

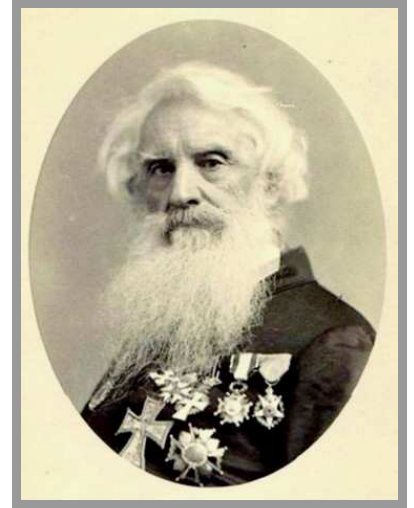
# LES CÂBLES SOUS-MARINS

## L'HISTOIRE DES CÂBLES SOUS-MARINS

### Les câbles télégraphiques.

1837 : Samuel Morse fait breveter son premier télégraphe.

1843 : Morse installe une ligne sous-marine de télégraphie électrique dans le port de New York (Fort Lee).



*Samuel Morse*

1844 : Wheatstone réalise une expérience avec une première ligne sous-marine dans la baie de Swansea entre un navire et un phare.

1845 : Trois inventions fondamentales permettent de résoudre la question de l'isolation des câbles sous-marins : Faraday (propriétés de la gutta), H. Bewley (fabrication de tubes) et S.W. Silver (extrusion).

Ezra Cornell pose une longueur de 24 km dans l'Hudson River New-York.

La gutta-percha, une gomme proche du caoutchouc, mise au point par l'allemand W. Siemens, arrive sur le marché.

C'est au milieu du XIX<sup>e</sup> siècle que la recherche de plantes industrielles se développe. Le latex d'hévéa permet de produire le caoutchouc et celui de l'isonandra ou arbre à gutta, de la gutta-percha qui est utilisée comme isolant des câbles sous-marins.

A l'origine de la fabrication, le chatterton est inconnu, et l'eau de mer, filtrant peu à peu à travers les pores de la gutta, peut atteindre les fils et les suivre sur une partie de leur longueur. Il en résulte des oxydations désastreuses, et de grandes perturbations dans l'échange des télégrammes. La gutta-percha se place en plusieurs couches superposées, entre lesquelles on a soin de faire un enduit de chatterton, dont le but est de réunir intimement les diverses couches. Comme ce revêtement des fils s'est fait à chaud, afin de ramollir la gutta-percha et le chatterton, il faut, après l'opération, refroidir le câble, en le traînant dans des augets pleins d'eau fraîche. Ce procédé est utilisé entre 1850 et 1950 avant d'être remplacé par le polyéthylène, isolant de base des câbles coaxiaux téléphoniques.



