose du premier câble transatlantique. La pose se fît à partir de Valentia en Irlande. Mais au bout de 400 milles, le câble se rompit et à cette époque on n'avait encore aucun moyen pour repêcher un câble au fond de la mer.

En 1858 reprise du projet. Cette fois, le câble avait été disposé en deux moitiés, sur deux navires qui se rendirent à mi-route entre l'Irlande et Terre-Neuve. Les deux câbles avaient été reliés et la pose commença, les deux navires se tournant le dos, l'un retournant à Valentia tandis que l'autre se dirigeait sur Heart Content (Terre-Neuve), point terminus du câble. L'opération de la pose se fit cette fois sans incident. On se réjouit fort de ce succès.

Cependant tout n'était pas parfait. La fabrication de ces câbles sous-marins était loin d'être parfaite. L'isolement (1) du nouveau câble laissait à désirer. Les signaux passaient difficilement et bientôt même les communications devinrent tout à fait impossibles.

Malgré ces déboires, la compagnie ne renonça pas à ses projets. Les fonds faisaient défaut mais l'actif secrétaire de la Compagnie, M. Cyrus Field, était à l'affût de toute occasion de s'en procurer.

En 1865, il avait réussi à faire fabriquer un nouveau câble.

Le 23 juillet 1866, le célèbre vapeur *Great Eastern* commence la pose à partir de Valentia. Déjà 1266 milles avaient été posés quand le câble se rompit et le projet a dû être abandonné pour le présent.

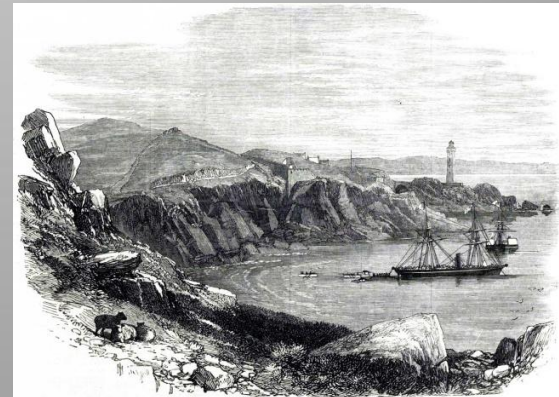
Sans se laisser décourager, la « Compagnie du Câble Atlantique » décida la fabrication d'un autre câble. Les fonds manquants, une nouvelle compagnie « l'Anglo-American Telegraph Co » fut fondée pour lui venir en aide.

Le 17 juillet 1867, le *Great Eastern* partit de nouveau de Valentia et réussit à poser le câble allant de cette ville à Heart's Content où il ankra le 23 juillet. Cette fois la réussite était complète.

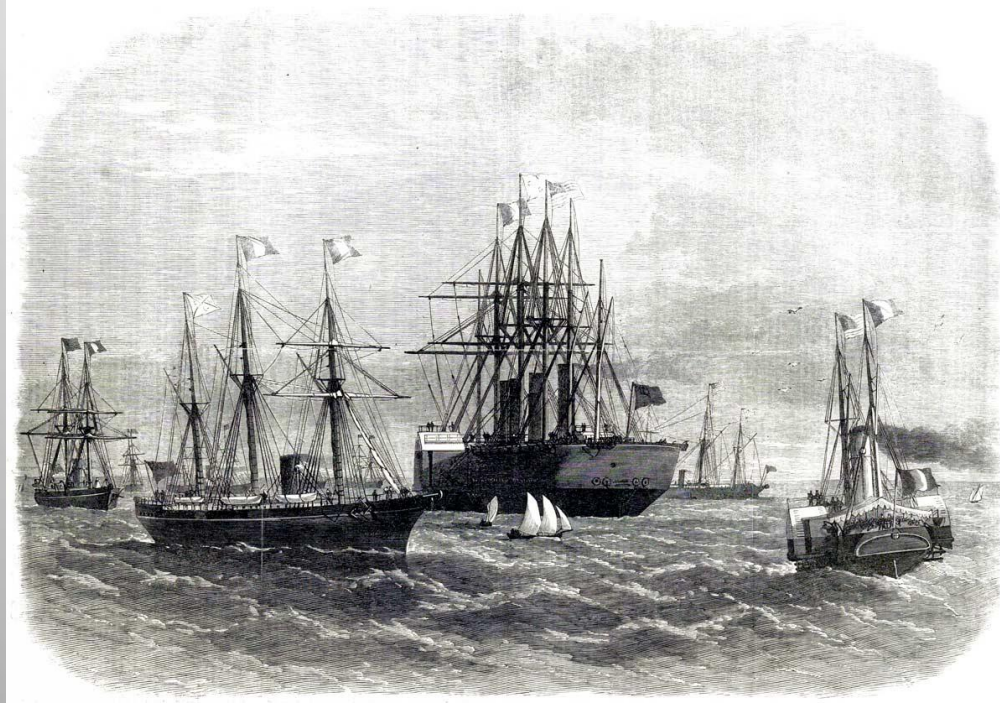
Il revint à l'endroit où il avait dû abandonner l'année suivante, il réussit à grappiner le câble de 1866 et, utilisant le câble qui lui restait à bord, il retourna à Heart's Content, complétant ainsi la pose de deux câbles.

La liaison Europe-Terre-Neuve se trouvait ainsi assurée.

Le 6 juillet 1868 le gouvernement français accorde une concession qui consiste à relier directement la France aux Etats-Unis via Saint Pierre pour éviter un atterrissage en territoire britannique. Le câble doit être en service le 1^{er} septembre 1869 au plus tard. Les fonds de la Société du Câble Transatlantique Français (SCTF) sont trouvés en moins de vingt huit jours. Le câble est installé le 23 juillet 1869 par le *Great Eastern* sous la conduite des ingénieurs britanniques, ayant posé le premier câble Brest (anse du Minou) à Cap Cod via Saint Pierre et Miquelon.



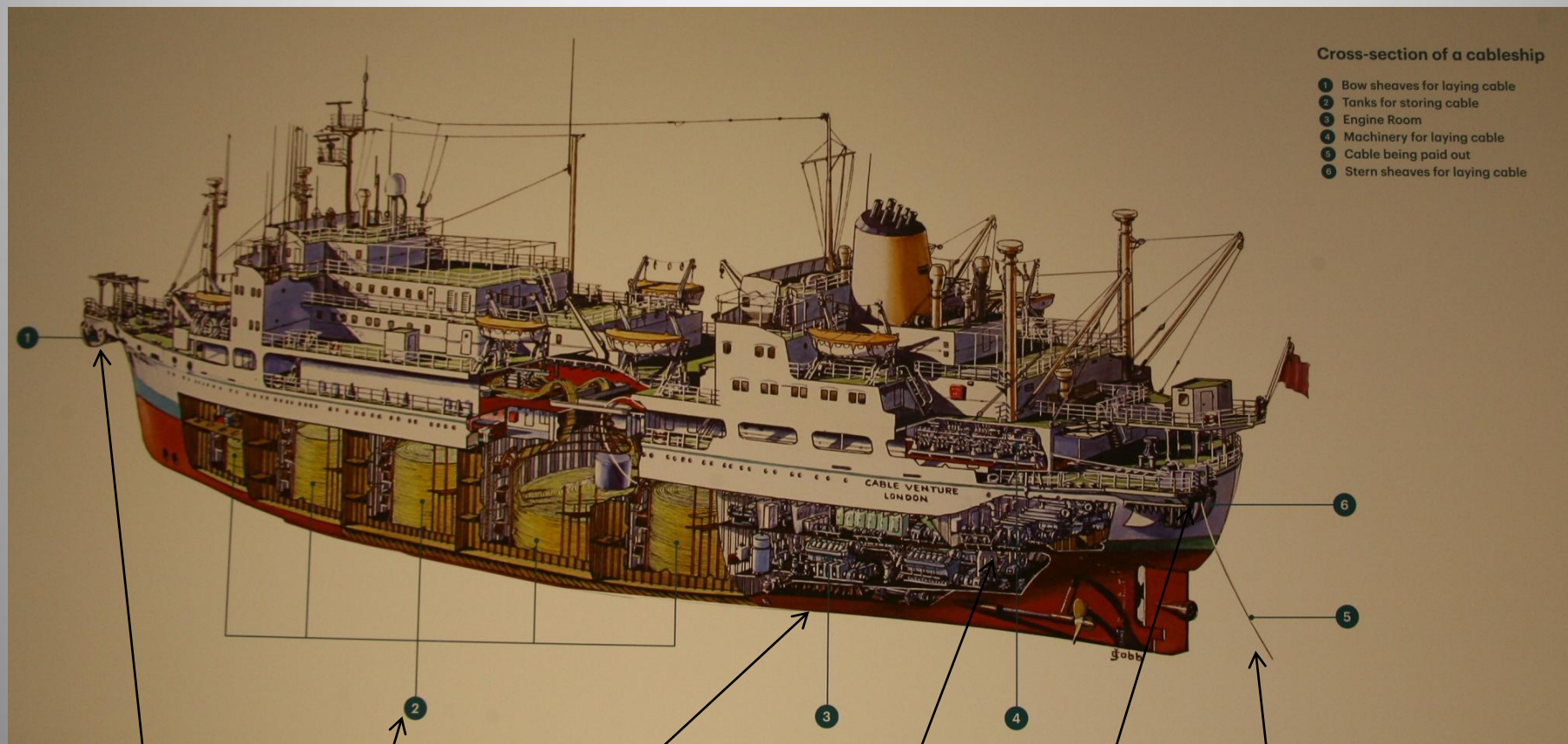
Le câble atterrissait à l'Anse à Pierre où l'on avait construit une maison. C'était la première liaison directe avec la France et elle fut inaugurée par un message à l'adresse de l'Empereur. Trois vapeurs : le Cory, le Scandinavia et le Chiltern posèrent la section Saint Pierre - Duxbury (Cap Cod) près de Boston.



