

« Passé et futur des câbles sous-marins »

Compte-rendu d'une conférence prononcée par Madame Carine Romanetti, responsable du département "Stratégie Réseaux et Systèmes sous-marins", au sein de la direction technique en charge des réseaux internationaux du groupe Orange pour la section Île-de-France de la Fédération nationale du Mérite maritime en décembre 2022 et que j'ai complété par un certain nombre d'informations et de photos.

Yves-Noël Massac, Secrétaire général de l'association HYDROS des Officiers de la Marine marchande et des diplômés de l'ENSM, président de la Confédération des associations de la Marine marchande et Président de la section IDF de la Fédération nationale du Mérite maritime.

Elle a commencé par un petit peu d'histoire. C'est toujours intéressant de savoir d'où on vient pour bien comprendre où l'on est aujourd'hui. Donc, je vais vous raconter l'épopée industrielle de plus de 150 ans des câbles sous-marins et puis je retraduirai ensuite l'actualité, les câbles sous-marins au cœur de nos communications aujourd'hui. Vous verrez que c'est fascinant. On est vraiment dans un secteur en pleine mutation.

Le mystère **Tjipetir**, je ne sais pas si vous en avez entendu parler ? Ce sont des plaques d'à peu près 3 kg et de 20 par 40 cm qui se sont échouées sur la façade atlantique au début des années 2010. Les promeneurs le dimanche découvriraient sur la plage des plaques comme ça. Une vraie énigme. La radio et les médias en ont parlé. (Voir par exemple : <https://www.ouest-france.fr/bretagne/lorient-56100/une-nouvelle-plaque-tjipetir-refait-surface-du-fond-de-locean-1682062>)



Cette plaque a été retrouvée à Perros-Guirec.



Ces plaques ont été fabriquées il y a 90 ans en Indonésie

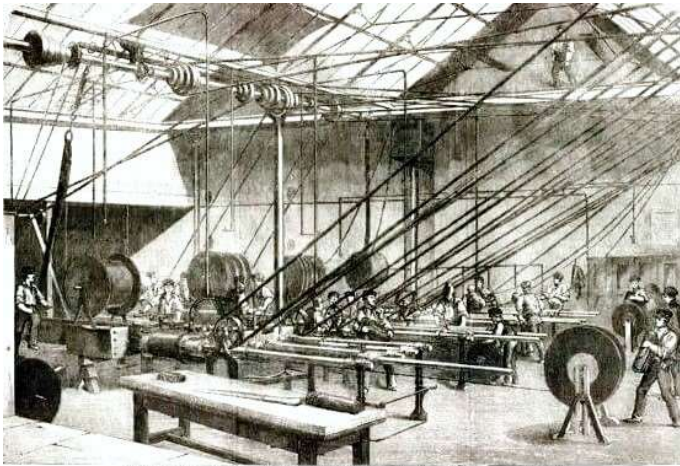
En réalité, ces plaques venaient d'un navire probablement coulé et éventré, au large des côtes européennes. Et ces plaques, en fait, viennent d'Indonésie (Voir note a). Ce sont des plaques très anciennes de gutta-percha qui est de la gomme issue du latex naturel obtenu à partir de feuilles d'arbres de l'espèce **Palaquium gutta** et de plusieurs espèces voisines de la famille des Sapotaceae. Ce latex, c'est l'élément déclencheur qui a permis de passer les câbles télégraphiques dans le monde sous-marin (Voir note b).

Planche du Palaquium gutta, qui est une espèce d'arbres de la famille des Sapotaceae.



En fait, initialement au début des années 1830, monsieur Morse a inventé le télégraphe électrique. Au cours des années 1830-1840, ce télégraphe s'est déployé sur la partie terrestre, notamment le long des chemins de fer et donc progressivement, dans les pays, le télégraphe s'est répandu puis ensuite on a interconnecté les pays et puis à un moment on est arrivé sur les côtes. Mais on ne pouvait pas aller plus loin parce qu'on manquait d'isolant. Et en fait, c'est le caractère thermoplastique, d'isolant électrique qui résiste à l'eau de mer, du gutta-percha, qui est une gomme trouvée par un médecin en poste en Asie du Sud-est, qui initialement en a fait des outils pour la médecine, que progressivement on a eu l'idée d'enrober les câbles télégraphiques pour les protéger de l'eau de mer et rendre la protection du câble isolante (Voir note c). Et c'est grâce à ce matériau que les câbles ont pu passer l'étape suivante et on a pu déployer des câbles télégraphiques, sous l'eau, sous la mer.

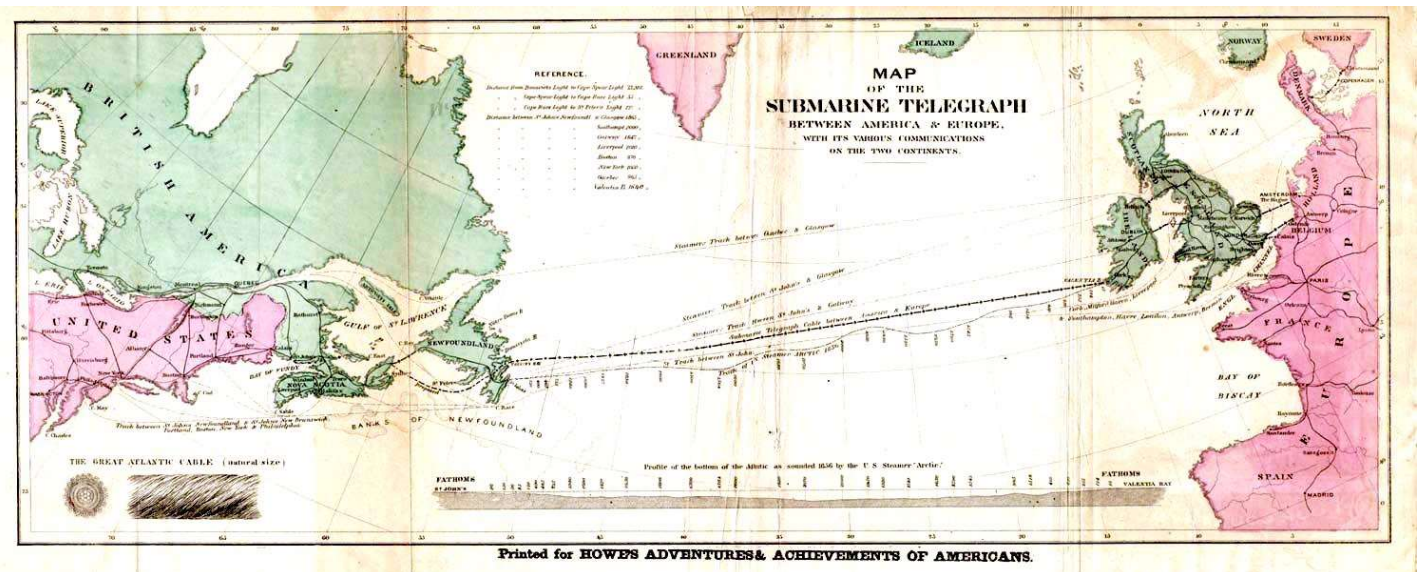
La compagnie du Gutta-percha (The Gutta Percha Company, créée en 1845 ouvre son usine en banlieue de Londres), est une usine qui fabrique différents produits mais a une partie dédiée à l'isolation des câbles télégraphiques. Au début, c'étaient uniquement les anglais qui avaient déployé cette technologie.



Machines recouvrant de gutta percha le câble de l'"Atlantic Cable", dans les usines de la Gutta Percha Company, Wharf Road, à Londres.

La première tentative de pose d'un câble sous la mer a été un transmanche entre Calais et Douvres. Pour la petite histoire, le premier câble n'a pratiquement pas pu exister car il a été relevé par un pêcheur quasiment aussitôt. Il date de 1850, c'était un câble coaxial. Il était posé entre le cap Gris-Nez et le cap Southerland (Angleterre). Il aurait fonctionné pendant 11 minutes. Le pêcheur croyait avoir trouvé une algue magique et comme le câble n'était pas armé, il a cassé tout de suite. La première tentative a été un échec.

Mais très rapidement, quelques mois plus tard, une nouvelle tentative (le 19 octobre 1851, avec un câble à 4 conducteurs, armé, pour une résistance à la rupture de 8 tonnes) a permis de déployer celui qui est considéré comme le premier câble transmanche et aux messages télégraphiques de passer entre Paris et Londres et puis ensuite progressivement vers l'Irlande et côté américain, entre les États-Unis (New York) et Terre-Neuve. L'étape d'après, a été franchie grâce à un entrepreneur un petit peu fou qui n'était pas ingénieur, un américain appelé Cyrus Field, à qui on pourrait attribuer la devise "il n'est point de génie sans un grain de folie". Il a dit, «on va aller un peu plus loin et on va relier les continents avec un câble sous-marin». Ça, c'est dans les années 1850, plus précisément en 1857-58, avec la première tentative de pose d'un câble télégraphique transatlantique, cette-fois. En fait, Stephan Zweig (1881-1942), qui a narré cette histoire dans "Les très riches heures de l'humanité", le récit lui-même s'intitulant "Le Premier Mot qui traversa l'océan", y raconte toute la persévérance qu'il a fallu à ces personnes pour arriver au bout de leur projet parce que là aussi, les premières poses furent un échec. (L'auteur y narre dans l'édition originale de 1927, publiée en français en 1939, douze moments à ses yeux essentiels dans l'Histoire de l'humanité. L'affaire du câble y est la neuvième dans l'ordre chronologique). C'était un financement sans précédent. Pour retrouver des financements l'année d'après, pour recommencer, ça a été vraiment une épopée. En 1858, ce fut presque une réussite (Voir note d). À peu près 2 200 milles nautiques (4 200 km) relie l'Irlande à Terre-Neuve. Le câble a été réparti dans 2 navires.



Carte du tracé du 1^{er} câble transatlantique de 1858

Le HMS Agamemnon, côté britannique et l'USS Niagara, côté américain, ont chargé dans leurs cales les câbles, comme cela se fait encore aujourd'hui, en les lovant au fond des cuves. Puis ils se sont retrouvés au milieu de l'Atlantique, ont fait une soudure entre les deux câbles et ont déployé les câbles vers leurs rivages respectifs. En 1858, donc, le premier message télégraphique transatlantique a pu voir le jour. C'était une centaine de mots entre la reine Victoria et le président Buchanan, porteur de paix, de message d'espoir et de paix entre les hommes et d'amitié. Pour la petite histoire, pour aller plus vite, les ingénieurs ont voulu monter le voltage et au bout de quelques jours, le câble a claqué. Ce premier câble a donc duré peu de temps mais a permis tout de même d'envoyer quelques messages (Voir note e). Ensuite, dans les années 1860, ce fut la période d'industrialisation. On voit de plus en plus de câbles qui se déploient. Notamment pour relier les rives de la Méditerranée avec l'Afrique du Nord. Il y a beaucoup de câbles en Marseille et la Corse, entre Marseille et Alger. Il y a beaucoup de câbles qui relient les îles anglaises ainsi que les îles de la côte Manche-Atlantique à la France continentale. Il en est de même côté US. Le **Great Eastern**, ancien paquebot, racheté par Cyrus Field via la Great Eastern Company qui affrète le navire à la Telegraph Construction and Maintenance Company (Telcon), est transformé et aménagé en navire câblé. (Les cales sont modifiées pour créer les cuves de stockage du câble. Une machine de pose est installée). L'intérêt de ce navire est qu'il peut emporter à lui tout seul, la totalité d'un

câble transatlantique. En 1866, il réussit finalement à installer 2 câbles entre l'Europe et l'Amérique, après des débuts difficiles (Voir note f).

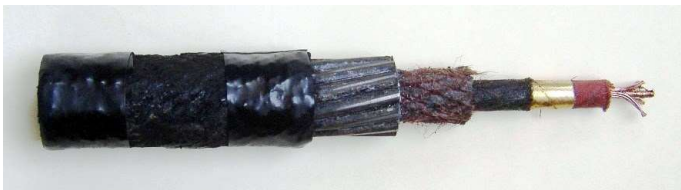
En 1870, on a le télégraphe Victorien qui fait le tour du monde. Avec des câbles déjà déployés sur la partie transatlantique. On a aussi des câbles entre l'Europe et l'Inde, pour relier les colonies britanniques. Et on a un projet de câble transpacifique, qui lui viendra plus tard car la distance est quand même un petit peu plus longue et il a fallu plus de temps pour déployer le câble transpacifique (Voir note g).

Exemples de câbles télégraphiques (Câbles relevés au printemps 2009 par le câbliez Île de Bréhat en Méditerranée pour la préparation de la pose du câble TE-N. Photos Y-N. Massac).



Câble télégraphique **Malte – Bône 1** de 1870. Diamètre = 22,4 mm.

Le plus vieux câble trouvé lors de cette campagne de relevage.