## Description du câble

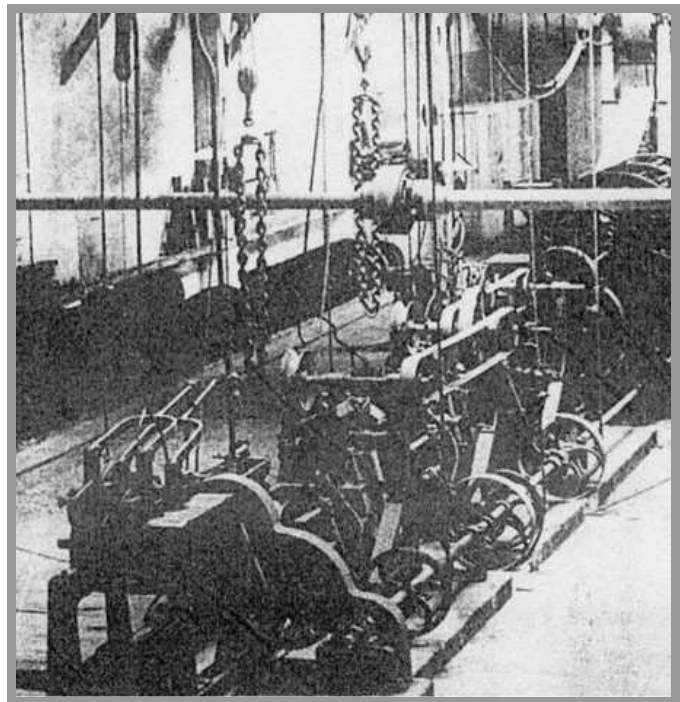


Au centre le « mono-brin » de forte section ( $2,5 \text{ mm}^2$ ) entouré de ses 12 fils de cuivre ( $0,6 \text{ mm}^2$ ). Plusieurs couches de gutta-percha protègent l'ensemble, appelé l'âme du câble et est la partie conductrice diffusant le signal. L'âme est protégée par une enveloppe de chanvre qui doit être imbibée de poix, de goudron, d'huile ou de suif. 15 brins d'acier disposés en hélice servent de protection mécanique et de tenseurs. L'ensemble est recouvert de gutta-percha.



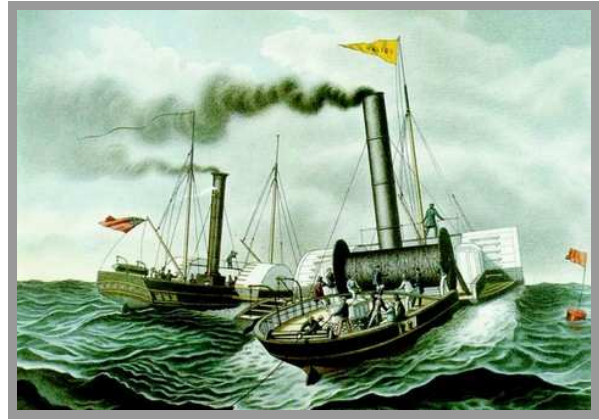
## La fabrication des câbles télégraphiques

Le câble est constitué d'un conducteur électrique et d'une armature. Le conducteur électrique ou âme en cuivre pur est formé de plusieurs fils de 1 millimètre de diamètre environ, câblés autour d'un fil central de 3 millimètres. Le toron ainsi obtenu, souple et supportant bien les efforts de traction et de "lovage", passe dans un bac contenant la matière isolante maintenue à une certaine température (mélange de gutta-percha, goudron et résine; cette dernière facilitant l'adhésion de la gutta sur le cuivre). Au sortir du récipient à composer, le toron passe dans le bac à gutta et sort par une filière, de telle façon que la couche de gutta est homogène et exempte de bulles d'air. Elle est ensuite refroidie sous une rampe à eau avant que le câble soit enroulé sur des bobines. Le câble de fond a une armature métallique composée de fils de fer de diamètre réduit tandis que le câble d'atterrissement est pourvu d'une armature plus épaisse capable de résister aux ancrages, au ressac, à l'usure par les galets.



1849 : C.V. Walter essaie un premier câble sous-marin isolé à la gutta-percha  
Le décret accordant un droit exclusif d'établir une liaison reliant la France à l'Angleterre est signé. J.W. Brett et ses associés créent une société française "La Compagnie du Télégraphe sous-marin de la Manche" dont le siège est à Paris.

1850 : le câble est posé le 23 août. Il ne fonctionne que quelques minutes...  
C'est également en 1850 que le gouvernement français met le télégraphe à la disposition du public (loi du 1er mars 1850).  
Un nouveau câble est construit et posé par "le Blazer" au mois de septembre.



*Le Blazer*

1849 : C.V. Walter essaie un premier câble sous-marin isolé à la gutta-percha

Le décret accordant un droit exclusif d'établir une liaison reliant la France à l'Angleterre est signé. J.W. Brett et ses associés créent une société française « La Compagnie du Télégraphe sous-marin de la Manche » dont le siège est à Paris.

1850 : le câble est posé le 23 août. Il ne fonctionne que quelques minutes...  
C'est également en 1850 que le gouvernement français met le télégraphe à la disposition du public (loi du 1er mars 1850).  
Un nouveau câble est construit et posé par le Blazer au mois de septembre.

1852 : exploitation du câble France-Angleterre entre Paris et Londres.