Au début les communications se faisaient directement de l'Anse à Pierre. Mais on travaillait à la pose de quatre câbles souterrains pour relier l'Anse à Pierre au bureau de la ville. C'étaient des câbles non armés, logés par paires dans deux canalisations en fonte.

Le tracé des câbles, battu par les allées et venues des travailleurs, fut adopté comme route de l'Anse à Pierre, au lieu du sentier précédemment utilisé et qui partait de la caserne, passait à l'ouest de la vallée des Sept Etangs pour aboutir derrière l'Etang de l'Anse à Pierre.

Navire câblé « Câble Venture » Londres



Cross-section of a cablesip

- 1 Bow sheaves for laying cable
- 2 Tanks for storing cable
- 3 Engine Room
- 4 Machinery for laying cable
- 5 Cable being paid out
- 6 Stern sheaves for laying cable

Treuil d'étrave
pour la pose du
câble

Cales de stockage
du câble

Salle des machines

Machine pour la
pose du câble

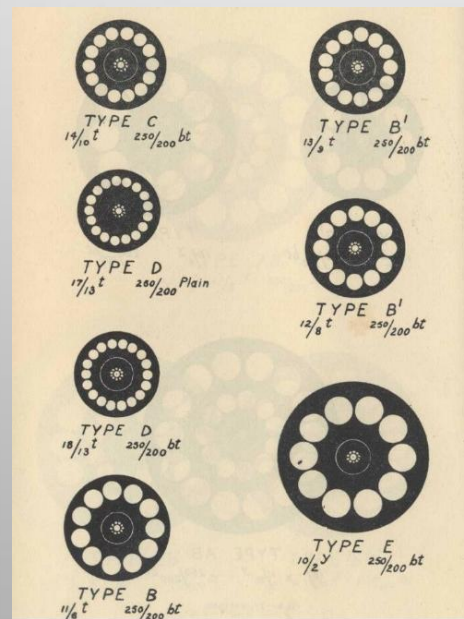
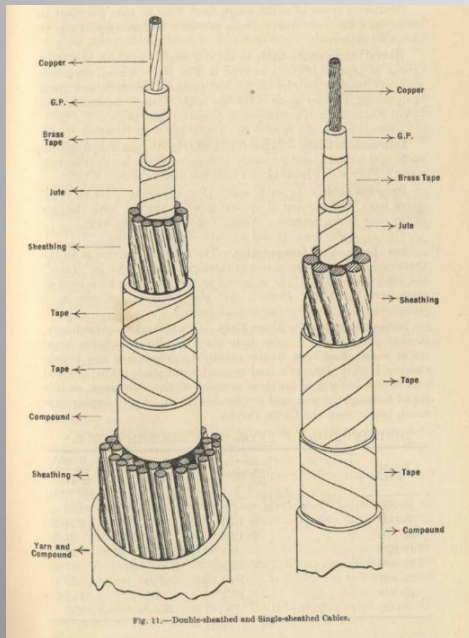
Pose du câble

Treuil d'étambot pour
pose du câble

Les câbles sous-marins

Tous les câbles ont une base identique de sept brins de cuivre, très pur (2), d'un millimètre chacun, et tordus en spirale (au centre) d'un poids de 180 kilos par mille marin (3). Ils sont isolés par un poids identique de quatre couches de gutta-percha (4) et une couche de chanvre imbibée de goudron.

L'armature doit être très résistante pour supporter les efforts destructeurs auxquels les câbles sont soumis.



Dix ans plus tard; en juin 1879, commence la pose du câble reliant Brest à Saint Pierre et Miquelon d'une longueur de 2242 milles soit 3608 km. Les essais du câble montrent que la ligne atteint un débit de 25 mots par minute (5) ce qui permet d'envisager un débit de 12 à 14 mots utiles.

Ce câble fonctionne jusqu'en 1929 où il est détruit par un tsunami dans la région de Terre-Neuve.

En 1895, naît la compagnie française des câbles télégraphiques (CFCT) chargée de renforcer le réseau atlantique.

En 1898, pose d'un nouveau câble à Déolen « le Direct ».

Le câble « le Direct » est composé de cuivre enduit de gutta percha. Il pèse 476 kilos par mille nautique (294 kg de cuivre conducteur et 181 kg de gutta percha). La partie centrale du câble de haute mer est armée par un ensemble de 24 fils d'acier de 2 mm de diamètre.

Le câble intermédiaire des eaux peu profondes est renforcé d'une nouvelle couche d'isolant plus ou moins armée et d'une couche de chanvre imbibée de goudron.

Le câble d'atterrissement (6) est lourdement blindé avec des brins d'acier. Il peut peser jusqu'à 37 tonnes par mille nautique.

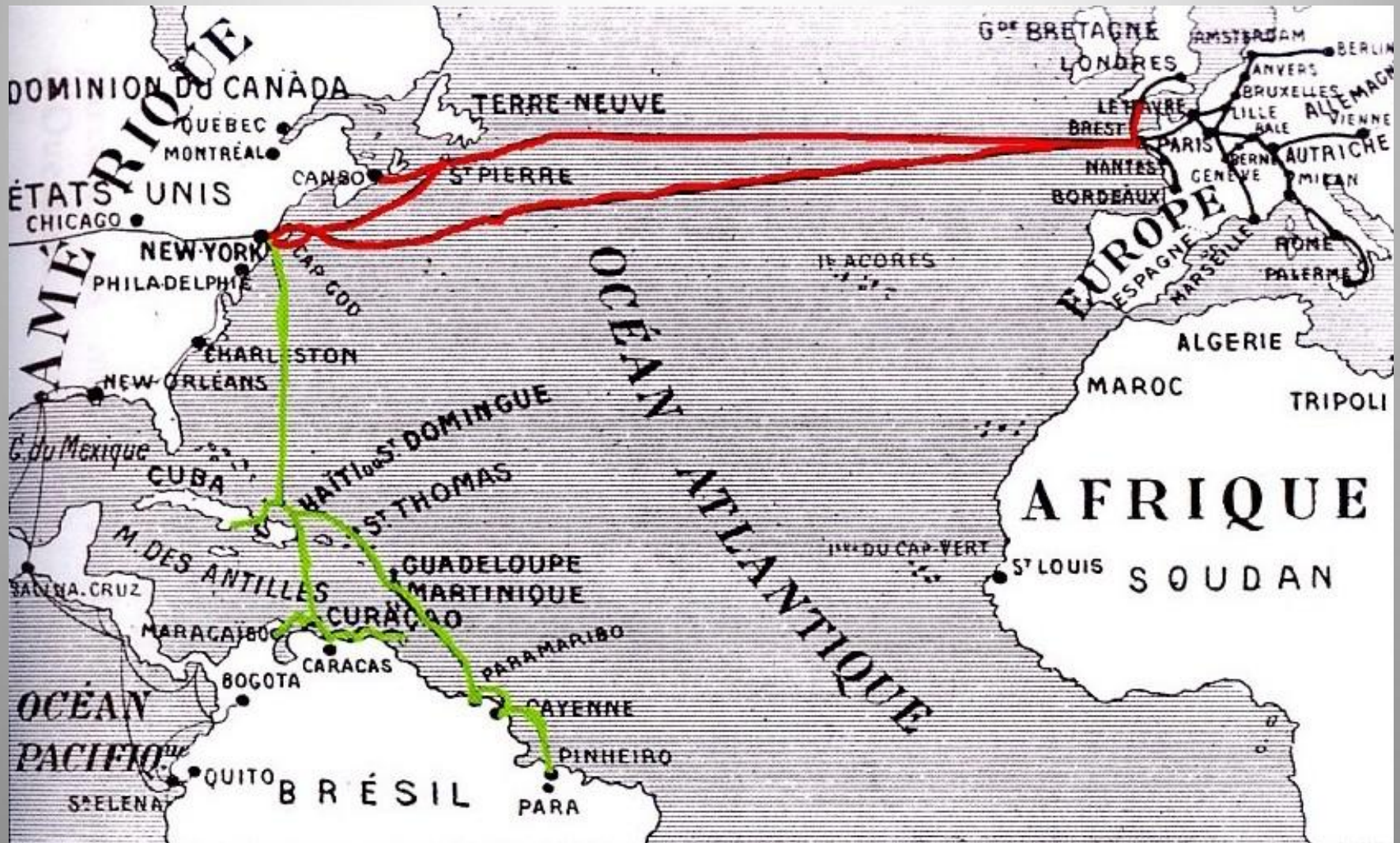
Câble télégraphique de Brest à St Pierre et Miquelon