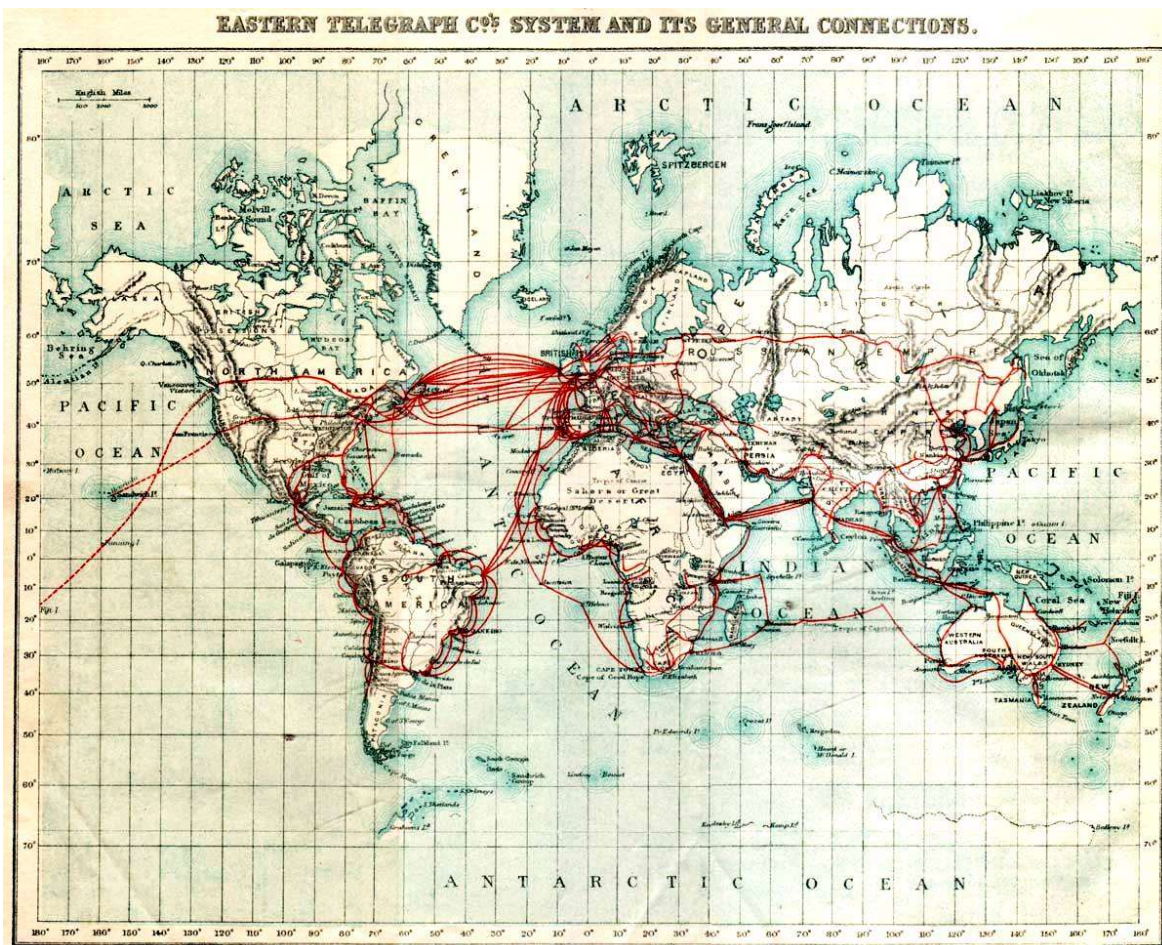


Câble télégraphique **Nabeul (Tunisie) - Beyrouth** de 1938. Diamètre = 28,0 mm.



Câble télégraphique **Alger - Malte 1** de 1942. Diamètre = 22,4 mm.

En 1901, on a 14 câbles télégraphiques qui traversent l'Atlantique.



Carte du réseau télégraphique (sous-marin et terrestre), en 1901.

Et donc je vais faire un petit parallèle entre les technologies du câble et les technologies radio. Parce qu'on a eu une concurrence entre les deux technologies au fil des années. Et en 1927, c'est la concurrence qui arrive avec le premier service radiotéléphonique (là, c'est la voix) qui est commercial en transatlantique. Et on voit à partir de 1927 arriver la

suprématie des technologies radio sur le câble, puisque ce dernier continue à être télégraphique alors que grâce à la radio, on peut faire passer des communications de la voix sur le transatlantique. Pour donner un petit ordre de grandeur, on voit qu'en équivalent Euro constant, 45 USD pour 3 minutes à l'époque équivaut à 200 € la minute en 2016. Cela donne une idée des coûts des communications intercontinentales à l'époque. Et on pouvait, grâce à la technologie de l'époque, passer environ 300 000 appels par an. Il a fallu attendre 15 ans pour que la voix puisse être transmise par câble sous-marin. Pour cela, il a fallu 3 innovations majeures : La gutta-percha qui avait rendu de bons et loyaux services pendant près de 100 ans a été remplacée par le polyéthylène. Il a fallu presque un siècle pour avoir cette évolution technologique de l'isolant, un isolant artificiel. L'arrivée des premiers répéteurs à base de transistors et surtout la structure coaxiale qui renforce la tenue du câble. Et c'est pendant la deuxième guerre mondiale que les premiers essais de voix dans les communications câble en sous-marin sont passés entre l'île de Man et l'Angleterre en 1943. Le premier câble transatlantique ne verra le jour que 13 ans plus tard. Pour se faire, il a fallu inventer les répéteurs, répéteurs bidirectionnels et répéteurs unidirectionnels. Le premier câble sous-marin coaxial transatlantique de téléphonie, c'est le TAT-1 (TAT est l'acronyme de Transatlantic Telephone Cable System). La pose du câble est réalisée en 1955 et 1956 entre Oban en Écosse et Clarenville à Terre-Neuve au Canada principalement par le navire câblé anglais Monarch. Il est mis en service le 25 septembre 1956. TAT-1 a cessé d'être utilisé en 1978. (Pour donner une idée, actuellement, on est en train de relever du fond de l'océan, le TAT-14). En fait, il y avait deux câbles, un pour chaque direction. Les répéteurs sont installés tous les 69 km et des transistors unidirectionnels sont utilisés pour transmettre les communications. En 1956, on fait un saut au niveau économique puisque la communication passe à 20 € la minute au lieu de 200 comme vu précédemment, mais il y a aussi un saut technologique représenté par le câble coaxial par rapport à la technologie radio. TAT-1 rencontre un succès immédiat et sonne le glas des télécommunications longue distance par radio et des câbles télégraphiques existants.

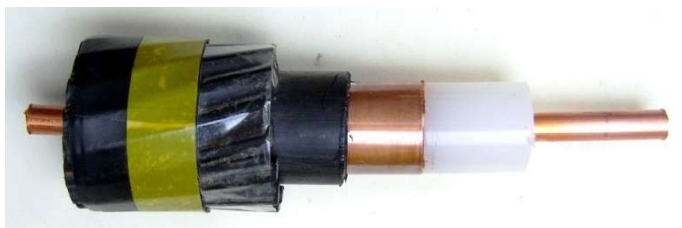
Exemples de câbles coaxiaux (Câbles relevés au printemps 2009 par le câblé Île de Bréhat en Méditerranée pour la préparation de la pose du câble TE-N. Photos Y-N. Massac).



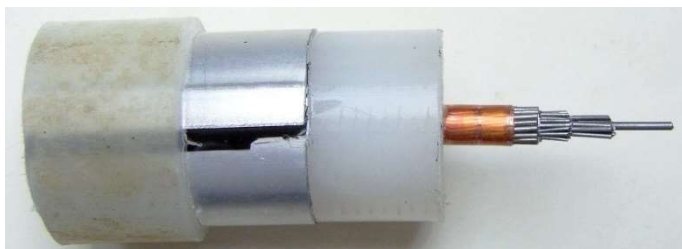
*Câble coaxial **Mazara** (Sicile) - **Pantelleria** (île italienne) - **Kélibia** (Tunisie) de 1956.
Diamètre = 35,0 mm.*



*Câble coaxial **Marseille - Beyrouth** de 1970.
Diamètre = 31,3 mm.*



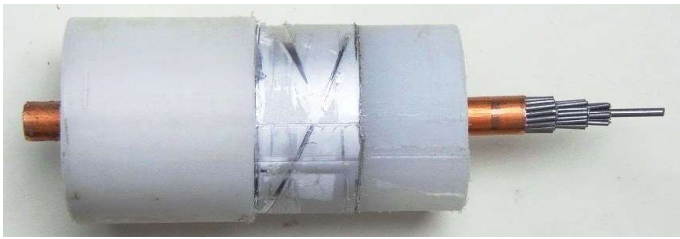
*Câble coaxial **Marseille - Beyrouth** de 1970, avec armure.
Probablement une section réparée avec un câble plus protégé.
Diamètre = 48,0 mm.*



*Câble coaxial **ARIANE France - Crète** de 1974.
Diamètre = 45,0 mm.*

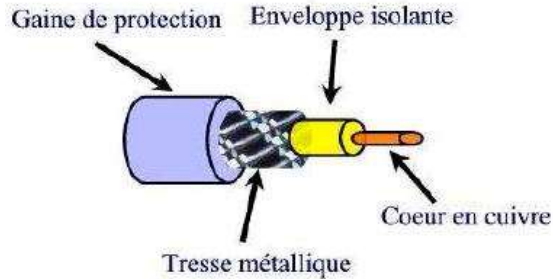


*Câble coaxial **France - Lybie** de 1979.
Diamètre = 50,0 mm.*



Câble coaxial **DIDON France** –
Tunisie de 1983.
Diamètre = 47,4 mm.

Câble coaxial



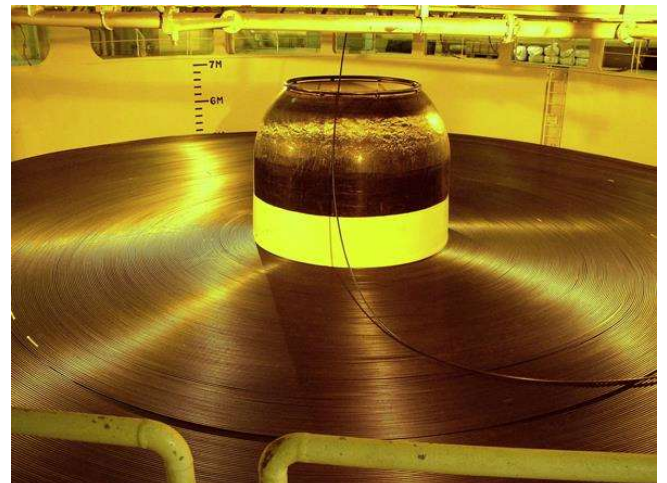
Enfin, voici la composition d'un câble coaxial :

En avril 1965, à nouveau la concurrence revient, cette fois-ci par le haut. Par les satellites, avec Intelsat-1, surnommé "Early Bird", le premier satellite de télécommunications commercial à avoir été placé en orbite géosynchrone. La grande nouveauté, c'est la diffusion télé. Et c'est ce qui a vraiment marqué les esprits. Aujourd'hui, on a toujours en tête dans l'image populaire que les communications intercontinentales sont assurées par satellites et, en réalité, ce n'est plus le cas. Depuis l'arrivée de la fibre optique, vous allez le voir, en 1988, les fibres optiques et donc les câbles sous-marins à fibres optiques ont pris la suprématie du transport des communications intercontinentales. Mais ce qui a marqué les esprits, c'est la conquête spatiale, c'est 1969, le premier homme sur la lune et surtout le "broadcast TV" grâce aux technologies satellites qui ont réussi à faire là aussi un saut technologique et à amener la télé dans tous les foyers. 1988, c'est vraiment la dernière rupture. Aujourd'hui, on n'a pas mieux. On est toujours sur cette technologie de fibres optiques. On a fait des progrès dans la capacité qu'on peut transporter dans une fibre optique. On fait du multiplexage. En longueur d'onde on est capable de maîtriser de plus en plus de capacité sur une même fibre optique. En revanche, la technologie de base reste la même. Et là on le voit, sur un câble en fibres optiques, c'est plus de 40 000 circuits téléphoniques simultanés qu'on peut faire passer. Et on a toujours des câbles lovés dans la cale (on parle de cuve). Ce sont toujours les mêmes systèmes, comme les câbles télégraphiques plus de 100 ans plus tôt. Et dans le hangar d'un navire câblé, les répéteurs sont entreposés à part, près des cuves, protégés et sous température contrôlée.



Chargement d'un câble avec armure dans une des cuves du câblé Île de Batz. On arrive à 3 m de hauteur.

Chargement d'un câble LW (Lightweight – Léger sans armure) dans la cuve N° 1 du câblé Île de Bréhat. On dépasse 5 m de hauteur.
(Photo : Y-N. Massac)



Vidéo chargement d'un câble : <https://www.dailymotion.com/video/xjussl>

Voici quelques photos montrant le hangar du câblé Île de Bréhat à la fin du chargement du système TE-N. (Marseille-Égypte avec branchements vers Monaco, Bizerte, Crète, et Chypre).



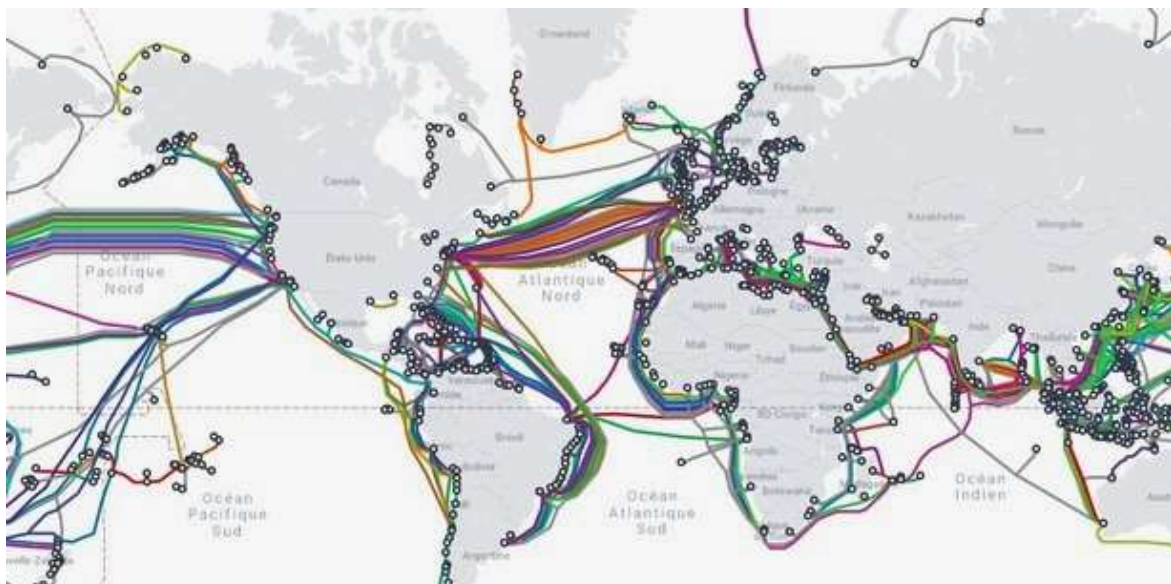
Le câble est stocké en cuves, mais les répéteurs sont mis à l'abri dans le hangar dans un espace à température contrôlée. Pour cela, à l'approche de chaque répéteur, déjà en ligne dans le câble, ce dernier quitte la cuve et rejoint le hangar. Sur cette photo, on voit les sorties et les retours en cuves du câble pour chaque répéteur. (Photo : Y-N. Massac)

Sur cette photo, on aperçoit le câble sortant de la cuve pour rejoindre le lieu de stockage des répéteurs dans le hangar, puis revenir dans la cuve, pour chaque répéteur. Entre 2 répéteurs, il y a 70 à 100 km de câble qui sont "coilés" ou lovés (coiled dans la langue de Shakespeare) dans la cuve. (Photo : Y-N. Massac)



Ici, nous voyons les racks de stockage des répéteurs dans le hangar. Ils sont bâchés afin d'être maintenus à une température fraîche, les répéteurs étant des équipements fragiles prévus fonctionner au fond de l'eau à des températures de 2 à 4°C. (Photo : Y-N. Massac)

Les câbles les plus gros avec armure sont pour les zones de hauts-fonds, proches du rivage, où les câbles sont les plus exposés aux agressions humaines (croches de pêcheurs, ancres des navires) ou les zones rocheuses, alors que dans les grands fonds on utilise un câble léger peu protégé, qui n'a pas d'armure, avec un diamètre d'un peu plus d'un centimètre. Et dedans, on a maintenant sur un câble transatlantique, jusqu'à 16 paires de fibres optiques. 24 paires de fibres optiques bientôt et on va atteindre, pour vous donner un ordre de grandeur, 10^{15} bit par seconde ou péta-bit/sec aujourd'hui.