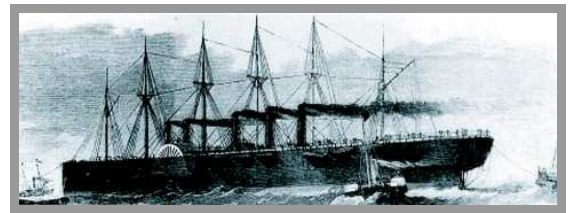
*C.W. Fields*

1857 : Cyrus W. Fields fait une première tentative pour tirer un câble transatlantique, mais il échoue. Le câble rompt et se perd dans les fonds marins.

Field fait une nouvelle tentative qui réussit. Mais la communication est interrompue après un mois à peine, l'isolation du câble n'ayant pas résisté.

1861 : début de la guerre de Sécession, la Western Union pose un câble à travers les territoires indiens jusqu'en Californie. Elle envisage de poursuivre le câblage en majeure partie sur la terre ferme, en reliant la côte ouest à l'Alaska, et en continuant à travers le détroit de Béring, puis la Sibérie en direction de l'Europe.

1865 : Field affrète le "Great Eastern", le plus grand navire de l'époque. Le 23 juillet, le "Great Eastern" largue les amarres. Lors de ce qui constitue la troisième tentative pour poser un câble transatlantique, le câble se casse et disparaît à jamais dans les abysses.



*Le "Great Eastern", long de 211 m, dispose d'une hélice et de 5 400 m<sup>2</sup> de voiles.*

1868 : création de la société du Câble sous-marin télégraphique français

1869 : la France pose son premier câble sous-marin entre Brest et Saint-Pierre-et-Miquelon.



1879 : la compagnie française du câble sous-marin de Paris à New-York tient son premier conseil d'administration sous la présidence de Pouyer-Quertier.