Armure Roc - Jute goudronné - Armure - Jute tanné - Antitaret - Chatterton - Gutta percha



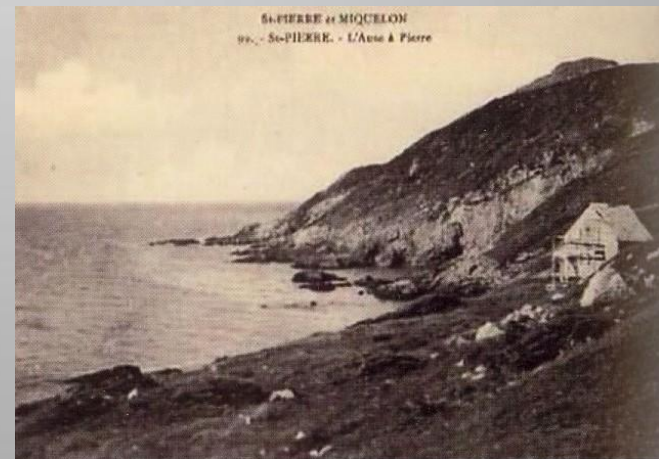
De Déolen à Saint Pierre et Miquelon



De Déolen à St Pierre et Miquelon



Anse de Déolen



Anse à Pierre

Anse de Déolen



Au loin, locaux techniques de la station de Déolen

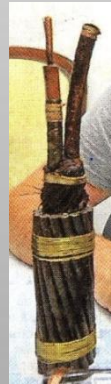


Atterrissage du câble

Anse de Déolen



Atterrissage du câble



Profil du câble à deux conducteurs

La salle d'exploitation de Déolen en 1928



La télégraphie harmonique.

La salle d'exploitation de Brest-Déolen en 1928.

Article Ouest France (16 août 2014)

Jacques Gasnier offre une autre vie aux câbles télégraphiques. Il a consacré près de dix ans à des recherches sur le centre télégraphique de Déolen qui a fermé en 1961.

L'aventure touche à sa fin mais le fruit de ce travail n'est pas perdu. Il y a 135 ans, en 1879, le premier câble télégraphique transatlantique français a été posé entre Déolen et St Pierre et Miquelon.

En 1957, Jacques Gasnier est arrivé au centre d'exploitation de Déolen. A la fin de sa carrière en 1998 il s'intéresse à l'historique de la station de Déolen.

En 2011, il récupère un premier bout de câble qui avait été relevé par un navire qui mouillait à Brest. Il a ensuite collecté six modèles de câbles différents : trois télégraphiques, deux coaxiaux (téléphone) et un de fibre optique.

Il offre une autre vie aux câbles télégraphiques

Il a consacré près de dix ans à des recherches sur le centre télégraphique du Déolen qui a fermé en 1961. L'aventure touche à sa fin, mais le fruit du travail de Jacques Gasnier n'est pas perdu.

Bien connu pour s'ouvrir au monde par la mer depuis des siècles, la Bretagne est aussi connectée depuis très longtemps à la planète sous l'Océan. Il y a 135 ans, en 1879, le premier câble télégraphique transatlantique français a été posé entre le Déolen (commune de Locmaria-Plouzané) et Saint-Pierre et Miquelon (avant d'être prolongé jusqu'à Duxbury, Massachusetts, États-Unis). A peine 80 ans plus tard, en 1957, Jacques Gasnier est arrivé au centre d'exploitation de Déolen.

A cet endroit, il n'est resté qu'un an, le temps de sa formation, avant de partir à Paris, puis vers de nombreuses missions à l'étranger, notamment en Afrique et sur le continent américain. Pourtant, Jacques Gasnier n'a jamais oublié le Déolen. En 1961, il a appris la fermeture du centre, « avec tristesse », confie-t-il.

A la recherche de câbles

A la fin de sa carrière, en 1998, il est revenu s'installer au Relecq-Kerhuon et s'est rapidement intéressé au Déolen qui avait été transformé en centre de vacances des PTT avant de devenir une propriété privée. « J'ai espéré qu'on puisse y installer un musée des câbles télégraphiques, mais c'était trop compliqué », avoue Jacques Gasnier, 76 ans.

A partir de 2005, l'homme entre



Jacques Gasnier et une partie de sa collection de câbles sous-marins, principalement télégraphiques.

Article Ouest France (30 septembre 2017)

Une borne d'interprétation a été inaugurée à Déolen. Elle célèbre l'aventure des câbles transatlantiques.

Haut lieu de l'aventure des câbles télégraphiques transatlantiques, le site de Déolen a reçu une reconnaissance mondiale de « l'institut of electrical and electronics engineers (IEEE).

Elle récompense l'avancée technique représentée par les câbles transatlantiques. L'anse de Déolen est aujourd'hui connue des randonneurs et des surfeurs. Pourtant, il y a plus d'un siècle, une véritable prouesse technologique et une belle aventure humaine y ont vu le jour, malgré de nombreuses difficultés techniques et financières.

En 1855, un message télégraphique de 100 mots se transmettait en moins de cinq minutes. Mais restait le problème des mers et océans à traverser. La découverte d'un nouvel isolant végétal, la gutta-percha, permit enfin la fabrication de câbles sous-marins.

La Bretagne, tournée vers l'Amérique s'impose alors comme un site privilégié pour participer à ce nouveau défi.

En 1869, pose d'un câble de l'anse du Minou à Cap Cod via Saint Pierre et Miquelon.

En 1879, un câble transatlantique est posé entre Déolen et Orléans Cap-Cod (Massachusetts), via Saint Pierre et Miquelon. En moins d'un an. Les essais du câble montrent que la ligne atteint un débit de 25 mots par minute.

En 1880, pose d'un câble entre Déolen et Porthcurno (Cornouaille britannique).

En 1897, un second câble « Le Direct », ou PQ, fabriqué à Calais, sera posé entre Déolen et Cap-Cod en quatre campagnes. Avec ses 5878 km, c'est le plus long câble sous-marin posé au fond de l'océan et le plus lourd jamais utilisé. Il transmet environ 40 mots par minute et sera prolongé l'année suivante jusqu'à New-York par un autre câble de 600 km. Face à ce succès, l'aventure se poursuit entre l'Afrique de l'Ouest et l'Amérique du Sud dès 1905. Cette prouesse est une révolution. Les câbles seront d'une grande utilité aux communications militaires lors de la première guerre mondiale.

En 1919, pose du câble « AZ » Déolen - Fayal (Horta- New-York.

A partir de 1920, la station s'agrandit, se modernise avec un bâtiment technique et des logements pour le personnel. Une centaine de personnes se relaient à la station qui fonctionne en continu sept jours sur sept. Le site devient l'un des points stratégiques des télécommunications mondiales.