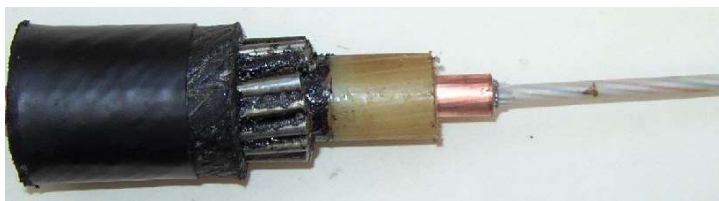
Carte des câbles à fibres-optiques dans le monde.

Pour conclure sur la partie historique, vous avez certainement entendu parler des satellites et des constellations LEO. Vous avez entendu parler de ces nouvelles initiatives par des entrepreneurs privés très actifs qui déploient de nouvelles constellations satellitaires, comme Elon Musk et sa constellation de satellites SpaceX/Starlink. Mais en réalité, on s'adresse à des marchés différents. Les satellites vont continuer à s'adresser à des zones qui sont peu desservies, qui ont besoin de capacité avec latence réduite. En revanche, en termes de capacité, c'est toujours le câble qui s'impose. (Voir note h).

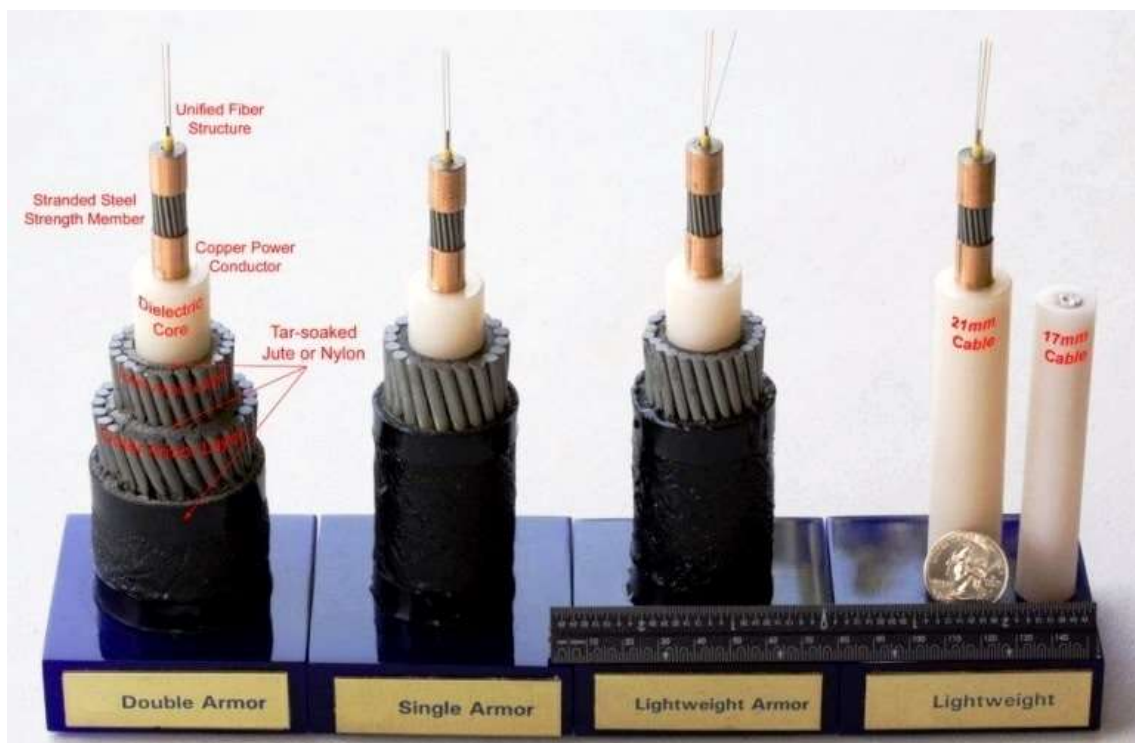
Donc aujourd'hui, les câbles sous-marins au cœur de nos communications.

En résumé, on a eu le télégraphe, la téléphonie et ensuite les câbles à fibres optiques avec le multiplexage en longueurs d'onde (Voir note i) à partir de la fin des années 1990 et on a aujourd'hui des câbles de natures différentes en fonction des usages (RA/DA au LW) et donc un câble actuellement est fabriqué sur mesure.

Voyons des images de divers câbles à fibres-optiques.

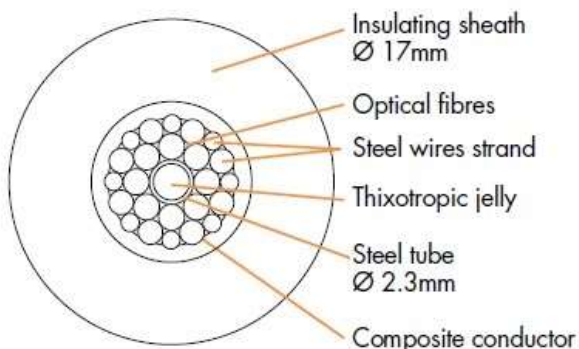


Câble à fibres optiques SeaMeWe 2 (South-East Asia - Middle East – Western Europe 2) à 3 paires de fibres, de 1994. Ici, une section à simple armure. (Câble relevé au printemps 2009 par le câblier Île de Bréhat en Méditerranée pour la préparation de la pose du câble TE-N. Photo Y-N. Massac).



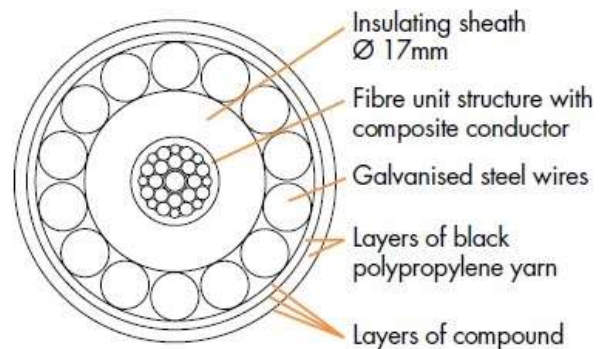
De droite à gauche, 2 exemples de LW (Lightweight) pour les grands fonds (17 et 21 mm), le LWA (Lightweight Armor) avec une première armure légère, le SA (Single Armor), câble à simple armure pour les zones où il faut déjà protéger le câble et DA (Double Armor), câble à double armure pour les zones à haut risque. Il existe aussi un câble RA (Rock Armor) à l'armure particulièrement renforcée, qui est utilisé par exemple en Manche où les fonds rocheux ne permettent pas l'ensouillage des câbles pour les mettre à l'abri des pêcheurs.

Constitution des câbles ASN :



Outer diameter: 17mm

OALC4 Lightweight Cable (LW)

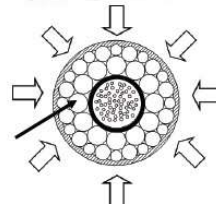
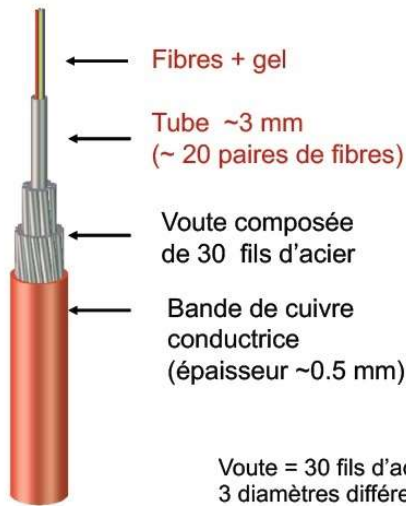


Outer diameter: 31mm

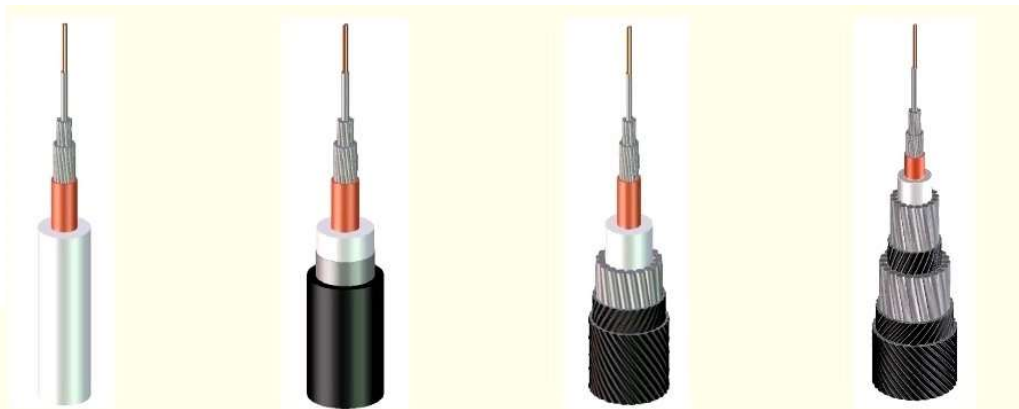
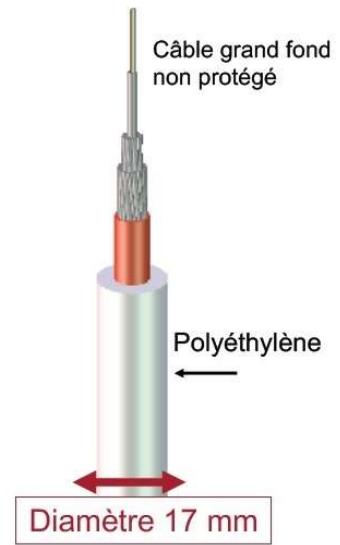
OALC4 Single Armoured Cable (SA)

Structure du câble grand fond

Diamètre d'une fibre optique : 250 µm



Voute = 30 fils d'acier de 3 diamètres différents



Poids léger

Poids léger protégé

Simple blindé

Double blindé

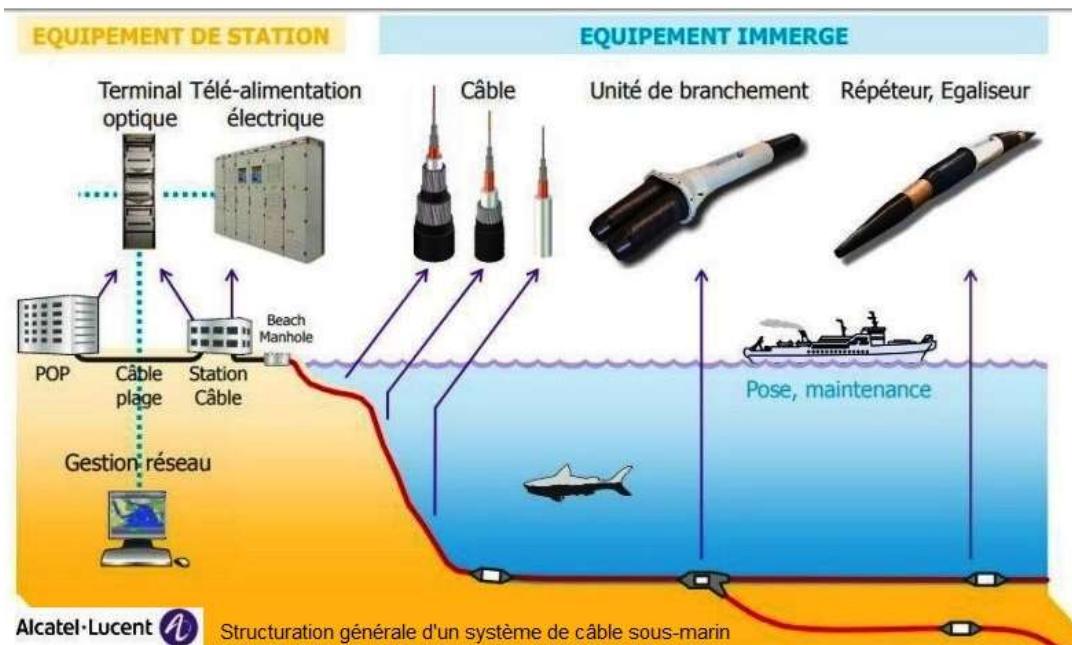
LW pour grands fond

*LWP (Lightweight Protected)
Avec un écran protecteur.*

SA

DA

Un système sous-marin comprend le câble et les répéteurs pour amplifier le signal optique (qui s'atténue avec la distance), entre les stations terrestres ; ce sont des équipements dans les stations terrestres, pour multiplexer le signal en longueurs d'onde et "allumer" la fibre et faire transiter les communications sur ces câbles. Et on après à terre, des communications qui vont jusque dans les data centers (ou centres de données) où sont stockés les ordinateurs et les serveurs qui hébergent les données des opérateurs et des GAFAM, Google, Apple, Facebook/Meta, Amazon, Microsoft, etc ... Voilà aujourd'hui le schéma complet : il y a le câble sous l'eau, mais il y a aussi les éléments d'extrémité.