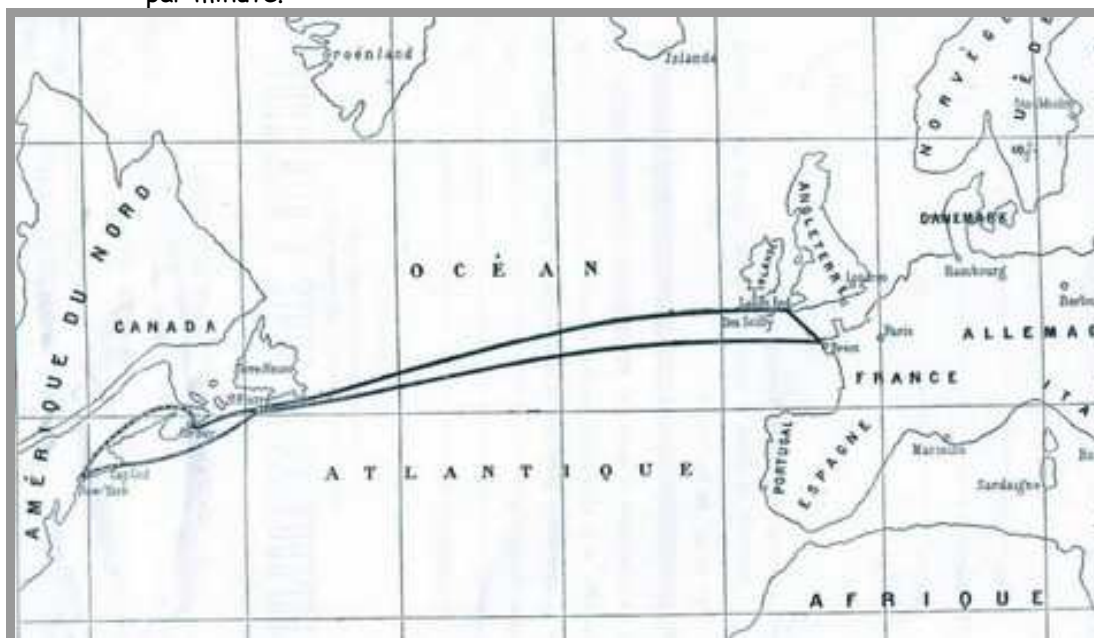


*Pouyer-Quertier*

Juin-novembre 1879 : Pose par le "Faraday", câblier lancé en 1874 par le chantier Charles Mitchell & Co Ltd de Newcastle on Tyne (Royaume-Uni), et appartenant à la société britannique Siemens Bros & C<sup>o</sup> avec laquelle, la Compagnie française du télégraphe de Paris avait contracté la pose d'un câble principal d'une longueur de 4 500 km reliant Brest à Saint-Pierre-et-Miquelon, complété par une première extension, d'une longueur de 1 600 km, allant de Saint-Pierre-et-Miquelon au Cap Cod, et d'une seconde extension, d'une longueur de 400 km, allant de Saint-Pierre-et-Miquelon à Louisbourg (Île du Cap Breton, Nouvelle-Écosse). La première extension atteint le Cap Cod le 17 novembre 1879. Les essais du câble montrent que le débit de la ligne est de 25 mots par minute.



*Station de Cap Cod*



1880 : pose par le "Faraday", et pour le compte de la Compagnie française du télégraphe de Paris, d'un câble d'une longueur de 300 km, allant de Brest à Porthcurno (Cornouaille, Royaume-Uni), et destiné à assurer les communications avec Londres. Par la suite, l'Anglo-American Telegraph Company établit un accord sur les règles de partage des redevances d'utilisation des réseaux.

1881 : la première usine des câbles sous-marins est construite à La Seyne sur Mer.

1884 : l'Europe est en communication directe avec le continent nord-américain, par huit câbles, dont cinq sont anglo-américains, partant de Valentia (Irlande) et deux sont français, et partent de Brest, pour aboutir à Trinity-Bay, dans l'île de Terre-Neuve, et à Saint-Pierre-et-Miquelon, puis gagner, de là, le territoire des États-Unis.

1885 : la société des Téléphones et la société Menier s'allient en 1895 et fondent la société industrielle du téléphone.

De 1850 à 1860, le nombre des dépêches télégraphiques expédiées par les câbles sous-marins passent de 0 à 550 000, à 5 000 000 en 1870, à 13 000 000 en 1880, à 26 175 000 en 1883 et à plus de 26 300 000 en 1886.

1895 : la Compagnie française du télégraphe de Paris à New York en faillite fusionne avec la Société des Câbles Télégraphiques sous-marins pour former la Compagnie française des câbles télégraphiques (CFCT).

1897-1898 : pour le compte de la Société française des câbles télégraphiques, fabrication, dans les ateliers de Calais de la Société industrielle des téléphones et pose, en quatre campagnes par son navire câblé, le "François-Arago", d'un nouveau câble entre Brest et le Cap Cod, câble dit « Direct », d'une longueur de plus de 6 000 km). La première liaison n'est plus exploitée.

1927 : début du radiotéléphone entre le Royaume-Uni et l'Amérique. C'est un circuit, avec une moyenne de 2 000 appels par an. Le coût des appels est prohibitif.

1928 : le taux de base pour les appels est réduit à £ 9 la minute. Le système est soumis aux perturbations atmosphériques, à la décoloration et limite le nombre de fréquences disponibles.

Dans les années 1920 et 30, la faisabilité d'un câble téléphonique entre l'Europe et l'Amérique a souvent été discutée, mais toujours considérée comme ayant trop de difficultés techniques, notamment la nécessité qu'un câble doit être divisé en sections et doit avoir des stations relais, pour amplifier le signal sur une si grande distance. Les répéteurs doivent avoir une résistance suffisante et une fiabilité de fonctionnement par grande profondeur.



*Etat major de "l'Arago" en 1902.*



*Equipage du "Pouyer-Quertier" en 1902.*

1929 : Abandon du deuxième câble dit « Direct » reliant Brest au Cap Cod ; un tremblement de terre survenu au sud de Terre-Neuve l'endommage gravement.

## **Les câbles téléphoniques.**

Entre la pose du premier câble sous-marin télégraphique transatlantique (1858) et celle du premier câble téléphonique (1955), il s'écoule une centaine d'années. Pourquoi un aussi long délai alors que le téléphone a vu le jour en 1876 ?.