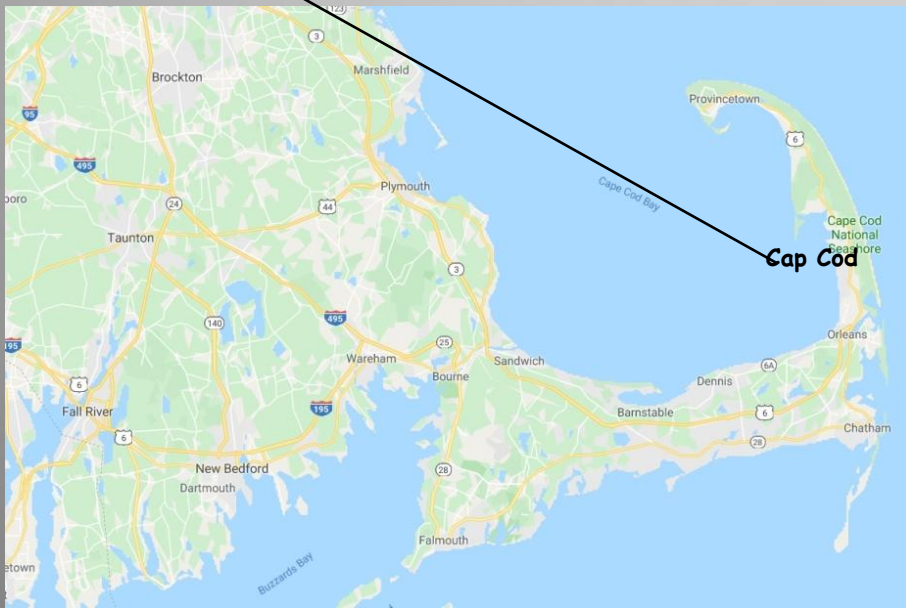
L'entrée en fonction du satellite et de la station de Plomeur-Bodou (Côtes-d'Armor) entraîneront sa fermeture en 1962.

Inauguration de la borne d'interprétation à Déolen

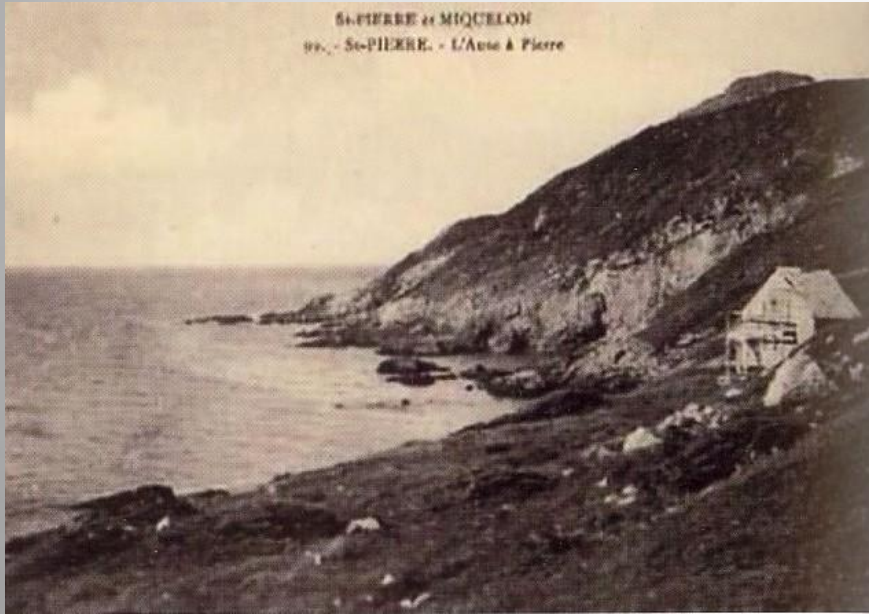


René Garello, et Frédérique Vallet, de l'IEEE, ont inauguré la borne d'interprétation en présence des élus, des membres de Locmaria patrimoine, de descendants d'employés de Déolen et de la station de Cap-Cod et de Philpp Cousins, du musée de Cap Cod.

Saint Pierre et Miquelon et Cap Cod



Fondation du bâtiment d'atterrissage à l'anse à Pierre



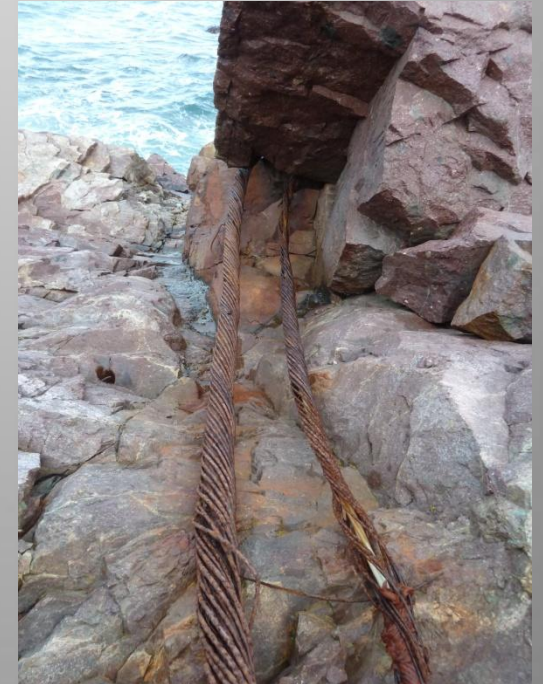
Fondations du bâtiment - Atterrissage à l'anse à Pierre



Câbles apparents



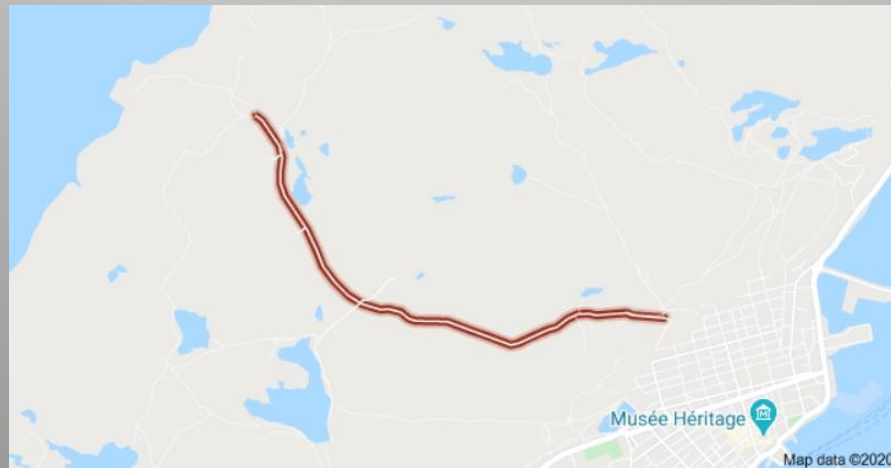
Trajet du câble en remontant le chemin



Trajet du câble en remontant le chemin



Le tracé des câbles, battu par les allées et venues des travailleurs, fut adopté comme route de l'Anse à Pierre, au lieu du sentier précédemment utilisé et qui partait de la caserne, passait à l'ouest de la vallée des Sept Etangs pour aboutir derrière l'Etang de l'Anse à Pierre.



Trajet du câble en remontant le chemin



Vallée des sept étangs



Bâtiment qui devait accueillir les bureaux des câbles en ville. Il est situé à 4 km du site de l'anse à Pierre



Le 28 août 1869, les manipulations se firent à partir de la ville. La Compagnie des Câbles avait acheté l'immeuble du notaire, M. Salomon; la partie en pierres du bureau de la Western-Union.



Le siphon-recorder

Le siphon-recorder permettait d'enregistrer les signaux reçus sur les liaisons très longues lorsque le signal était très faible. Il fallait ensuite les interpréter et les transcrire manuellement.

Un progrès fut apporté par l'amplificateur à fils chauds de Heurtley qui pouvait amplifier le signal reçu avant de le réémettre vers Paris par exemple.

Le signal amplifié pouvait aussi actionner une imprimante ou une perforatrice afin de garder une trace du signal reçu.



*Siphon-recorder en provenance de Déolen
Musée de Pleumeur-Bodou*



Modèle original de Sir William Thompson's

Siphon recorder de la Eastern Télégraph Compagny limited

Provenance : musée de Porthcurno

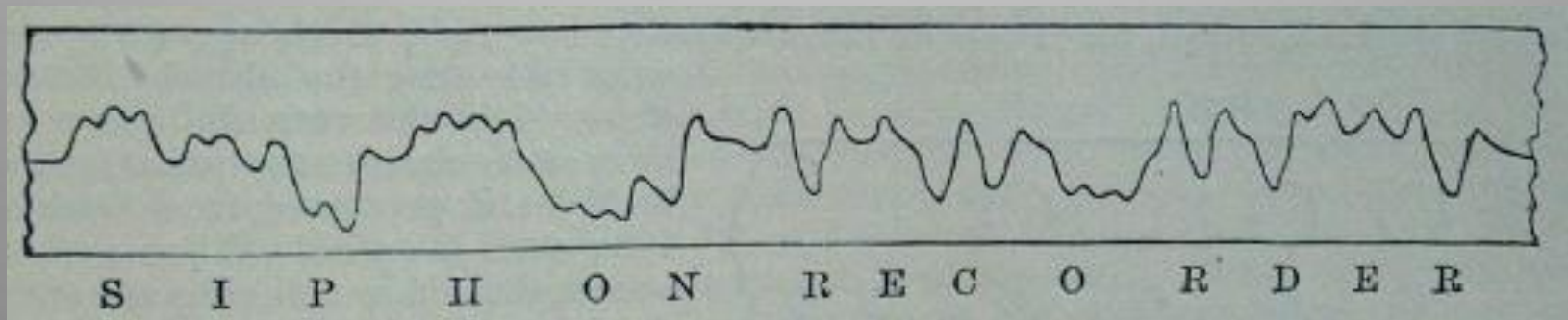
Siphon recorder de Sir William Thomson's - 1870

A partir de 1867 les points et les traits sont remplacés par des impulsions positives ou négatives de chaque côté d'une médiane.