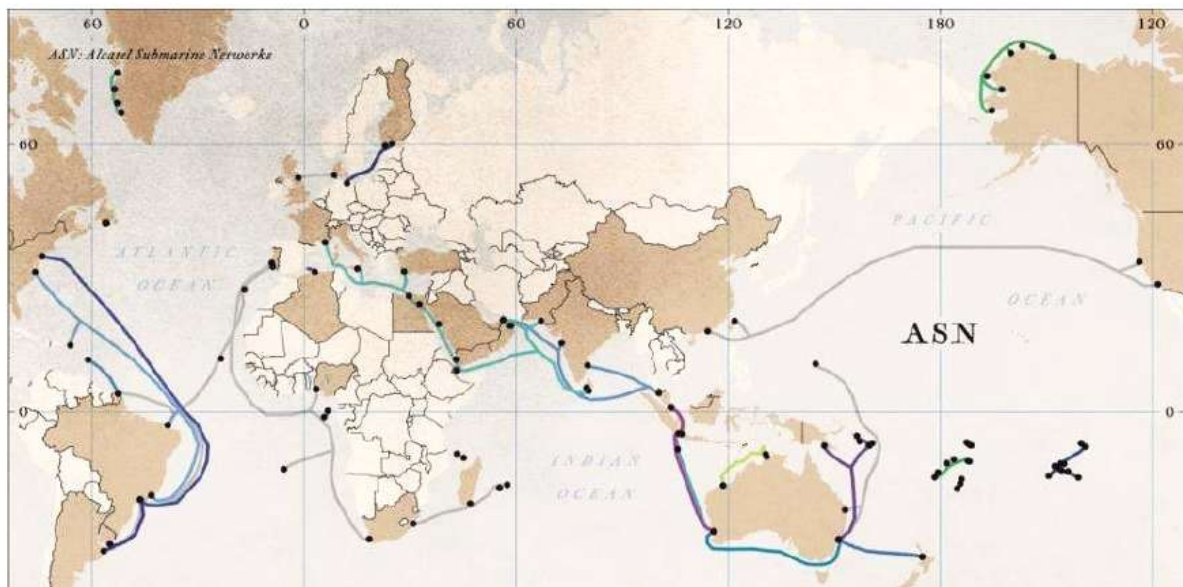


Et un câble quand il est posé, il faut le savoir, c'est à peu près pour 25 ans. Donc aujourd'hui, quand on passe un marché avec un fournisseur, c'est 25 ans d'engagement, de maintenance de ce câble et la montée en capacité se fait uniquement par l'ajout de cartes sur les équipements terrestres. On ne touche pas à ce qui est au fond de l'eau sauf quand ça tombe en panne et qu'il faut aller réparer. Sinon, pour une montée en capacité, on upgrade, on met à jour les équipements dans les stations sur terre.

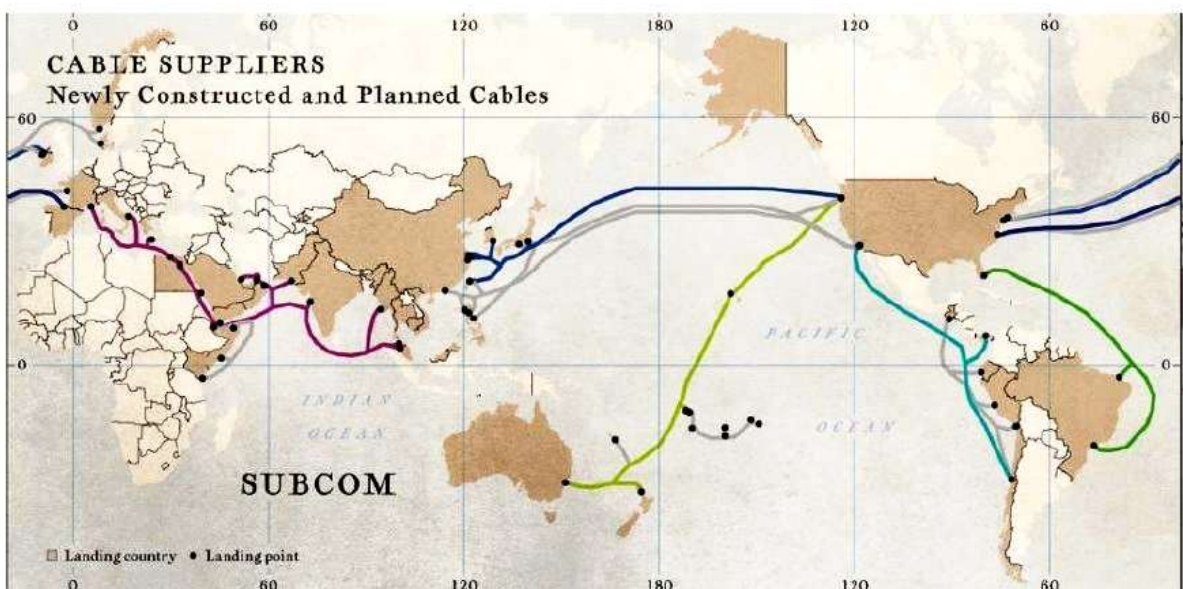
En 2022, on estime à peu près à 1,2 ou 1,3 million de km (plus de 32 fois le tour de la Terre) la longueur des câbles sous-marins en service et qui transportent 99 % du trafic intercontinental. Aujourd'hui, quand vous accédez à internet, quand vous conversez avec des proches qui sont sur tous les continents et bien vous utilisez ces câbles sous-marins sans le savoir. Ce sont effectivement des technologies qui sont peu connues du grand public et qui sont pourtant l'ossature et la dorsale des systèmes de télécommunication aujourd'hui. Juste pour vous donner un ordre de grandeur, on parle d'un marché de près de 13 milliards de dollars entre 2016 et 2020. Le marché augmente entre 2016 et 2020 et ASN (Alcatel Submarine Network) estime qu'on va passer de 2 à 4 milliards de dollars par an. C'est le marché des câbles sous-marins actuellement. Et en fait, il y a uniquement 4 acteurs sur ce marché. C'est intéressant à savoir aussi. En tête de ce marché, c'est **Alcatel Submarine Network** dont l'usine principale pour les câbles est basée à Calais mais qui a aussi une usine de production des répéteurs et unités de branchement à Greenwich, un industriel français, racheté par Nokia. Aujourd'hui, ASN représente 35 % alors qu'en 2020, c'était 33 %. Ils ont vraiment développé leur usine pour suivre le marché. On a l'américain **TE Subcom** avec des usines aux États-Unis. On a le japonais NEC et enfin le Chinois **Huawei Marine** qui est encore un peu le challenger. Il essaye de façon très agressive de récupérer des parts de marché et on le voit aujourd'hui dans les appels d'offres, mais il a encore peu de références. Les 3 principaux sont ASN, TE Subcom et NEC et ils se partagent pas mal le marché géographiquement avec Subcom qui préfère être autour du continent américain, transpacifique, transatlantique et vers les Caraïbes, ASN est partout et NEC reste surtout sur le transpacifique et sur la zone Asie.

Répartition des câbles sous-marins posés et en projet entre les principaux fournisseurs mondiaux de câbles sous-marins en 2020 :

Alcatel Submarine Networks



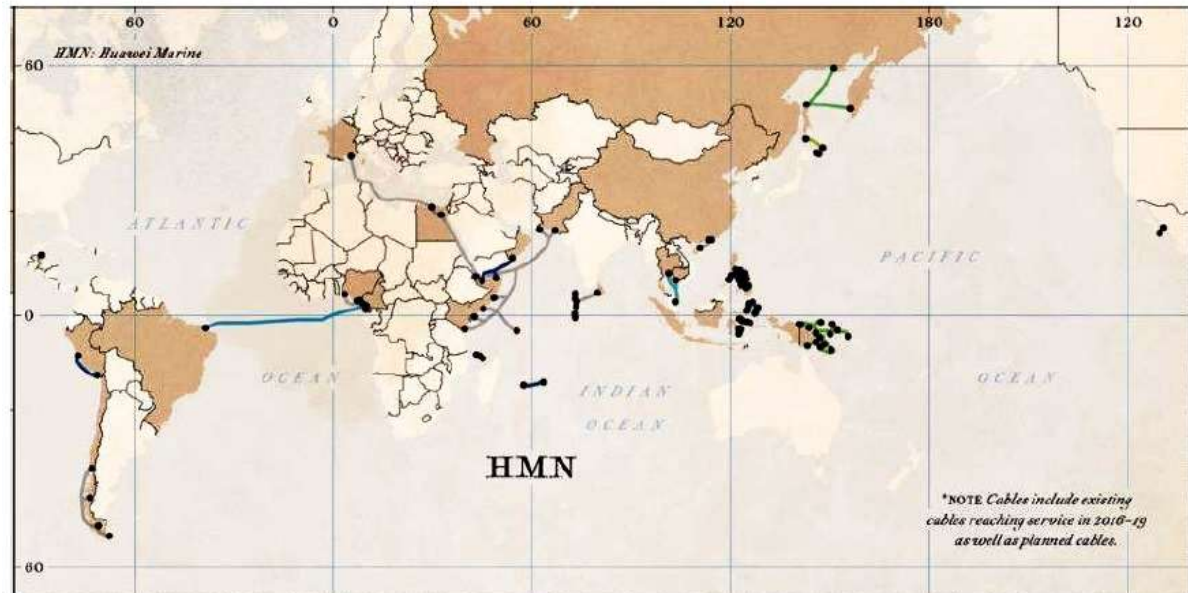
TE Subcom



NEC



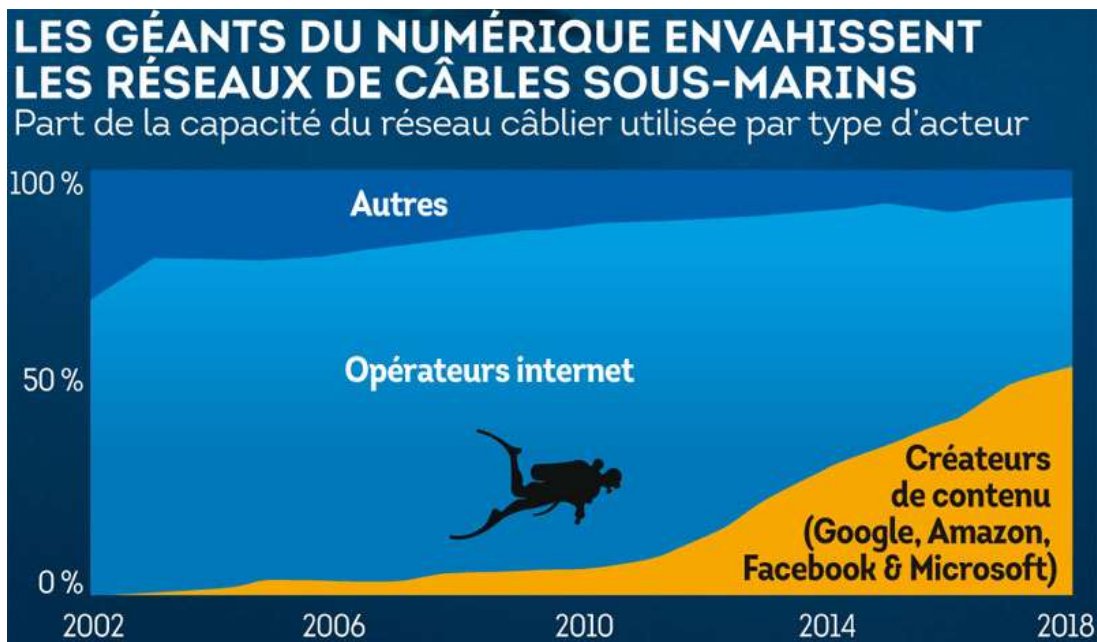
Huawei Marine Networks



Aujourd'hui, le marché des câbles sous-marin est en pleine transition. On a eu les premiers câbles qui étaient des investissements privés avec concessions ou garanties des États. On l'a vu au début dans une logique d'alliances transnationales avec la création de l'ITU (L'Union internationale des télécommunications ou UIT, en français), l'uniformisation des prix, etc... Et puis les opérateurs étatiques télécoms leur ont succédés et ont développé des modèles de consortiums qui ont finalement été vraiment la prédominance du modèle. Un consortium c'est quoi ? Ce sont des opérateurs, BT en Angleterre, AT&T aux États-Unis, PTT puis France Télécom à l'époque en France, etc..., qui ont des besoins de communications intercontinentales, qui sont concurrents souvent mais qui, à un moment, se serrent la main et arrivent à s'entendre et à signer un contrat pour se mettre en groupement de façon à passer un marché avec un fournisseur pour déployer un câble dont ils sont copropriétaires. C'est vraiment l'image de la copropriété comme dans l'immobilier en fait. Chacun possède une petite partie de la capacité et ce câble est géré comme une copropriété avec des réunions tous les ans pour décider des investissements, des budgets de maintenance, pour décider de la vie du câble. À la fois en phase de construction pour suivre de près ces phases, l'émission des permis pour arriver sur les plages et puis après lors de la vie du câble, les réparations, les mises à jour, les augmentations de capacité et toute la gestion quotidienne d'un câble sous-marin. Et donc ça, ça a vraiment perduré pendant des dizaines d'années jusqu'à encore très récemment. Et puis tout cet écosystème a été fortement bouleversé par l'arrivée des GAFAM, des Google, des Meta, Microsoft et un petit peu moins Amazon et qui ayant des besoins exponentiel de transports de données, ont à un moment fait le choix de construire eux-mêmes des câbles. Ils étaient les clients des opérateurs pendant quelques années et en 10 ans, ils sont passés de clients des opérateurs à eux-mêmes investisseurs, constructeurs et propriétaires d'infrastructures de câbles sous-marins. Et ils ont fortement influencé l'écosystème. Forcément le rapport de force s'est fortement modifié. Donc on a vu une décroissance du modèle de consortiums. Après, Google ou Meta ont des stratégies différentes. Par exemple, Meta va avoir quand même tendance à parler aux opérateurs et à leur laisser une petite place. Google fonce, il investit, il a l'argent et puis après il réfléchit et voit si l'autre veut lui acheter une paire de fibres ou pas. L'argent jusqu'à récemment