Contrairement aux signaux télégraphiques, les signaux du téléphone s'affaiblissent très rapidement en fonction de la distance. Il faut donc les amplifier régulièrement. Or les lampes électroniques, jusqu'aux années 1950, ont une durée de vie très faible. Le remplacement de ces lampes, possible sur les réseaux terrestres (en radiotéléphonie notamment), n'est pas envisageable en mer où il faut relever les câbles pour réparer les amplificateurs. C'est pourquoi le premier câble transatlantique, TAT 1, d'une capacité de 36 circuits n'est posé qu'en 1956, après de nombreux progrès technologiques. Ces câbles sont appelés TAT selon l'acronyme de "Trans-Atlantic Telephonic cable".

1943 : les premiers répéteurs immergés (adaptés à des profondeurs de 200 brasses) sont placés en mer d'Irlande entre Anglesey et l'île de Man et permettent un développement considérable des câbles coaxiaux sous-marins reliant le Royaume-Uni avec l'Allemagne, les Pays-Bas, la Belgique et le Danemark.

Une fois ces projets expérimentaux réalisés avec succès, il est alors possible de commencer un projet transatlantique plus ambitieux.

1953 : le Postmaster General annonce que l'accord pour le premier câble téléphonique transatlantique est signé (le 1er décembre). Une des premières difficultés rencontrées est le choix d'un itinéraire pour les 2 câbles nécessaires, comme le plus court, et peut-être le meilleur, est déjà occupé par des câbles télégraphiques.

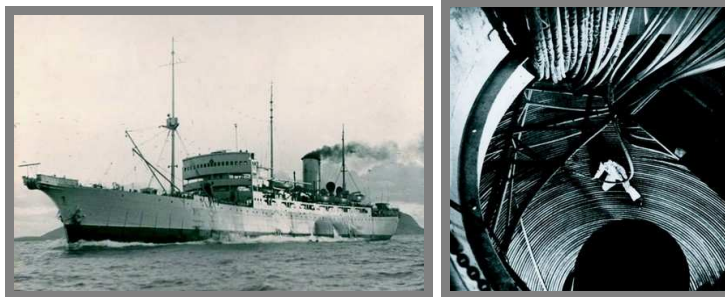
Fin 1953, des sites adaptés à la pose de câbles sont choisis à Terre-Neuve et en Écosse.

L'ensemble du câble transatlantique est posé par le câblier "Monarch", construit pour le bureau des postes en 1945. Il est le seul capable d'installer les 3 000 km de câble qui doivent être déposés en une seule pièce à travers la partie la plus profonde de l'Atlantique. Lors de la pose des répéteurs rigides, il est nécessaire pour un navire câblier de s'arrêter à chaque fois.

1955 : les premières longueurs de câble sont fabriquées et en mars le câblier, équipé de nouveaux engins de pose, entreprend des essais au large de Gibraltar. Peu après, il commence à travailler sur la pose du premier câble transatlantique, d'ouest en est.

A la fin de juin 1955 le "Monarch" pose le câble de Clarendville. Après un nouvel approvisionnement, il y revient en évitant les icebergs de l'Atlantique nord, pose le câble à travers l'Atlantique jusqu'à Rockall Bank. Le voyage se déroule sans incident, en dehors de violentes tempêtes près de Rockall. Dans l'intervalle le câblier 'Iris' pose les câbles écossais.

Le "Monarch" rechargé en câble, retourne à Rockall Bank afin de poser les 1 000 derniers kilomètres vers Oban où la jonction finale est effectuée le 26 septembre. TAT 1 est terminé trois mois avant la date prévue.



*Le Monarch*

Ce n'est qu'avec le développement des câbles coaxiaux avec isolation en polyéthylène, de l'équipement à large bande de fréquence porteuse et répéteurs immergés que la téléphonie par câble transatlantique peut être réalisée et progressivement mise en place juste avant et pendant la seconde guerre mondiale.