Le signal est souvent affaibli et déformé.



Siphon recorder du musée de Porthcurno



Amplificateur à fils chauds de Heurtley (Année : 1900)

Longtemps, on n'a pas su amplifier les signaux faibles.

Cet appareil utilisait des fils en wollaston dont la résistance électrique varie fortement avec une très légère augmentation de température. Les signaux électriques reçus chauffaient légèrement un fil très fin. Un autre fil, en wollaston, placé à proximité, subissait alors les mêmes variations de température, ce qui faisait varier le courant qui le traversait.

Le signal, amplifié jusqu'à 20 fois pouvait commander une perforatrice, afin de reproduire le ruban perforé utilisé à l'émission.

Ce nouveau ruban servait à imprimer le message pour le retransmettre automatiquement sur la section suivante.

On atteignait des vitesses de 100 à 140 mots par minute.

Appareil encore en usage à Brest-Déolén après la seconde guerre mondiale.



Simplifier l'exploitation avec une « imprimante directe »



Dès la mise au point des systèmes efficaces, l'un des principaux soucis des ingénieurs et de l'administration fut de simplifier l'exploitation des liaisons.

La mise au point de cette « imprimante directe » destinée aux liaisons à très longues distances fut une amélioration notable.

La machine transcrivait les signaux reçus et imprimait les messages en clair sur des bandes de papier qu'il suffisait de coller sur des formulaires pour obtenir les télégrammes.

Annexes techniques

Les câbles et leur fabrication

1) - Considérations générales - Vitesse du signal

La vitesse de transmission du signal est calculée par la formule $V = K / R.C$

K est une constante dépendant des unités et RC la constante de temps égale au produit de la résistance totale par la capacité totale. Ce produit est de plusieurs secondes sur des câbles transatlantiques de 4000 à 6000 km. Sur la liaison transatlantique Brest - Cap Cod en particulier, la constante de temps atteint 6 secondes.

Dans de telles conditions, il n'est pas question d'exploiter le câble en courant continu.

Ce sont des impulsions de charge et de décharge du condensateur que l'on applique au départ et dont on reçoit le résultat à l'arrivée. Chaque impulsion de charge est la plus brève possible et est suivie d'une mise à la terre.

Après la charge du câble sous une polarité, il faut appliquer la polarité inverse. Les points et les traits sont respectivement remplacés par des plus ou moins de même durée avec mise à la terre entre chaque élément de signal. Le signal de réception lumineux est alors déchiffré par l'opérateur avec le risque d'erreur lié à toute intervention humaine.

C'est le code recorder, dérivé du code Morse.

Il s'agit donc d'un code à trois moments (le point étant un signal positif au-dessus de l'équilibre et le trait est un signal négatif au-dessous de l'équilibre). Ce code se révèle parfaitement adapté à la transmission sur les longs câbles sous-marins.

En déterminant le type de câble à utiliser entre deux endroits il est d'usage de spécifier la vitesse du signal à transmettre. Le facteur ayant la plus grande influence sur la vitesse de transmission du signal est le « KR » du câble bien que d'autres facteurs aient une influence considérable qui s'appliquent dont l'agencement général des appareils terminaux alimentés, la sensibilité du récepteur et la compétence des opérateurs.

1) - Vitesse du signal

La vitesse de transmission du signal sera supposé suivre le rapport « KR » selon lequel la vitesse est inversement proportionnelle au « KR ».

La courbe tracée est basée sur une vitesse de 200 lettres par minute sur un câble dont le « KR » est 2,5 correspondant à une vitesse constante de 500.

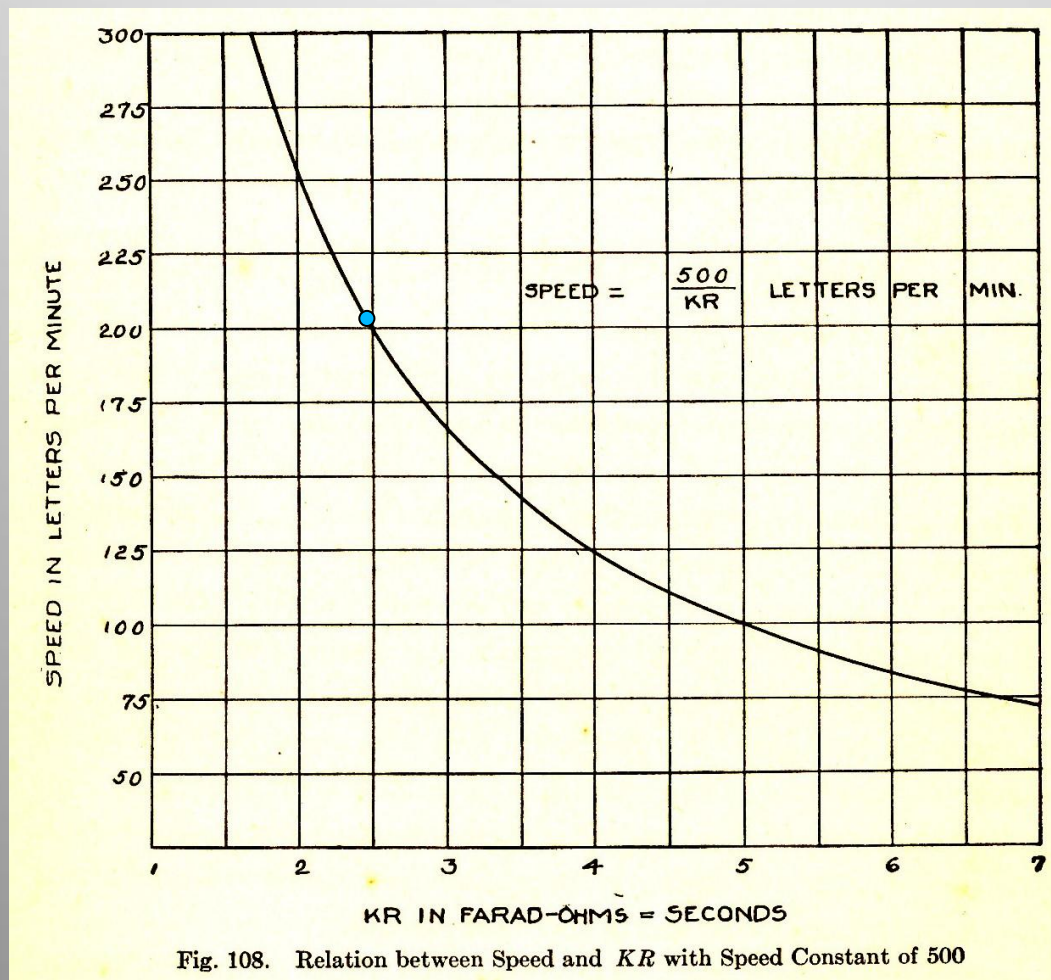


Fig. 108. Relation between Speed and KR with Speed Constant of 500

Trouver le KR d'un câble

Considérant que la vitesse constante s'applique à un câble, nous pouvons trouver par la courbe de la figure 108 la valeur maximum du rapport KR qui permettra de choisir la vitesse.

La relation entre le KR total du câble, la capacité et la résistance par mille nautique est donnée par l'équation

$$KR = kl \times rl = krl^2$$

↑ ↑
Capacité Résistance

k est la capacité par mille nautique
r est la résistance par mille nautique
L est la longueur du câble par mille nautique

K est la capacité totale du câble
R est la résistance totale du câble

Connaissant le KR total et la longueur du câble, la valeur de kr a une influence sur le diamètre du câble. Mais les dimensions du conducteur et l'isolant ne peuvent pas être déterminés par la valeur du kr seul.