n'est pas un problème pour eux et ils avaient des milliards à investir dans les infrastructures. Pour eux le plus cher c'étaient les data centers, énormément coûteux. Finalement un câble sous-marin à 200, 300 ou 400 millions de dollars, pour eux ce n'était pas si cher, presque de l'argent de poche. On a assisté aussi en parallèle de ça à une disparition massive des câbles construits dans les années 2000. Pourquoi ? Parce que, oui un câble peut durer 25 ans, mais ont fait face à une obsolescence économique. C'est-à-dire que quand on a ces acteurs qui arrivent et qui ont des besoins de téraoctets/seconde et qui déploient des câbles avec 16/24 paires de fibres là où des opérateurs déployaient un câble à 2/3 paires de fibres, on a presque un facteur 10. Déjà, il y a l'évolution technologique mais on a aussi un facteur d'échelle sur le nombre de paires de fibres. Finalement un câble à maintenir, qu'il ait une paire ou 20 paires, cela revient à peu près au même prix. Donc on observe une obsolescence économique des câbles et donc une fin anticipée. Par exemple, le TAT 14, il n'a pas atteint ses 25 ans et il a été décidé de le décommissionner après 19 ans de service (*Voir note j*). Ses coûts de maintenance et le coût au terabit étaient trop importants par rapport aux nouveaux câbles qui sont déployés par les GAFAM essentiellement, depuis les années 2015. On observe aussi une forte poussée des opérateurs chinois qui voient dans les infrastructures de câbles sous-marins, un moyen de mener l'ambition de la Chine pour les nouvelles routes de la soie. En conséquence, on les voit sur beaucoup de projets, notamment aussi avec les GAFAM. C'est un peu l'alliance de la carpe et du lap... ("*polop-polop*" ou *bête aux grandes oreilles, cet animal dont on ne doit pas prononcer le nom sur un bateau*). On les voit non seulement en Asie, mais aussi ailleurs.

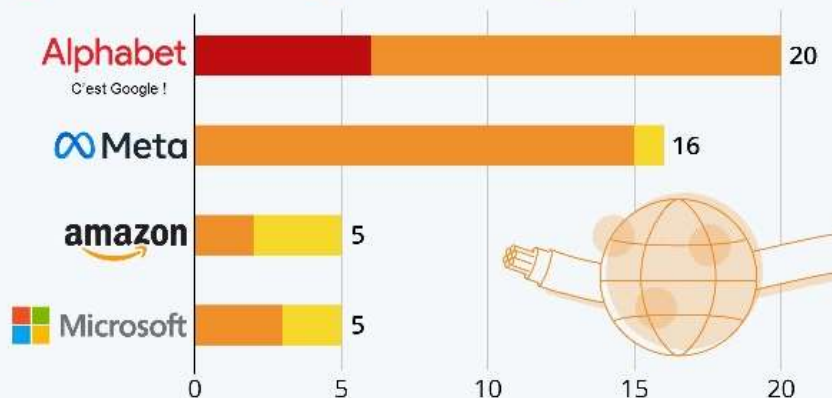
Google en 2010, c'était son premier investissement sur un câble. Aujourd'hui, il en a 15. En moins de 10 ans les GAFAM sont passés de quelques pourcents à 80 %. C'est vraiment un changement énorme et massif.



Câbles sous-marins : les GAFAM tissent leur toile

Nombre de projets de câbles sous-marins de télécoms avec lesquels les entreprises sont engagées

■ Propriétaire exclusif ■ Co-propriétaire ■ Investisseur majeur



Projets réalisés ou en cours en mars 2022.

Source : TeleGeography



On retrouve les câbles au cœur des contextes géopolitiques. Un exemple, le câble SeaMeWe 6 (*South-East Asia - Middle East - Western Europe 6*), qui est le câble de dernière génération entre Marseille et Singapour. Orange a été sur ce projet. Il y a eu 3 ans à peu près de discussions et notamment parce qu'il y avait une guerre sans nom entre Huawei et Subcom pour obtenir le marché avec des tas de pressions diplomatiques à tous les niveaux. Il y a eu plus de 3 ans de négociations avant que le projet ne soit lancé. Un câble essentiellement chinois initialement avec China Mobile International et China Telecom Group qui étaient parties prenantes et qui sont finalement partis face à la victoire de TE Subcom pour ce marché. On voit que ce sont des projets à forts enjeux stratégiques aujourd'hui qui finalement déroulent les stratégies et les souverainetés nationales de nombreux pays et on le voit entre la Chine et les États-Unis. Ça illustre bien cette guerre économique et stratégique à l'échelle du continent.

Différences entre Orange et Orange Marine

Orange Marine, est une filiale du Groupe Orange, spécialisée dans les travaux des câbles sous-marins, depuis la phase d'étude et d'ingénierie, jusqu'à l'installation de liaisons sous-marines et la maintenance de câbles existants (*Voir note k*).

La flotte d'Orange Marine : Des câbliers à la fois pour la pose et la maintenance. (Photos : Orange Marine)

- Le **René Descartes** de 2002, sous pavillon RIF et le **Teliri** d'Elettra, de 1996, sous pavillon Italien, sont des navires dédiés à la pose.



- Le **Pierre de Fermat** de 2014, sous pavillon RIF, (actuellement le plus récent pour encore quelques mois) est polyvalent (pose et maintenance)



- Le **Raymond Croze** de 1983, sous pavillon RIF (basé à La Seyne-sur-Mer) et le **Léon Thévenin** de 1983, sous pavillon Mauricien (basé en Afrique du Sud), sont des navires de maintenance



- Tout comme l'**Antonio Meucci** d'Elettra, de 1987, sous pavillon Italien (basé à Catane)

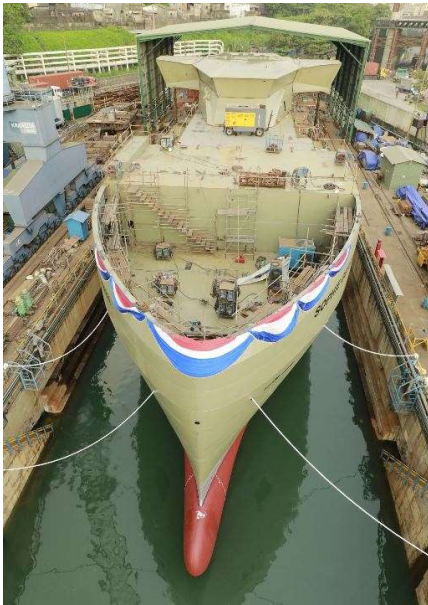


- L'**Urbano Monti** de 2007, sous pavillon Italien, arrivé dans la flotte en 2020, est dédié au survey pour Orange et Elettra (étude de nouvelles routes pour la pose de câbles sous-marins afin de trouver le meilleur tracé. Il est doté d'équipements

de pointe pour l'étude des fonds sous-marins : sondeur multi-faisceaux, positionnement précis par systèmes acoustiques, carottage par piston pour analyse d'échantillons, pénétromètre statique pour détermination de la stratigraphie, etc...). Il est basé à Catane.



- Le **Sophie Germain**, qui est en cours de construction au Sri Lanka. Ce sera un navire de maintenance et il remplacera le Raymond Croze en 2023 (C'est lui qui est maintenant en service en Méditerranée, le Croze étant parti à la casse).



Le Sophie Germain vu au chantier fin 2022.



Le Sophie Germain, en image de synthèse.

Images de charrues pour l'ensouillage des câbles et les protéger des activités humaines :



*Mise à l'eau et gros plan de la charrue du câblage Île de Bréhat (ASN - LDA) en avril 2009. (Photos : Y-N. Massac)
On remarque l'ombilic de commande qui arrive sur la charrue dans la chaussette jaune et le câble sous-marin qui pénètre dans la charrue entre les deux barres de maintien à gauche et la quitte au-delà du soc. Cette charrue d'une trentaine de tonnes, articulée, repose sur des patins qui glissent sur le fond de la mer. La profondeur d'ensouillage dépend de la nature du fond et en particulier de sa dureté. Elle peut atteindre 2 m, voire plus. Le petit propulseur jaune, sur la droite, permet d'améliorer le contrôle de la position de la charrue durant les phases de déploiement et de vol entre la surface et le fond et d'aider à orienter la charrue afin de la poser correctement sur le fond. Cette charrue peut travailler jusqu'à 1000 ou 1500 m de profondeur.*

Voici d'autres charrues :



← Cette charrue, glisse sur le fond avec 2 roues et 2 patins. Les flotteurs verts permettent de maintenir l'ombilic de commande de la charrue au-dessus de celle-ci quand elle est dans l'eau. On voit le câble sous-marin qui rentre dans la charrue sur la droite en sortie du davier du navire et qui sort de la charrue en bas sur la gauche, à travers le soc. (Photo : Wikipedia)

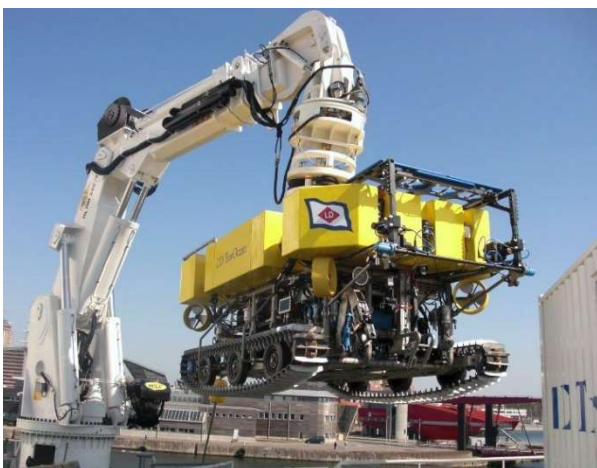
La charrue Elodie d'Orange. Elle peut travailler jusqu'à 2000 m de profondeur et ensouiller jusqu'à 3 m. Poids de 31 tonnes. Elle est articulée pour pouvoir ajuster la profondeur d'ensouillage en fonction de la nature du fond et repose sur deux patins. À l'arrière, un bras permet d'appuyer le câble dans le sillon. (Photo : Orange Marine)



Images de ROV (Remotely Operated Vehicle), commandés depuis le navire, pour inspecter, repérer les défauts ou ensouiller les câbles après réparation :



Les ROV Hector et Alpha 8 d'Orange Marine. (Photos : Orange Marine)

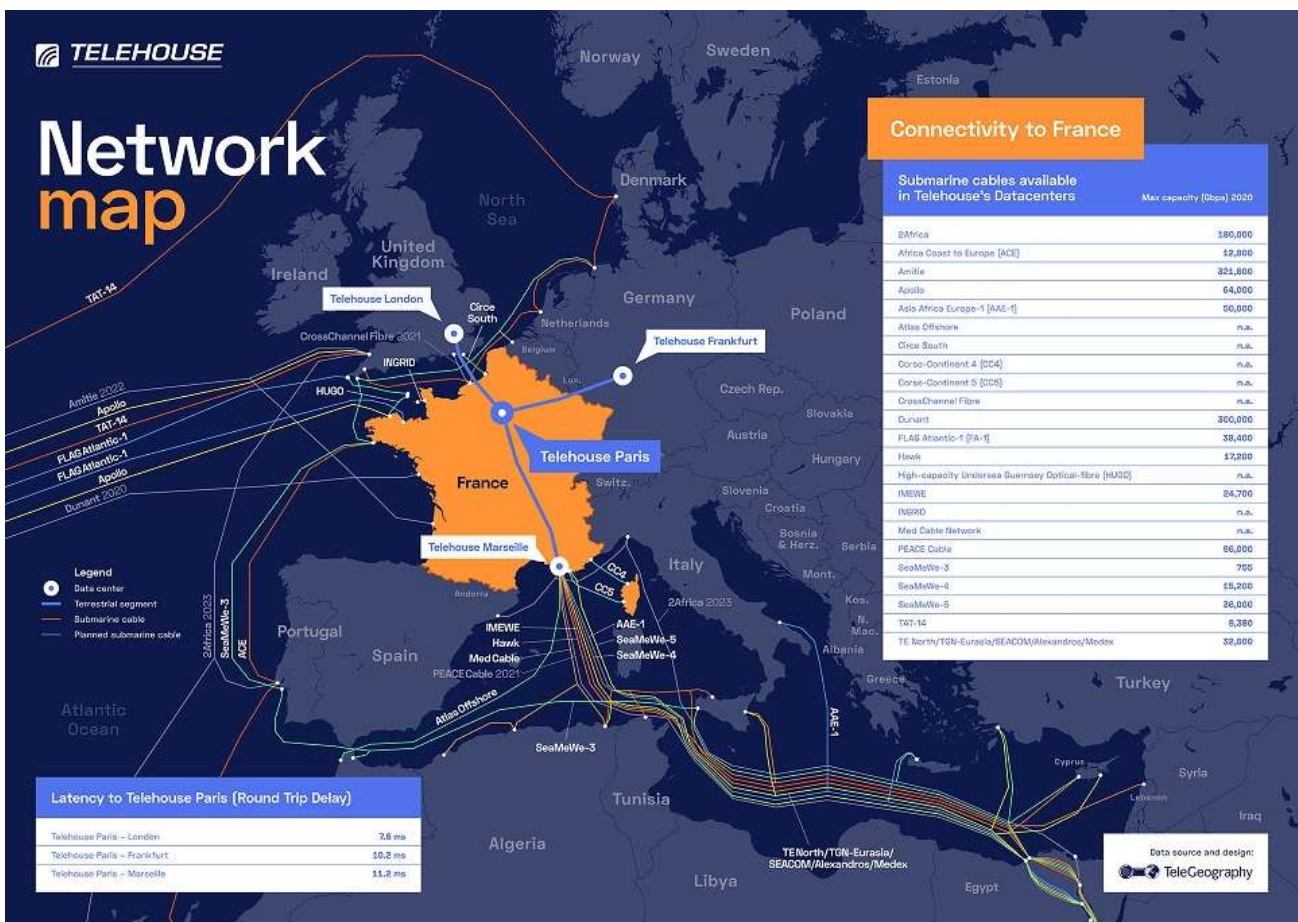


Le ROV type Rovjet 400 de LD Travocéan utilisé sur les navires d'ASN gérés par LDA. À gauche, sous sa grue de mise à l'eau et à droite à son poste de mer sur le pont d'un câblé. Peut opérer jusqu'à 2500 m de profondeur. Poids dans l'air : 10 tonnes. Équipé de 8 propulseurs. Puissance 300 kW. Vitesse sur chenilles : 2 500 m/h. (Photos : LDTVO et IT)