Lorsque le premier câble téléphonique transatlantique est inauguré le 25 septembre 1956, il est salué comme une percée majeure dans les télécommunications. Il est conçu pour relier les États-Unis et le Canada au Royaume-Uni, avec des facilités pour des circuits destinés à être loués à d'autres pays d'Europe de l'Ouest. A partir de Londres, des circuits directs sont connectés en permanence vers l'Allemagne, la France, les Pays-Bas, la Suisse, et un circuit pour le Danemark prolonge le trafic américain vers la Norvège et la Suède. L'ensemble du projet a pris 3 ans pour un coût de £ 120 000 000.

## **1986 : les câbles à fibre optique**

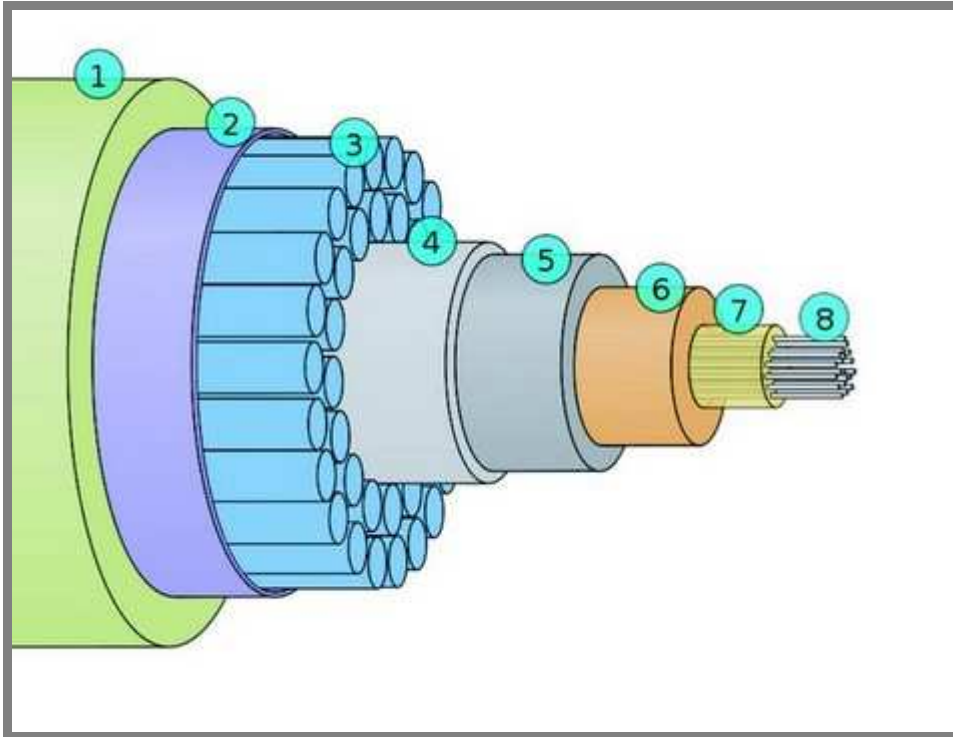
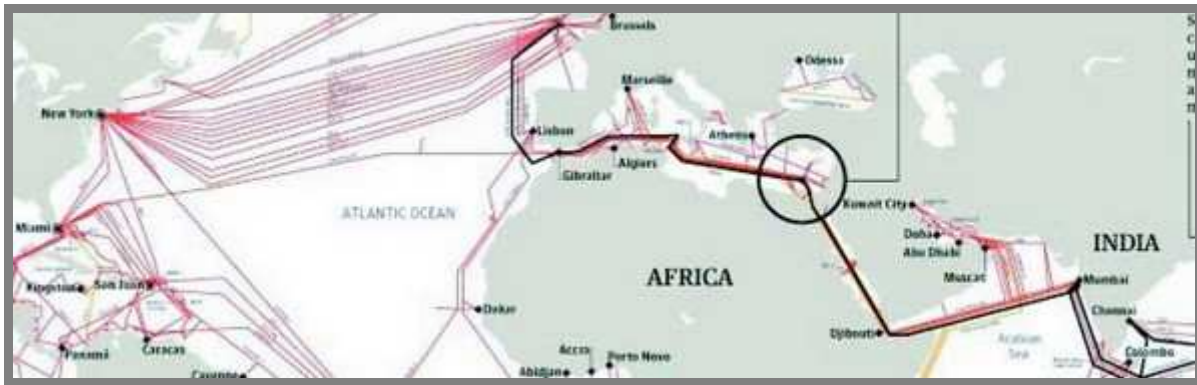
Ils sont conçus pour transmettre les signaux numériques : les 0 et les 1 du code binaire sont codés sous la forme de très brèves impulsions lumineuses, émises par des diodes laser microscopiques.