Il est évident qu'un kr donné peut être sécurisé par un nombre infini de combinaisons de capacités et de résistances qui est égal au produit de ces deux quantités pour une valeur de l'un qui, avec la valeur de l'autre produiront un résultat.

Par exemple, un câble qui a un kr de 0,8 microfarad-ohm devra avoir une résistance de 2 ohms par mille nautique et une capacité de 0,4 microfarad par mille nautique ; ou une résistance de 4 ohms par mille nautique et une capacité de 0,2 microfarad par mille nautique ; ou une autre combinaison de capacité et de résistance dont le produit sera de 0,8. Les dimensions de ces câbles seront différentes.

A l'extrémité nous aurons un câble ayant une faible résistance recouvert d'une couche d'isolant faite avec une capacité relativement grande. A l'autre extrémité nous aurons un câble ayant une grande résistance. Alors le prix par livre (453 g) sera plus grand que celui du cuivre soit un câble qui aura un coût total de cuivre et de gutta-percha pour un KR relativement grand en cuivre et faible en gutta-percha.

2) - Coût économique du câble

Prenons un câble d'une longueur de 2000 milles pour opérer à une vitesse de 180 lettres par minute, le coût du conducteur en cuivre et l'isolation au gutta-percha seront minimum. Le coût des autres protections ne sera pas pris en considération.

La méthode de procédure sera de trouver le coût du conducteur pour sélectionner celui dont le coût sera le moindre.

Référence à la courbe de la figure 108, nous trouvons que pour assurer une vitesse de 180 lettres par minute, le câble devra avoir un KR de 2,78 farad-ohms ou 2780000 microfarad-ohms.

En prenant l'équation $kr = KR / (l)^2$ nous aurons

$$kr = 2780000 / (2000)^2 = 0,695 \text{ microfarad-ohm}$$

La courbe de la figure ci-contre montre la relation entre la capacité et la résistance par mille nautique pour un kr de 0,695.

Le produit de la capacité et de la résistance pour un point de cette courbe est de 0,695 microfarad-ohm.

Capacité en microfarads par mille nautique

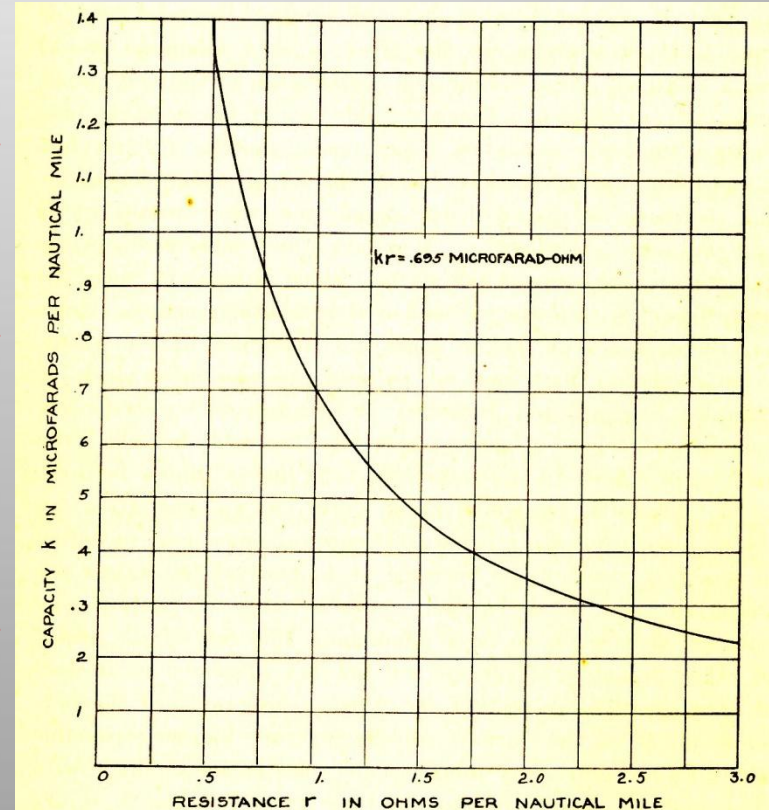


Fig. 109. Relation between Resistance and Capacity for a Nautical Mile for kr of .695 Microfarad-Ohm

3) - Résistance du câble

Il s'agit de trouver la résistance du câble par mille nautique.

Il sera déterminé par le diamètre et le poids du conducteur en cuivre.

La relation entre le poids et la résistance du conducteur à la température de 40 ° F (4,4 ° C) au fond de l'océan nous donne :

$$W = 1099 / r$$

Poids en livre / mille nautique r en ohms / mille nautique

La résistance du conducteur varie avec la température et les propriétés électriques de l'isolant au gutta-percha varient avec la pression et la température. Il est nécessaire d'avoir les informations exactes sur la profondeur et la température de l'océan sur le parcours du câble pour calculer les limites du diamètre du conducteur et l'isolation requise pour garantir une certaine vitesse de transmission du signal.

La relation entre le poids et le diamètre d'un conducteur en cuivre est donnée par l'équation :

$$W = (d)^2 / 55$$

Poids en livre / mille nautique d : diamètre du conducteur

Quand le conducteur est divisé nous devons appliquer les équations suivantes :

Pour 7 brins

$$W = (d)^2 / 69$$

Pour 11 brins

$$W = (d)^2 / 65$$

Pour 13 brins

$$W = (d)^2 / 63,5$$

Des équations $W = 1099 / r$

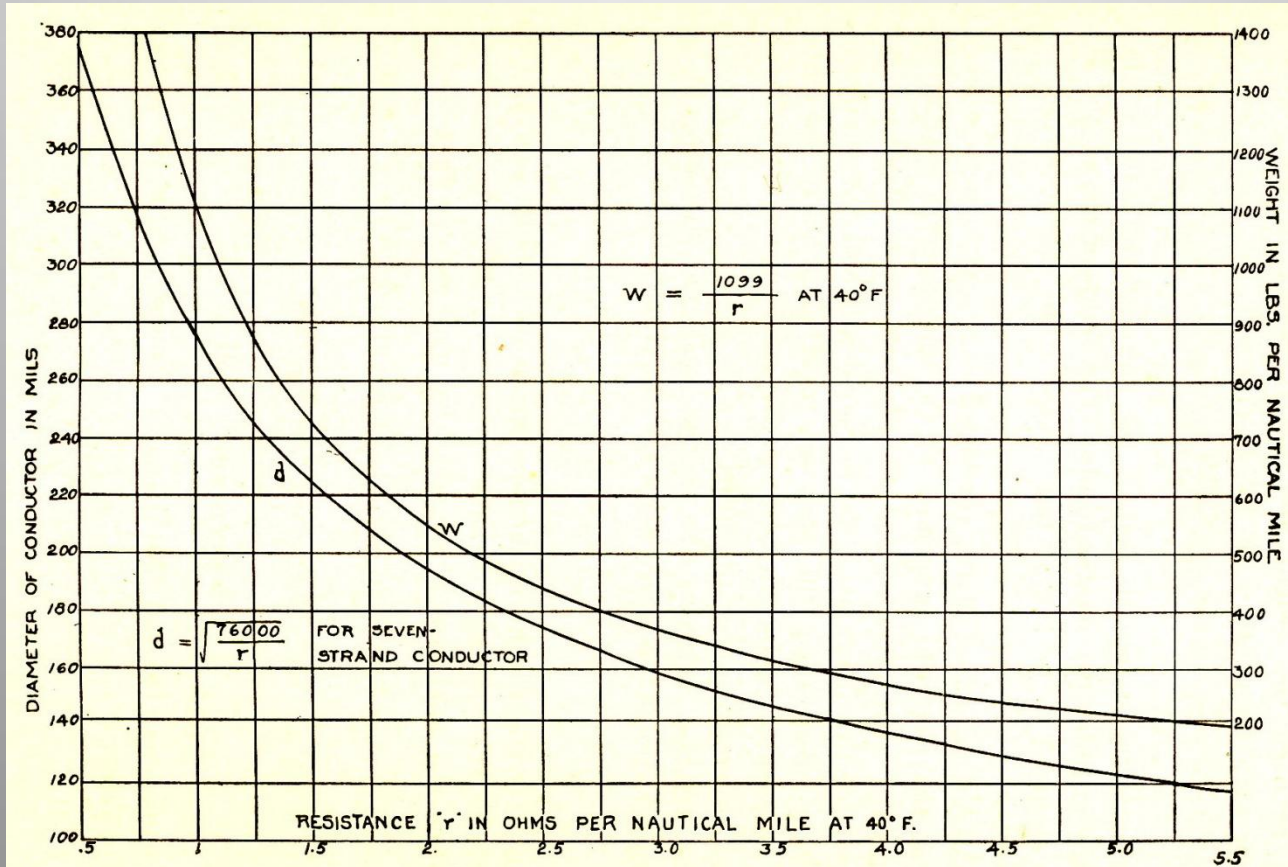
et $W = (d)^2 / 69$

nous pouvons montrer que pour 7 fils conducteurs

$$r = 76000 / (d)^2$$

La courbe de la figure ci-dessous montre la relation entre la résistance du conducteur, son diamètre et son poids.