Déploiement du Rovjet 402 du câblier Île de Ré pour une inspection sous-marine d'un câble en 2009. (Photo : C/V Île de Ré)

En conclusion, c'est une véritable épopée industrielle et technologique de plus d'un siècle et demi et une industrie qui est réellement au cœur des enjeux commerciaux mondiaux. Le nombre d'atterrissages, le nombre de routes, sont la traduction et illustrent l'intensité des échanges entre les continents. Et les modèles sont fortement remis en question aujourd'hui avec l'arrivée des GAFAM américains et les ambitions de la Chine qui investit massivement dans les infrastructures portuaires et aussi dans les câbles sous-marins. Quelle est la place de la France et de l'Europe dans ces sujets-là.



Carte des câbles touchant la France.

Lien pour voir le document en grande taille : <https://www.telehouse.fr/wp-content/uploads/2021/09/network-map.jpg>

L'Europe se réveille aujourd'hui et commence à comprendre l'enjeu stratégique de ces infrastructures, développe des programmes pour faciliter les acteurs européens et aider au financement de certains projets. Il y a une réelle ambition et une prise de conscience également de la France, de l'intérêt d'augmenter l'attractivité de la France pour attirer les câbles sur le territoire parce qu'il y a un réel enjeu d'influence, de souveraineté nationale et des retombées économiques et fiscales importantes, ainsi qu'une dynamisation du tissu économique local. On a vu qu'avec le câble **Amitié** qui arrive sur la région de Bordeaux, c'est une première, on peut réellement mesurer les retombées économiques qui sont réalisées après l'arrivée d'un câble sur un territoire. Ça amène tout un tas d'acteurs du numérique, ce qui se traduit par des réelles dynamisations du tissu économique.

En réponse, Orange continue à investir, c'est mon métier. Investir sur des câbles transatlantiques avec des exemples de projets : **Dunant** qui est un câble privé d'un débit de 250 Tbit/s, long de 6 600 km, qui relie les États-Unis (Virginia Beach) à la France (Saint-Hilaire-de-Riez). Il a été annoncé par Google en 2018 qui a ensuite chargé TE Subcom de poser le câble qui utilise une architecture HFC (High Fibre Count), avec douze paires de fibres et un multiplexage par répartition spatiale (SDM). Il a été mis en service en 2020 en remplacement de la liaison par le câble TAT-14 qui assurait le trafic transatlantique depuis 2001. **Amitié** qui assure une connexion entre l'État du Massachusetts (aux États-Unis), Le Porge

(en France, près de Bordeaux) et Bude (en Angleterre). C'est un réseau de câbles de fibres optiques d'une longueur totale de 6 800 km, embarquant 16 paires de fibres d'une capacité maximale de 23 Tbit/s chacune et initié par Facebook/Meta. Il va être mis en service avec un an de retard à l'été 2023. La construction de ce gigantesque projet, estimé à 250 millions d'euros, a été confiée au spécialiste français Alcatel Submarine Networks, tandis qu'Orange agit – comme sur le câble Dunant – en qualité de "landing party", chargé d'assurer la maintenance des stations d'atterrissage sur les côtes françaises. Mais aussi vers l'Asie avec **Peace** (Pakistan and East Africa Connecting Europe), un câble chinois qui est arrivé à Marseille en octobre 2022. Un câble long de 15 000 km, et d'une capacité de 16 Térabits par Seconde par paire de fibre soit au total 320Tbits/s représentant plus de capacité que l'ensemble des câbles en service actuellement sur Marseille ! Ou l'Afrique avec **2Africa** qui va devenir le plus long câble de monde. Il fait le tour de l'Afrique, de Londres à l'Afrique du Sud côté Ouest puis remonte sur toute la façade Est puis passe la Mer Rouge et traverse la Méditerranée jusqu'à Barcelone, Marseille et Gênes. Ce câble sous-marin de 45 000 km avec son extension vers l'Inde, le Pakistan et le Golfe Persique est l'œuvre de Facebook/Meta.



Le consortium 2Africa était composé au début de Facebook, China Mobile International, MTN GlobalConnect, Orange, STC, Telecom Egypt, Vodafone et WIOCC. C'est Alcatel Submarine Network qui est chargé de la fabrication du câble.

Effectivement, en France, Orange se bat pour qu'il y ait une législation favorable, des processus administratifs simplifiés pour faciliter réellement l'attractivité recherchée par le gouvernement. Il y a effectivement aussi une concurrence entre les pays européens pour faire arriver les câbles.

Une fois l'exposé terminé, Carine Romanetti a été fortement applaudie. Puis a commencé la séance de questions / réponses.

Question sur les répéteurs. Comment sont-ils alimentés, où trouvent-ils leur énergie ?

Réponse : Ils trouvent leur énergie à terre. Dans un câble, il y a une partie qui constitue un conducteur. Il y a une télé-alimentation électrique à terre. On a des alimentations qui font entre 5 000 et 12 000 Volts, 1 Ampère, à peu près. En fonction de la longueur du câble, on a une puissance plus ou moins importante et effectivement ce signal électrique est conduit par le conducteur en cuivre pour aller alimenter les répéteurs qui amplifient le signal optique. Quand il y a une dégradation du câble et que les couches isolantes et protectrices sont endommagées (une "shunt fault" en anglais). On a à ce moment-là une perte d'alimentation électrique. En fait, le câble est alimenté de chaque côté, à chaque extrémité. Donc quand il y a un défaut électrique, stoppant l'alimentation électrique d'un côté au-delà du défaut, l'alimentation du côté opposé compense et le câble doit pouvoir fonctionner encore. Par contre si un second défaut apparaît qui isole complètement un ou plusieurs répéteurs, on perd le service et le câble ne peut plus fonctionner. À l'apparition d'un premier défaut, il ne faut donc pas tarder à aller réparer le câble.



À gauche, stockage de répéteurs dans l'espace dédié du hangar d'un câblier ASN. À droite, déploiement d'un répéteur lors de la pose d'un câble.

Il y a parfois des tentatives de vandalisme d'aller voler un câble sous-marin pour en récupérer les composants, mais il ne vaut mieux pas couper un câble au risque de se prendre quelques décharges électriques. Les câbles sont normalement bien protégés à l'arrivée sur les rivages, en particulier par des coques en fonte. Cela préserve les câbles mais protège aussi le public.



Mise en place des coquilles en fonte sur le câble avant mise à l'eau. (Photo : LDA-TVO)

Questions sur le devenir des câbles décommissionnés et sur la sûreté des câbles.

Réponse : Pour les câbles en fin de vie, arrêtés, cela dépend de la réglementation. En fait aujourd'hui, dans les eaux internationales, on arrive à valoriser le recyclage du câble parce qu'il y a du cuivre, surtout sur les anciens câbles coaxiaux et sur certains câbles télégraphiques. La quantité de cuivre récupérée peu permettre de rendre l'opération rentable. Il y a des industriels qui sont spécialisés dans ce retraitement. Les câbles relevés le sont par petites sections pour ne pas endommager les câbles en services qui sont posés par-dessus. Le long des côtes, la réglementation locale entre en jeu et elle évolue au fil des ans. Il y a des dizaines d'années, on laissait les câbles au fond de l'eau. Actuellement, quand on signe une convention, on a l'obligation de remettre en état derrière. Donc systématiquement aujourd'hui, quand on arrête un câble même si c'était une convention signée il y a longtemps, on le fait également. On est aussi approché par les autorités pour aller ramasser les vieux câbles qui traînent pendant qu'on y est. Il faut savoir que parfois, les études environnementales montrent qu'il y a tout un habitat qui s'est développé, qui a utilisé le câble pour s'installer et parfois, en conséquence, les autorités nous demandent de ne pas tout relever. C'est vraiment une étude détaillée par zones avec une étude d'impact environnemental pour aller voir à quel endroit on relève, à quel endroit on laisse, parce qu'on ferait plus de dégâts en enlevant sur les herbiers de posidonies, les zones protégées. En fait, pour ces phases de relevage (et aussi pour la pose), il y a des études vraiment détaillées d'impact pour prendre des prescriptions pour avoir le moins d'impact possible sur l'environnement. Après, il faut savoir qu'un câble comme ça, désaffecté, c'est inerte. Il n'y a pas de rayonnement électromagnétique, il n'y a pas d'agression envers les habitats. Les études d'impact montrent que l'effet des câbles sur l'environnement est négligeable. Néanmoins, c'est quand même aujourd'hui une pratique régulière que de remonter et recycler les câbles.

La sûreté est un sujet d'actualité. Avec les attaques, on va dire les dommages, réalisés sur les gazoducs en Baltique, les autorités militaires se sont dites «*Ouh là, quelles autres infrastructures pourraient être visées*». Et effectivement les câbles sous-marins sont une cible potentielle de ces actes, d'autant qu'on a vu des navires Russes, comme le Yantar, qui sont des bateau d'études équipés de sous-marins pouvant descendre en grandes profondeurs, se balader le long des tracés des câbles. Et donc, il y a une suspicion quand-même. La réponse à ça, c'est la diversité. Aujourd'hui, pour vous donner un exemple, sur le transatlantique, nous Orange, mais c'est le cas de tous les opérateurs ou tous les acteurs, on utilise 6 routes différentes, 6 câbles différents. On a donc une résilience. On pourrait avoir 3 câbles qui cassent ou qui sont endommagés, on peut encore faire passer 100 % de notre trafic. C'est la stratégie de tout le monde et d'ailleurs cela se comprend. Un câble sous-marin, il faut entre une semaine et un mois pour le réparer. Entre le temps de mobiliser le navire câblé, d'aller chercher les câbles de rechange aux dépôts, de transiter vers la zone d'intervention et de faire les opérations, ça peut prendre jusqu'à un mois voire deux, voire beaucoup plus longtemps s'il y a des impacts météo. (D'où l'intérêt d'avoir des contrats de maintenance avec des navires en stand-by, prêts à intervenir, avec soit les rechanges stockés à bord, ou alors en attente à proximité des dépôts de câbles, afin de diminuer les durées d'intervention, la réparation proprement dite d'un câble durant en général moins d'une semaine). En fait, on est dimensionné pour résister à des coupures. Après si on parle de vandalisme ou d'attaques à dessein, cela voudrait dire plusieurs coupures sur un même câble, là ce sera plus compliqué pour réparer. On n'est pas dimensionné pour réparer plusieurs coupures à la fois (surtout s'il faut remplacer une grande longueur de câble). On réalimente les dépôts avec du nouveau câble à chaque fois qu'on en utilise. Mais c'est vrai que s'il y a plusieurs défauts sur un câble ce peut être un problème. Mais nous sommes résilients et la réponse c'est la diversité des routes et l'utilisation de plusieurs câbles.

Question : Montego Bay reconnaît aux États le droit de poser des câbles. Quelle est la relation entre l'opérateur, l'exploitant et l'État. Un câble a-t-il une nationalité ?

Réponse : Le câble n'a pas de nationalité en fait. Si je prends l'exemple du consortium, ce n'est pas une entité physique. En droit international, c'est la copropriété de tous les co-investisseurs dans le câble. Ce qui se passe au niveau des eaux territoriales et des ZEE (Zone économique exclusive), ça va être l'opérateur ou l'acteur qui est établi dans le pays qui va prendre la propriété du câble et qui donne un droit d'usage à ses partenaires. Donc, la propriété du câble sur le territoire, elle est prise par l'opérateur qui est situé dans le pays concerné, par exemple, Orange sur le territoire français. Pour les câbles dans lesquels on est investisseur, nous sommes propriétaires des câbles qui arrivent en France. Mais il y a d'autres opérateurs qui peuvent être concernés en France comme Vodafone qui y a une filiale ou Apollo Submarine Cable System Limited, une coentreprise détenue par Cable & Wireless et Alcatel-Lucent pour la branche Sud du câble Apollo qui arrive sur la côte bretonne à Lannion. En résumé, c'est un des propriétaires qui prend la propriété et qui donne le droit d'usage à ses partenaires. Montego Bay, effectivement, autorise les opérateurs et l'activité des câbles sous-marins dans les eaux internationales. Dans les eaux territoriales, il faut évidemment le permis des autorités locales (toujours long à obtenir, ce qui retarde certains projets). Dans les ZEE, il ne faut pas de permis mais il faut néanmoins avertir les autorités et les autres usagers comme les exploitants "Oil & gaz". Si l'on passe en plein milieu de leurs blocks, ils peuvent avoir quelque

chose à dire en fonction de leur stratégie d'exploitation. Donc en général, on va les voir. Ils nous expliquent que l'on ne peut pas passer par chez eux. On leur explique qu'on a le droit de passer. On arrive à trouver un consensus en général pour passer là où ça les dérange le moins. Aujourd'hui, c'est en train de changer, c'est en train d'évoluer parce qu'on sait qu'aux Nations-Unis, le Traité sur la protection de la haute mer est en négociation. On est très vigilant là aussi pour s'assurer que l'intérêt des câbles sous-marins y soit défendu. Actuellement on utilise la Convention de Montego Bay pour avoir le droit de passer dans les ZEE. Il y a un article qui autorise l'activité des câbles sous-marins dans les ZEE, même si pour certains pays à problèmes, on étudie les meilleurs tracés pour les éviter.