Ils sont constitués d'une, deux ou trois paires de fibres placées dans un bloc optique recouvert d'une armature d'acier, d'une enveloppe de cuivre pour l'alimentation électrique, d'une gaine d'isolation en polyéthylène. Le tout est protégé par une à trois armures d'acier, au voisinage des côtes.

Le premier câble transatlantique à fibres optiques, le TAT 8, est posé en 1988, et permet, grâce à une unité de branchement en mer, de relier simultanément la France, l'Angleterre et les U.S.A. Ce câble offre une capacité de 40 000 communications téléphoniques simultanées.

Comme les câbles coaxiaux, les câbles optiques sont équipés de répéteurs (à partir des années 1990, ils sont espacés de plus de 100 km). Depuis 1995, des régénérateurs "tout optique" compensent l'atténuation du signal dans la fibre, ce qui permet d'augmenter considérablement le nombre des circuits (le TAT 14 posé en 2001 a une capacité de plus de 7 000 000 de communications simultanées).





- 1 - Polyéthylène
- 2 - Bande de Mylar
- 3 - Tenseur en acier
- 4 - Protection en aluminium
- 5 - Polycarbonate
- 6 - Tube en cuivre
- 7 - Vaseline
- 8 - Fibres optiques

## Les moyens actuels de reconnaissance avant la pose de câbles sous-marins

(D'après Patrick Musellec)



Un navire exceptionnel : Le Jean Charcot entre 1966 et 2005.

Dès que l'ensouillage est apparu comme une nécessité pour assurer la protection des câbles sous marins contre les actions de chalutage, les moyens nécessaires pour appréhender la connaissance de la route sous-marine ont été dégagés dans le budget d'un projet. Alors que la reconnaissance a été longtemps limitée à des relevés bathymétriques et de température, le tracé du futur câble fait désormais l'objet de recherches bathymétriques approfondies et s'étend à la connaissance de la nature des sols dans les zones ensouillées. Le TAT 5 est le premier câble installé par son promoteur (AT&T) après la mise en oeuvre d'un programme complet de reconnaissance du tracé

Pendant les campagnes de mesures, l'essentiel du travail du spécialiste consiste à réaliser les mesures et levés suivants :

- A terre, à l'emplacement de l'atterrissement dans un carré de 500 mètres généralement

Topographie essentiellement

Magnétomètre afin de détecter l'existant enterré.

- En approche côtière de 0 à 15 mètres d'eau

Corridor de 500 mètres de large généralement

Petit bateau à faible tirant d'eau afin de laisser le moins de doute possible

jusqu'à la plage

Géophysique (écho sondeur, sonar latéral, sondeur de sédiments)

Observations et mesures par plongeurs, prélèvements par benne.

- En zone dite peu profonde, de 15 à 1 000 mètres d'eau

Corridor de 1 000 mètres de large habituellement

Géophysique (écho sondeur, sonar latéral, sondeur de sédiments)

Prélèvements par carottage

- En zone "ensouillable" selon les spécificités

Jusqu'à 1 000 - 1 500 m usuellement voire 2 500 m. au Japon et en Australie du fait de l'intense activité de pêche. Profondeur moyenne d'investigation 1 m peut aller jusqu'à 10 mètres.

- En grande profondeur environ 10 km de corridor investigué.

Levé de bathymétrie seulement

- Première intervention sur une reconnaissance de câble en décembre 1983.

- Dernière reconnaissance d'un tracé de câble en 2003 (projet CAM Ring à Madère), après 20 ans d'activité sur les câbles sous-marins.