Diamètre du conducteur en milles



Poids en lbs par mille nautique

Fig. 110. Relation between Resistance and Weight of Conductor per Nautical Mile and Diameter of Conductor

4) - Capacité du câble

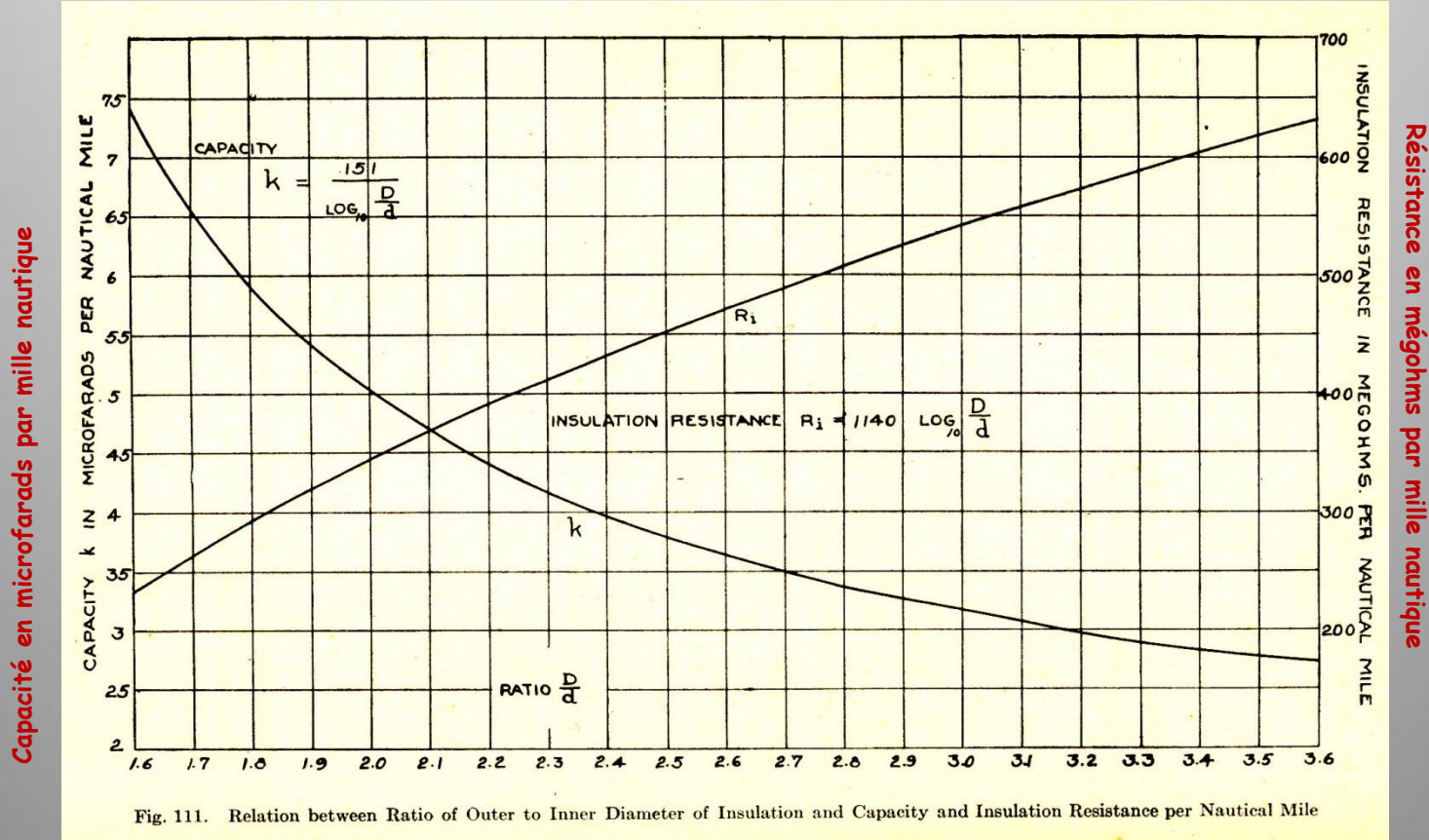
La capacité du câble dépend du rapport des diamètres extérieurs et intérieurs et non du diamètre actuel. Pour l'isolation au gutta-percha il faudra donner la température et la pression auxquelles le câble sera soumis.

$$k = 0,151 / \log_{10} (D / d)$$

Capacité en microfarads par mille nautique

Diamètre extérieur de l'isolant

Diamètre du conducteur



Relation entre le diamètre extérieur du câble, la capacité et la résistance par mille nautique

Exemple :

Prenons un câble, sélectionnons une valeur de résistance, un ohm par mille nautique pour le premier calcul.

De l'équation : $KR = 2780000 / (2000)^2 = 0,695$ microfarad-ohm.

Le poids du conducteur sera de 1099 livres (499 kg) par mille nautique.

Pour assurer une capacité de 0,695 par mille nautique, le rapport de D / d devra être de 1,65 en accord avec la courbe de la page précédente.

Par conséquent, si le diamètre d du conducteur est donné pour 276 mils (7,01 mm), le diamètre extérieur D sera $1,65 \times 276$ ou 455 mils (11,55 mm) et le poids de l'isolant :

$$W = ((455)^2 - (276)^2) / 490$$

soit 267 livres par mille nautique ou 121 kg.

Considérant que le coût du cuivre est de 0,20 dollar par livre et que celui du gutta-percha est de 1,20 dollar par livre, le coût total du tronçon sera :

$(1099 \times 0,20) + (267 \times 1,20)$ ou 540 dollars par mille nautique.

Cette procédure est expliquée dans le diagramme de la page suivante pour d'autres valeurs de résistances par mille nautique et le coût est donné par l'indication de la courbe.