Question : Vous évoquez la compétitivité des entreprises qui posent les câbles. Orange est une société française soumise à la fiscalité française et aux contraintes françaises. Comment pouvez-vous être compétitifs dans un milieu international où les règles fiscales sont pour le moins floues et les règles sociales inexistantes ?

Réponse : En réalité, quand on fait un câble qui va de France à un autre État, les partenaires ont eux aussi besoin d'arriver en France. Donc en fait les coûts des permis et la fiscalité, sont portés par tout le monde, par tous les copropriétaires. On a des fiscalités qui sont plus ou moins intéressantes. Dans la pratique, par exemple, on paye une redevance d'occupation du domaine public maritime. Cette redevance-là fait partie d'un poste de budget et tous les coûts d'exploitation et d'activité du câble sont mis au pot commun. C'est le budget de la copropriété. Et, ils sont redistribués à hauteur des tantièmes de chaque copropriétaire. Donc finalement, on n'est pas tant impacté là-dessus surtout que quand le câble arrive en France, tout le monde est soumis aux mêmes règles. En revanche, là où on peut être plus en compétition avec nos voisins comme le Portugal, l'Espagne, l'Angleterre, c'est quand on a des gros acteurs qui pour des nouveaux câbles choisissent leur point d'atterrissement. Est-ce que c'est le Portugal, l'Espagne, l'Angleterre, l'Irlande ou la France ? Et là effectivement le sujet de la redevance peut se poser, mais c'est essentiellement l'incertitude par rapport aux permis qui compte. Comme les projets sont lancés et en parallèle on demande les permis et que en phase du projet, on choisit la route, on commence à produire le câble, l'incertitude par rapport au fait d'obtenir les permis et donc de délais possibles, c'est ça le critère majeur qui pèse sur les décideurs. On a beaucoup travaillé avec les autorités ces dernières années pour améliorer justement les choses avec la DGE, avec le SGM (Secrétariat général de la Mer) qui a émis une circulaire pour uniformiser les processus et éviter les surprises. Parce que, à chaque fois qu'on faisait un projet, que ce soit sur la façade Atlantique ou dans les territoires d'Outre-mer, nos interlocuteurs avaient une interprétation différente des articles de lois. On pensait à chaque fois avoir vu tous les cas de figures mais on était confronté à des réactions différentes et des oppositions auxquelles on ne s'attendait pas. Depuis quelques années la situation s'est quand même pas mal améliorée.

Question : Est-ce qu'il est possible d'espionner un câble sous-marin sans le sectionner ?

Réponse : C'était possible d'espionner sans couper le câble quand on avait les câbles coaxiaux avec des signaux électriques. Aujourd'hui, avec les câbles optiques, pour pouvoir espionner, il faut couper. On a ça essentiellement à terre. En mer, c'est plus compliqué. Et il faut comprendre en plus qu'on a une telle quantité de données aujourd'hui, sur une seule fibre optique, qu'en réalité c'est quand même peu réaliste d'avoir de l'espionnage en mer. En fait l'espionnage, il est à terre, dans les stations de câbles sous-marins au niveau des équipements de transmission. On peut avoir de l'espionnage légal, de l'interception légale, sur ordre des gouvernements et peut être des choses moins officielles...

Questions : Est-ce que les câbles sont perturbés par le passage des bateaux ? Est-ce qu'on peut utiliser le câble sous-marin pour détecter des passages de sous-marins ?

Réponse : Non, les câbles ne sont pas affectés par le passage de navires.

En revanche aujourd'hui on a des technologies qui utilisent la fibre optique et les propriétés quantiques des fibres pour mesurer les micro-déplacements. Notamment on a des expériences avec l'Institut de Physique du Globe pour utiliser des fibres optiques pour mesurer en temps réel les mouvements sismiques, en particulier au large de Mayotte. On a vu la naissance d'un volcan, il y a quelques années, en 2019. Et ils ont utilisé une des fibres dont on ne se servait pas sur un de nos câbles entre Mayotte et les Comores pour faire des mesures. Ça s'est avéré bien fonctionner. Les équipements sont à terre et permettent de mesurer des tout petits mouvements du sol. Et ils ont eu des financements pour développer et déployer leur propre réseau pour faire ces mesures.

La conférence se termine avec des applaudissements.

Grands remerciements à Carine Romanetti pour la clarté de son exposé qui a eu un réel succès auprès des 44 participants qui étaient face à la conférencière.

Compte-rendu réalisé par Yves-Noël Massac,

Retrouvez ci-dessous les notes auxquelles il est fait référence dans le texte.

Notes :

a - Tjipetir était une usine de gutta-percha située sur l'île de Java, en Indonésie, où était exploitée jusqu'au début du XXe siècle cette gomme particulière car très dure. La gutta-percha, comme on l'appelait, servait alors à l'habillement des matelots, aux soins dentaires ou encore à l'isolation des câbles électriques, télégraphiques. Elle fut progressivement remplacée par d'autres matériaux au cours du siècle dernier. (Source : Ouest-France)

b - Le matériau montre des propriétés adhésives, est un bon isolant électrique et est bio-inerte. Du fait que ce matériau ne se dégrade pas lorsqu'il est immergé dans l'eau de mer et de plus qu'il conserve des propriétés électriques isolantes étonnantes, il a été le matériau « miracle » qui a rendu possible l'exploitation des câbles sous-marins ou souterrains,

jusqu'à la découverte du polyéthylène en 1933. En revanche, il ne résiste pas à une exposition prolongée aux UV. (Source wikipedia)

c - Dans les années 1840, William Montgomerie, médecin dans l'Armée des Indes, en développa des applications pratiques dans le domaine de l'instrumentalisation médicale. En 1843, Werner von Siemens conçut une machine pour enrober les câbles en cuivre, avant d'avoir l'idée d'utiliser la gutta-percha pour l'isolation des câbles télégraphiques sous-marins. (Source : wikipedia)

d – La première tentative de pose de 1857, fut un échec. Les navires câbliers étaient des navires de guerre reconvertis : le HMS Agamemnon et l'USS Niagara ; chacun des 2 navires n'avait la capacité de transporter que la moitié du câble. La pose du câble commença à la Rive Blanche près du château de Ballycarbery dans le comté de Kerry, sur la côte sud-ouest de l'Irlande, le 5 août 1857. Le câble cassa dès le premier jour, mais il put être récupéré au grappin et réparé. Il cassa une seconde fois, à près de 3 200 m de profondeur, et l'opération de pose fut abandonnée pour l'année 1857. Le câble se composait de sept fils de cuivre, pesant chacun 26 kg/km (107 livres par mille marin) ; il était recouvert de trois couches de gutta-percha, pesant 64 kg/km (261 livres par mille marin), et enroulé dans du chanvre goudronné, autour duquel une gaine de 18 brins composés chacun de sept fils métalliques, était posée en spirale. L'ensemble pesait près de 600 kg/km (1,1 tonne par mille nautique), était relativement souple et pouvait résister à une traction de plusieurs dizaines de kilonewtons (plusieurs tonnes). Il a été construit conjointement par deux sociétés anglaises - Glass, Elliot & Co. de Greenwich, et R. S. Newall & Co. de Birkenhead. Plus tard, après la fabrication on a découvert que les 2 sections avaient été fabriquées avec des brins torsadés dans des sens opposés.

e - L'été 1858, après des tests dans le golfe de Gascogne, l'Agamemnon et le Niagara ont donc fait une nouvelle tentative. Les navires se sont rencontrés au milieu de l'Atlantique pour y commencer la pose du câble. Les deux moitiés du câble ont été épissées ensemble, et pendant que l'Agamemnon allait vers l'est vers l'île de Valentia, le Niagara faisait route vers l'ouest, vers Terre-Neuve. L'épissure centrale a été faite le 26 juin 1858, et la pose du câble sur le fond a pu commencer. Le câble cassa une première fois après moins de 5,5 km (trois milles marins), une seconde fois après environ 100 km (54 milles marins) et une troisième fois quand environ 370 km (200 milles marins) de câble étaient posés. L'expédition revint en Irlande à Queenstown puis repartit le 18 juillet 1858 avec des équipages peu enthousiastes. L'épissure centrale fut achevée le 29 juillet 1858. La pose du câble se déroula cette fois facilement. Le Niagara arriva à Trinity Bay (Terre-Neuve) le 4 août et le lendemain matin, le câble atteignait la côte. L'Agamemnon réussit également son trajet de pose vers l'Irlande. Le 5 août, il arrive à l'île de Valentia, et le câble atteint la rive à proximité de Knightstown sur un site qui sera dénommé « The Telegraph Field ». (Source : Wikipedia)

Le temps d'installer les équipements dans les stations terminales et le message inaugural est échangé entre la reine Victoria et le président Buchanan. La transmission du message de 100 mots dura 1 h et 7 mn.

La ligne ne fonctionne que 20 jours jusqu'au 1^{er} septembre 1858. C'est sans doute un ingénieur de la société Newall, en appliquant une tension de pile destructrice qui provoque le claquage de l'isolant, alors qu'il pensait accélérer la vitesse de transmission. À l'époque, une difficulté majeure n'était pas résolue : la réparation d'un câble sous-marin fautif. En effet, un câble posé par grande profondeur ne supportait pas son propre poids pendant le relevage. (Source : Du Morse à l'internet)

f - Le premier câble sous-marin reliant la France et les États-Unis fut posé en 1869 par la Compagnie Française des Câbles Télégraphiques. Il reliait Brest à Cape Cod près de Boston via Saint-Pierre-et-Miquelon.

g - En juin 1871, la Grande-Bretagne est reliée à Hong Kong et, un an plus tard, à l'Australie. En 1877, les réseaux télégraphiques britanniques ont une longueur de 103 068 km sur les 118 507 km du réseau mondial. 43 câbles atterrissent en France.

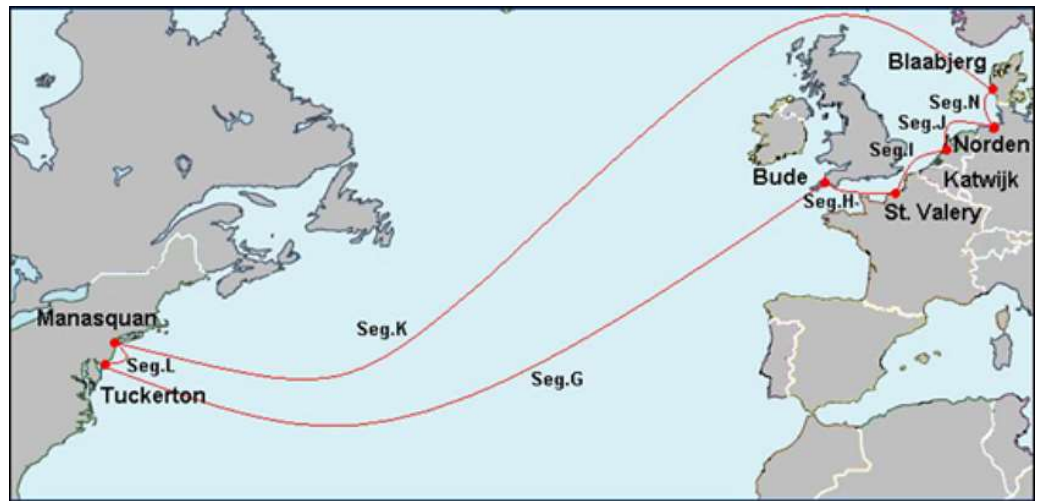
En 1902 et 1903, premier câble télégraphique transpacifique, reliant les États-Unis à Hawaï, à Guam et aux Philippines en 1903. Pose d'une liaison Canada, Australie, Nouvelle-Zélande, Fidji.

h - En 2020, plus de 473 câbles sous-marins sont répertoriés à travers le monde pour une longueur totale d'environ 1,3 million de kilomètres. Les raisons en sont à la fois multiples et assez simples dans les grandes lignes. Technologiquement, les câbles permettent de véhiculer toutes sortes de donnée, textes, signaux téléphoniques, photo, vidéo, Internet haut débit et télévision numérique haute définition. Leur capacité est estimée de l'ordre de 1 000 fois plus que les satellites.

Économiquement, « le câble sous-marin est devenu bien plus rentable que le satellite, de l'ordre de cent fois plus ».

i - Un multiplexeur est un appareil qui découpe et qui code chaque donnée entrante sous forme de rayons lumineux, injectés dans la fibre à des longueurs d'onde distinctes (jusqu'à 160 longueurs d'ondes ou « couleurs » au début des années 2000. La paire de fibre optique transmet ensuite ces longueurs d'onde, jusqu'à un démultiplexeur. Cet appareil récupère le signal et le retraduit sous forme de données exploitables par le segment terrestre.

j - Mis en service le 21 mars 2001. Constitué de deux liens, Nord et Sud, 15 428 km au total, le câble TAT-14 utilisait quatre paires de fibres conçues pour faire passer un débit total de 9,38 téraoctets par seconde mais qui délivraient en réalité 3,15 Tbit/s. En France, l'atterrissage de la connexion avec le réseau terrestre national se faisait à Saint-Valery-en-Caux. Décommissionné le 15 décembre 2020 avec le basculement du trafic vers le câble Dunant. La portion française de TAT-14 est entièrement relevée par les équipes d'Orange en décembre 2021. Le consortium propriétaire de TAT-14 comprenait 11 opérateurs : AT&T, BT, C&W, Deutsche Telekom, France Telecom, KPN, MCI, PGE, Sprint, Swisscom and Telia.