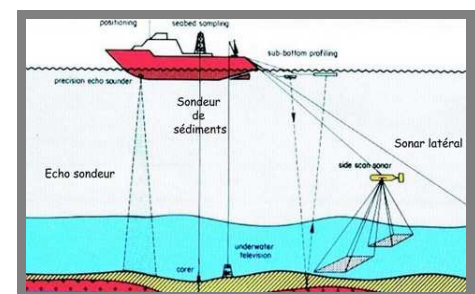
- 100 000 kilomètres de route et réalisé une longueur encore plus grande de profils.

- Projets les plus prestigieux tels que : Sea-Me-We 1, 2 et 3, SAT 2, TAT 12, 13 et 14, Itur, Yellow, Flag Atlantic, TGN

On comparera ce chiffre de 100 000 km avec les :

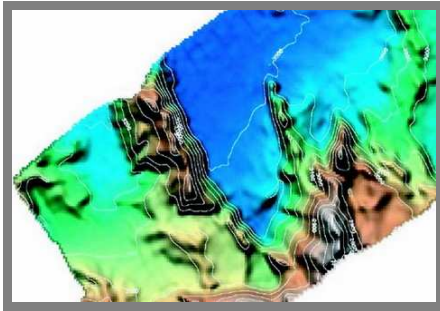
- 860 000 Km de câble installés dans le monde depuis 1983, soit 21 fois la circonférence de la terre

Autrement dit, le JEAN CHARCOT a levé environ 12 % des longueurs de câbles sous-marins posés entre 1983 et 2003.



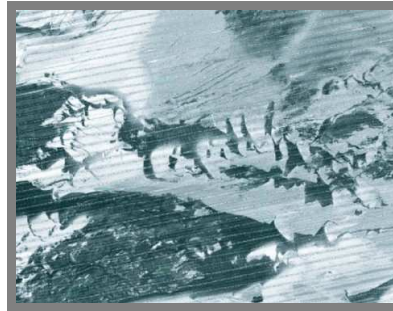


*Carte bathymétrique  
par écho sondeur*



Les sondeurs multifaisceaux sont des équipements de cartographie sous-marine fixés sous la coque, fonctionnant par émission-réception d'un signal acoustique, produisant ainsi des données de bathymétrie.

*Carte imagerie acoustique  
par sonar latéral*

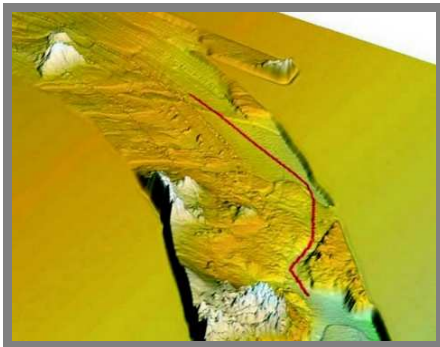


L'enregistrement du signal acoustique sur le fond, qui est dépendant de la nature du sédiment et de la morphologie, permet de générer une image du fond en teintes de gris. Les sonars à balayage latéral, sorte de poisson immergé, fonctionne sur le même principe et présente l'avantage de visualiser les fonds avec une précision plus importante. Ils fournissent une image acoustique appelée sonogramme.

*Carte sédimentologique  
(interprétation image + prélèvements)*



Les prélèvements de sédiments sont faits après les campagnes de reconnaissance géophysique afin de calibrer les données d'imagerie acoustique. Ils permettent d'obtenir une coupe verticale d'une dizaine de mètres maximum des couches sédimentaires du sous-sol. Les résultats des mosaïques d'images acoustiques et des prélèvements sont représentés par des cartes sédimentologiques qui décrivent la nature et l'organisation des composants du sol marin.



Le choix final du tracé. L'étude et l'interprétation des informations recueillies sur le corridor en campagne océanographique permettent de choisir un tracé définitif. On privilégie toujours les fonds les plus meubles afin de faciliter le passage de la charrue tout en minimisant les longueurs de câble, le prix du kilomètre étant très coûteux.