Coût du câble en dollars par mille nautique

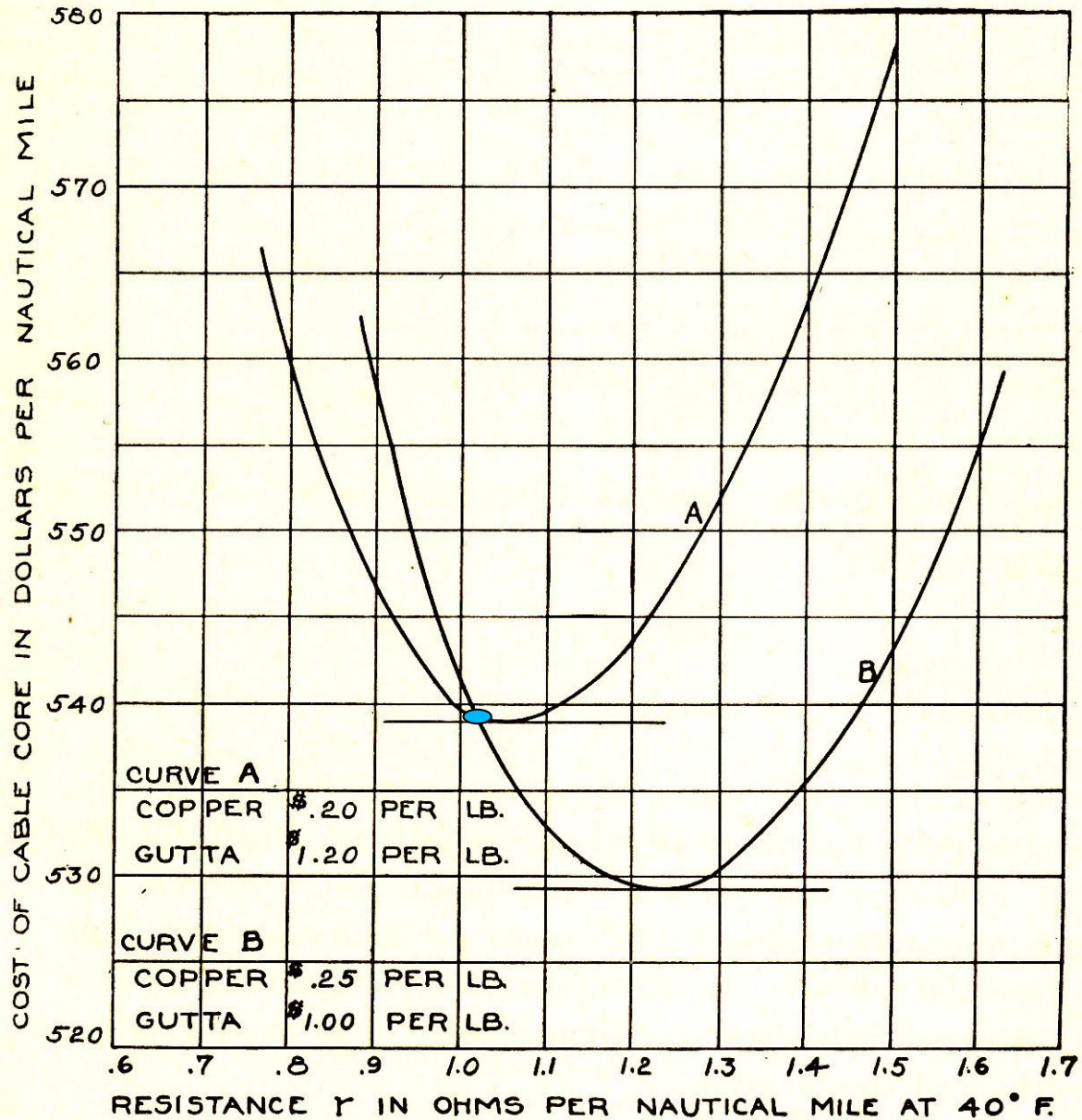


Fig. 112. Relation between Resistance of Cable and Cost of Core per Nautical Mile for Cable Having kr of .695 Microfarad-Ohm

5) - Coût du câble

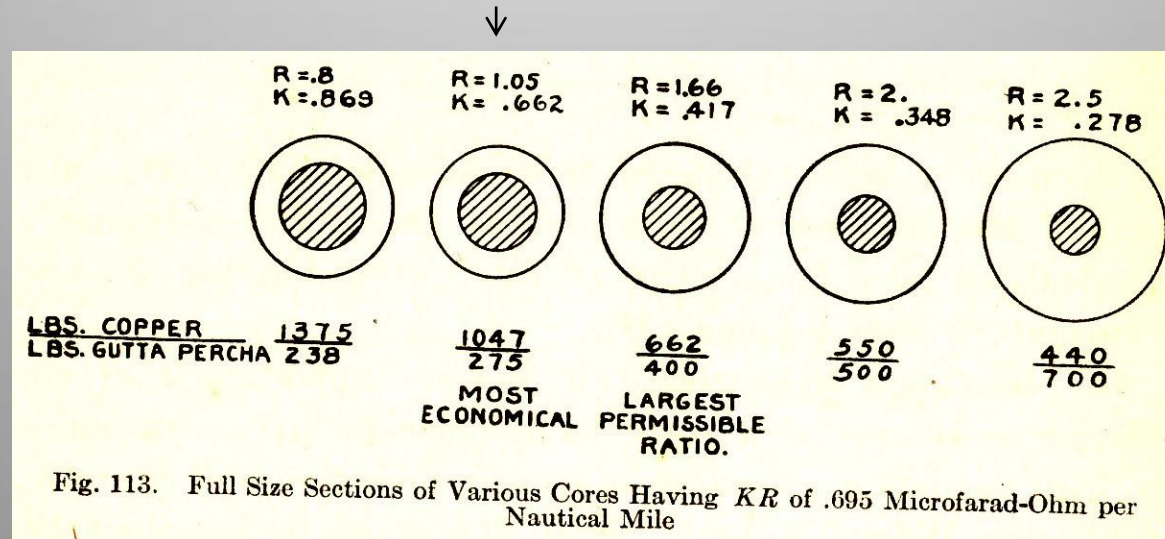
Le plus économique des câbles est celui qui a une résistance de 1,05 ohm par mille nautique et un coût de 539 dollars par mille nautique.

Si le coût du cuivre est de 0,25 dollar par livre et celui du gutta-percha est de un dollar par livre, nous obtiendrons la courbe B indiquant que le câble le plus économique devra avoir une résistance de 1,225 ohm par mille nautique. Ceci montre comment calculer le coût relatif du cuivre et du gutta-percha pour les dimensions du câble le plus économique.

Considérons le câble le plus économique comme indiqué par la courbe A. Le poids du conducteur sera de 1047 pounds (474,91 kg) par mille nautique où le ratio de cuivre au gutta-percha est de 3,8. Le rapport de D / d devra être de 1,69.

La force et la durabilité n'ont jamais été considérées faciles à obtenir pour avoir le ratio du poids du cuivre et du poids de gutta-percha plus grand que 1,6 à 1,7 ou que l'équivalent du ratio D / d inférieur à 2,3.

En effet, il est souhaité pour les considérations économiques d'avoir le ratio de D / d aussi petit que possible.



Constantes électriques et poids des conducteurs de plusieurs câbles

Câble	Longueur mille nautique	Total R (ohm)	Capacité microfarad	K R farad- ohms	R mille nautique	C mille nautique	Poids cuivre kg	Poids gutta-percha kg
1879 Brest Déolen St Pierre et Miquelon	2242 soit 3608 km							
1894	1847 soit 2924 km	3388	776	2,63	1,834	0,42	650	400
<p style="text-align: center;">1898 Nouveau câble à Déolen « le Direct »</p> <p>La partie centrale du câble de haute mer est armée par un ensemble de 24 fils d'acier de 2 mm de diamètre. Le câble intermédiaire des eaux peu profondes est renforcée d'une nouvelle couche d'isolant plus ou moins armée et d'une couche de chanvre imbibée de goudron. Le câble d'atterrissement est lourdement blindé avec des brins d'acier. Il peut peser jusqu'à 37 tonnes par mille nautique.</p>	3429 soit 6000 km						294	181

Lexique

- (1) - Isolement du câble : il est très important que la résistance d'isolement du câble soit suffisamment grande. A 23 degrés Celsius, elle ne sera pas inférieure à 250 mégohms par mille nautique.
- (2) - Cuivre très pur : la résistance d'un fil de section circulaire ayant une longueur de 1 km et un diamètre de 1 mm, à la température de 0 degré C.
Cuivre pur : 20,29 ohms
Cuivre marchand : 20,7 ohms
- (3) - Mille marin : ou mille nautique (1852 m)
- (4) - Gutta-percha : cette plante a été découverte en 1843 par le docteur William Montgomerie de Singapour. Il démontre les propriétés isolantes de cette végétale produite par un arbre. En 1845, Faraday démontre que le pouvoir isolant de cette matière s'accroît dans l'eau.
- (5) - Débit de 25 mots par minute :

Il y a plusieurs façons de définir la vitesse télégraphique :

Lors des examens Radio Marine Marchande on comptait non pas les mots mais les lettres. Comme Paris est un mot de 5 lettres, il suffit de multiplier le WPM par 5, donc 25 mots minute font 125. C'était la vitesse du texte en clair à lire pour l'obtention du certificat de 1^{ère} classe.

100 soit 20 WPM pour le texte en clair pour le 2^{ème} classe et le certificat spécial.

- (6) - Atterrissage : un navire venant du large atterri
Atterrissage : désigne les amas de terre ou de sable apportées par les eaux

Bibliographie

- Document « La grande aventure des câbles télégraphiques transatlantiques à la pointe de Bretagne »
Association « Locmaria Patrimoine » - Edition Cloître Imprimerie - 29800 Saint-Thonan - Avril 2016
- Article « Les câbles sous-marins dans l'avant-goulet de Brest »
Groupe de recherche en archéologie navale - La Cordelière)
- Historique des câbles sous-marins aux îles Saint-Pierre et Miquelon
Texte rédigé dans les années 1950/1951 par Georges Le Hors, ancien directeur de la station de Saint Pierre
- Submarine telegraphy
The Western Union Telegraph Company
American school - Chicago - U.S.A.
Année : 1920
- Telegraphy
par T.E. Herbert - London
Whittaker et co - 1906
- Du Morse à l'internet - Association des Amis des Câbles Sous-Marins
83500 - La Seyne-sur-mer - France
1^{ère} édition - mai 2006

Sources iconographiques et photographiques :

- Photos Michel Balannec et Herlé Goraguer
- Photos anciennes : sources internet (Illustrated London news et revues l'illustration du 10 juillet 1869)
- Gravures extraites du livre « Submarine telegraphy » - collection Michel Balannec

Remerciements à

Herlé Goraguer, résidant à Saint Pierre et Miquelon, pour les photos prises à l'anse à Pierre