Systeme TAT 14 :

k - En activité depuis le milieu du XIXème siècle, la branche câbles sous-marins du Ministère des Postes et Télécommunications devient filiale à 100% du Groupe Orange en 1999. La flotte câblière d'Orange Marine représente 15% de la flotte mondiale.

Au total, Orange Marine a installé plus de 240 000 km de câbles sous-marins de fibre optique dans tous les océans. Ses navires ont réalisé plus de 670 réparations sur des liaisons sous-marines, dont certaines allant par près de 6000 m de profondeur.

En octobre 2010, Orange prend le contrôle d'Elettra, filiale de Telecom Italia. La gestion en est déléguée à Orange Marine, qui opère désormais 6 navires câbliers et un navire de survey depuis ses bases marines ou des ports étrangers.

La structure juridique d'Orange Marine comporte une filiale Chamarel Marine Services basée à l'île Maurice, et un département SIMEC (à Fuveau), qui conçoit, fabrique et opère des engins sous-marins (ROV, charrues, trenchers, crawlers). Le trencher peut creuser une tranchée avec une roue, un outil à chaîne ou un outil jetting. Le Crawler, conçu pour ensouiller par jetting (jet d'eau sous pression) tous les types de câbles jusqu'à 200 mm de diamètre, est dédié aux travaux en eaux peu profondes.

Trencher Castor 1 d'Orange Marine. (Photo : Orange Marine)



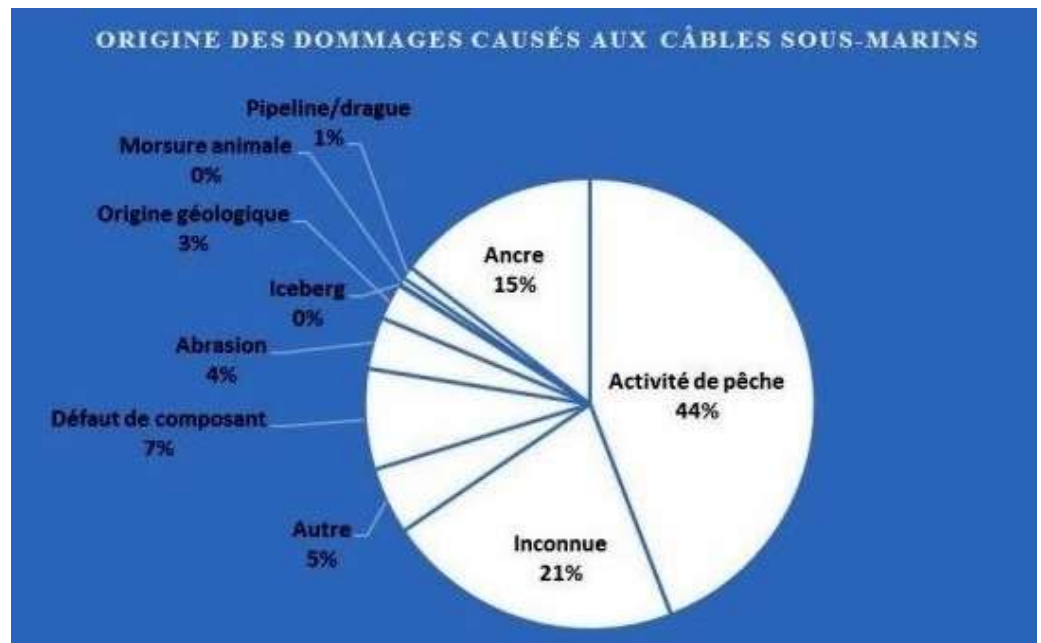
l - Voici quelques documents complémentaires :

Tout d'abord, une vue de la mise à l'eau d'une unité de branchement (BU - Branching Unit) en forme de "Y", qui permet de raccorder une branche d'un système, sur le câble principal.



Ensuite, voilà un modèle de grappin utilisé pour crocher, récupérer un câble au fond de l'eau. Ici, il s'agit d'un **"Flat Fish"**. Il vient d'être utilisé pour remonter un câble à fibres optiques du type "LW" dont l'isolant est en polyéthylène blanc. (Photo : Y-N Massac)

Voici maintenant la répartition des sources d'avaries sur les câbles :



Dernière photo montrant une "shunt fault". L'isolant électrique du câble **EIG Seg 2.5** a été perforé par un arc qui a mis le conducteur en cuivre à la masse avec l'eau de mer.

m – La France étant à la première place mondiale pour ses câblers, voici en complément de la présentation des câblers d'Orange Marine faite plus haut, la flotte d'ASN/LDA. À noter qu'un navire poseur peut très bien faire de la maintenance, ce qui fut le cas de l'Île de Bréhat pendant 5 années en stand-by à Brest pour le contrat ACMA (Atlantic Cable Maintenance & Repair Agreement) de 2004 à 2009 et qu'un navire de maintenance peut faire de petites poses :

Câblers poseurs d'ASN, gérés par Louis Dreyfus Armateurs :

- L'**Île de Sein** construit en 2001 en Corée, sous pavillon RIF. Longueur 140,4 m, comme les 2 suivants.

Il est vu ici lors de l'atterrage du câble 2Africa le 3 novembre 2022, devant le port de Marseille. (Photo : NBC)



L'**Île de Batz** construit en 2002 en Corée, sous pavillon RIF.



L'auteur de ce compte-rendu a commandé le navire de novembre 2009 à janvier 2010.

L'Île de Batz vu à Tahiti en juillet 2018. (Photo : Tahiti Infos)

L'Île de Bréhat construit en Corée et mis en service fin 2002, sous pavillon RIF. L'auteur de ce compte-rendu a commandé le navire de 2002 à 2009.

En 2006, l'Île de Bréhat a été équipé de matériel de dépollution et de lutte contre la pollution aux hydrocarbures dans le cadre du plan européen de protection et de prévention des marées noires pour le compte de l'EMSA (l'Agence Européenne pour la Sécurité Maritime - AESM). Puis en 2009 il a été reconfiguré en poseur de câbles et le matériel de dépollution a été débarqué.

L'Île de Bréhat est vu ici dans le Goulet de Brest. (Photo : Marine Marchande.net)

Pour une visite du navire où vous retrouverez l'auteur de ce compte-rendu, voir : <https://www.marine-marchande.net/Reportages/IledeBrehat/0-IledeBrehat.htm>



Voici les 3 "Îles coréennes" ensemble à Calais où se trouve l'usine de câbles sous-marins d'Alcatel Submarine Network (ASN).

Câbliers mixtes pose / maintenance d'ASN, gérés par Louis Dreyfus Armateurs :

L'Île d'Aix, construit en 1992 à Singapour, ce navire câblé de maintenance fut à l'origine exploité par la société Tyco avant d'être transformé pour les besoins de la recherche pétrolière offshore en navire hôtel avec une capacité d'accueil de 240 personnes sous le nom de Gulmar Badaro. Le 14 novembre 2011, LDA achète le câblé à Gibraltar puis lui rendra sa vocation première au cours d'un arrêt technique à Santander. Ses 151 mètres de long font de l'Île d'Aix le plus long des navires de la flotte. Il navigue sous pavillon RIF et peut être utilisé aussi pour la pose des câbles.



L'Île d'Aix vu le 1^{er} juin 2013 à Cherbourg. Il dispose d'une plateforme hélico sur le gaillard. (Photo : J-Ch. Massac)

L'Île d'Yeu, ancien navire de travaux offshore Seven Mar de Subsea 7, construit en Corée en 2001, racheté par ASN en juin 2021, doit être mis en service début 2023 après sa conversion au chantier Remontowa en Pologne. Long de 147 m, il naviguera sous pavillon RIF.

Il est vu ici dans sa cale sèche en Pologne au chantier Remontowa de Gdansk en décembre 2022. (Photo : ASN)



Câblers de maintenance d'ASN, gérés par Louis Dreyfus Armateurs :

L'Île d'Ouessant, construit en Chine en 2011, cet ancien navire de travaux offshore a été acheté par ASN en avril 2019 puis transformé en câblier de maintenance au chantier Remontowa en Pologne. Il est long de 91,70 m et navigue sous pavillon RIF. Description complète du navire avec le lien : https://www.lda.fr/wp-content/uploads/2020/12/2020_IOT_leaflet ASN LDA.pdf

(Photo : LDA)



L'Île de Molène, ex-navire supply Caledonian Vision construit en 2006, acquis en mai 2021 par ASN, a été converti en câblier de maintenance aux chantiers Remontowa, en Pologne. Le navire a été baptisé le 24 juin 2022. Long de 99,6 m, il navigue sous pavillon RIF.



L'Île de Molène arrivant à Calais en juin 2022. (Photos : LDA - ASN)

Câblers mixtes pose / maintenance gérés par Louis Dreyfus Armateurs pour Optic Marine (OMS Group) :

L'Île de Ré, ex-Prerow (ex-Gleichberg de 1982 à 1991 et 1994 à 1999, ex-City of Dublin de 1991 à 1994) construit en 1982 en RDA comme roulier transbordeur, a été converti en câblier en 2002 aux chantiers polonais de Remontowa à Gdansk après son achat par ALDA (ASN et LDA). Armé sous pavillon RIF il a principalement été basé à Nouméa jusqu'en 2017 pour assurer le contrat de maintenance SPMA (South Pacific Maintenance Agreement). Un portique pour charrue a été installé en 2016. Il est long de 143 m. L'auteur de ce compte-rendu a commandé le navire de mars 2010 à mai 2012 et de novembre 2013 à avril 2016, avant de prendre sa retraite. Depuis qu'il a quitté Nouméa, le navire est passé sous pavillon Indonésien et travaille en Asie/Pacifique pour Optic Marine.



L'Île de Ré vu au mouillage à Singapour en avril 2012 avec à droite en arrière-plan, le câblier Lodbrog, son quasi sister-ship. (Photo : Y-N Massac)



L'Île de Ré sous ses nouvelles couleurs "Optic Marine".

*À gauche, en mer.
(Photo Vessel Finder)*

*À droite, en novembre 2017 à Wallis, avec son portique de déploiement de la charrue bien visible.
(Photo : wallis-et-futuna.gouv)*



Le **Cable Vigilance**, ex-GSP Licorn, ex-Caledonian Vigilance, ancien navire supply offshore construit en Chine en 2006 et acquis par OMS en août 2021. Transformé en câblé, comme les autres, en Pologne, il a été baptisé le 25 juillet 2022 à Dunkerque. Il mesure 99 m de long et est un sister-ship de l'île de Molène. Il navigue sous pavillon RIF et devrait être dans un premier temps exploité en Europe.



Le Cable Vigilance à quai. (Photo : Mer et Marine)



Le Cable Vigilance à quai devant son ROV. (Photo : OMS)

Câblé de maintenance gérés par Louis Dreyfus Armateurs pour Optic Marine (OMS Group) :

Le **Teneo**, construit en 1992, ancien câblé espagnol de TSSL Temasa, a été acquis directement en 2019 par OMS en Espagne et confié à LDA pour sa gestion. Long de 81 m, il navigue maintenant sous pavillon indonésien.

Le Teneo vu à Singapour en juillet 2021, a troqué son ancienne robe blanche pour une robe bleue. (Photo : Marine Traffic)



Le **Peter Faber**, sous pavillon danois (Telecom Denmark puis ASN) jusqu'à 2009 a été construit en 1982 au Danemark. Début 2009, ASN a décidé de changer son pavillon pour le français et son équipage danois par un équipage de LDA. Long de 78,40 m, il est le plus petit de la flotte. Tout en conservant son pavillon RIF et sa gestion LDA, il est passé chez OMS en 2019.



Le Peter Faber à Malte en novembre 2009. (Photo : Y-N. Massac)



Passage du NW pour le Peter Faber, dans le Lancaster Sound, du Pacifique vers l'Atlantique en 2008. (Photo : ALDA / J.L. Lamy)



Le Peter Faber sous les couleurs d'Optic Marine. (Photo : Optic Marine)

et le **Lodbrog**, ex-roumain Tuzla puis Bolero (en 1996) construit de 1983 à 1985 comme roulier transbordeur à Wismar en RDA et devenu un quasi sister-ship de l'île de Ré après avoir été converti en câblé en 2001/2002 aux chantiers polonais de Remontowa à Gdansk après son achat par ASN en octobre 2000. Il navigue alors sous pavillon danois. Début 2009, ASN a décidé de changer son pavillon pour le français et son équipage danois par un équipage de LDA. Long de 143,40 m, il est basé en Asie du Sud-est. Il a pris le pavillon malaisien début 2021.



Le Lodbrog à Singapour le 15 mai 2012. (Photo : Y-N. Massac)



Le Lodbrog aux couleurs d'Optic Marine, dans le détroit de Kanmon au Japon, le 11 juillet 2021. (Photo : Marine Traffic)

Terminons avec quelques liens internet :

Pour découvrir les câbliers du monde : <https://www.iscpc.org/information/cables-ships-of-the-world/?items=0>

Carte interactive des câbles sous-marins dans le monde : <https://www.submarinecablemap.com/>

Présentation ASN de la technologie du câble sous-marin des années 2020 :

<https://france.suboptic.org/assets/pdf/Olivier%20Gautheron%20-%20Technologies%20cables%20sous-marins.pdf>

Pour avoir plus de détails sur l'histoire des câbles transatlantiques, vous pouvez consulter :

https://fr.wikipedia.org/wiki/C%C3%A2bles_t%C3%A9l%C3%A9graphiques_transatlantiques#

Pour avoir plus de détails sur l'histoire des câbles sous-marins en général, vous pouvez consulter : https://fr.wikipedia.org/wiki/C%C3%A2ble_sous-marin#

et un livre malheureusement épuisé mais qui peut encore se trouver d'occasion :

Du Morse à l'internet, 150 ans de télécommunication par câbles sous-marins

Par Gérard Fouchard, René Salvador, Yves Rolland, Alain Paul Leclerc

Paru en 2006 chez AACSM (Association des Amis des Câbles Sous-Marins)

ISBN 2-9526121-0-2

456 pages

