



La bataille des fibres sous-marines

19 février 2021

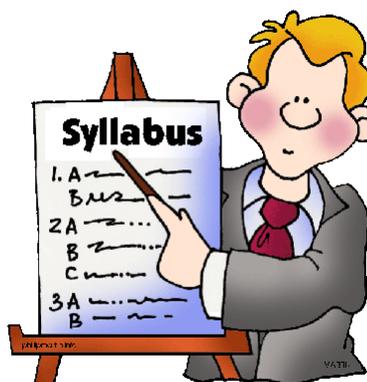


99 % du trafic Internet empruntent les câbles sous-marins sur une partie de leur trajet

Sommaire

La bataille des fibres sous-marines

- ❖ La course à la suprématie universelle
- ❖ Comment se fait la dépose au fond des océans, un travail de spécialistes : les câbliers
- ❖ Les technologies retenues
- ❖ Fragilité des installations, pannes et conséquences
- ❖ Plus de 470 câbles en activité, 1,5 million de km
- ❖ La poussée des GAFAM et le danger qu'ils représentent : GAFAM World
- ❖ Un modèle économique complètement reconsidéré, risque de monopole économique
- ❖ ...et politique de la part des Etats-Unis
- ❖ Espionnage et sabotage
- ❖ Des événements qui donnent à réfléchir



La course à la suprématie universelle

- ❖ ...via les moyens de communication
- ❖ L'affrontement Internet a lieu sur trois terrains distincts :
 - ❖ La fourniture des contenus
 - ❖ L'accès à ces contenus
 - ❖ et leur transport.
- ❖ Trois « spécialités » différentes, qui chacune nécessite des investissements colossaux, que seuls les pays, les GAFAM et leurs équivalents chinois sont susceptibles de réaliser.
- ❖ Celui qui se placera en bonne position dans ces trois spécialités, sans être nécessairement le leader, dominera le monde Internet pour longtemps...



Transporteur de données : les tuyaux



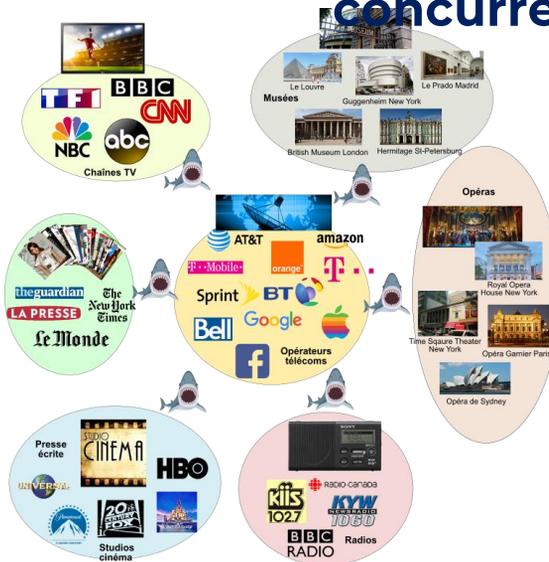
Fabrication des contenus



Accès aux données : FAI (ISP ou...)

La bataille des fibres sous-marines

Les concurrents



- ❖ Les opérateurs télécoms, qui passent les câbles, lancent les satellites et implémentent les infrastructures cellulaires au sol
 - ❖ Faiblesses : fragilité financière liée au gigantisme des investissements et à la voracité des états : achat de licences, droits à mise en œuvre...
- ❖ Les états
 - ❖ Faiblesses : perception strictement financière, peu ou pas d'anticipation sur les besoins des usagers, influence généralement locale, manque de compétences
- ❖ Les fournisseurs d'accès (ISP) et IXP
 - ❖ Faiblesses : position contestable (intermédiaire), intérêt réel, remplacement possible
- ❖ Les fournisseurs de services : les GAFAM
 - ❖ Faiblesses : méfiance des états, pouvoir jugé exorbitant
- ❖ Les fournisseurs de contenus
 - ❖ Ne sont pas préparés aux problématiques de communication et de services

La bataille des fibres sous-marines

Les enseignements de l'histoire

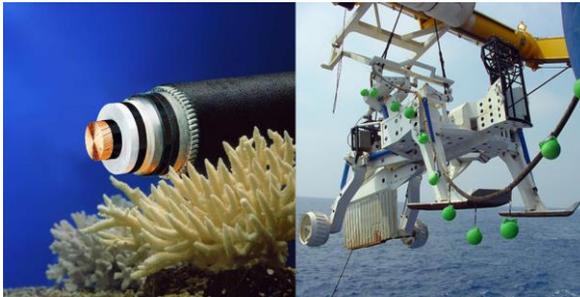


- ❖ Les grandes puissances ont établi leur influence politique et économie sur la construction d'un réseau de voies de communications très dense
- ❖ L'empire romain : 800 ans d'histoire, marquées par un maillage dense de toutes les composantes
- ❖ -312 avant JC, la voie Apienne qui relie Rome à Capoue, est la première d'une longue série qui symbolisera la puissance de Rome.
- ❖ A peine conquises, les nouvelles contrées se couvrent de chantiers de construction ou d'extension des réseaux existants.
- ❖ Si les romains étaient encore là, ils couvriraient la planète de fibres optiques, de routeurs 5, 6 ou 7G...
- ❖ Les GAFAM ont compris cette leçon, ce qui n'est pas le cas de tous les dirigeants de pays pourtant industrialisés

La bataille des fibres sous-marines

5 / 20

Les câbles sous-marins



- ❖ L'enjeu, véhiculer le trafic Internet de la planète
 - ❖ 1992 : 100 GB/jour
 - ❖ 2002 : 100 GB/sec
 - ❖ 2016 : 26,6 TB/sec (8 fois plus selon Cisco)
- ❖ Le trafic entre l'Amérique du Nord et l'Europe double tous les deux ans

Les acteurs impliqués

- ❖ Les **chimistes** capables de fabriquer des fibres optiques mono et multimodes
- ❖ Pour les monomodes il y a très peu de spécialistes dans le monde
 - ❖ Corning Incorporated
 - ❖ OFS Fitel LLC
 - ❖ AFL Telecommunications
- ❖ Les **intégrateurs de câbles**, avec de plus en plus d'intelligence embarquée
- ❖ Les **câblers**, opérateurs de dépose des câbles sur les fonds marins
 - ❖ Ex : ASN, pour les câbles 2Africa de Facebook et Equiano de Google
- ❖ Les **"raccordeurs"** (éventuellement), les opérateurs "landing party" qui assurent la jonction des câbles avec les infrastructure terrestres

La bataille des fibres sous-marines

6 / 20

33 ans d'histoire

Deux dates extrêmes : TAT-8 en 1988 et AMITIE en 2022



- ❖ Le premier câble transatlantique TAT-8 est passé par AT&T en 1988.
- ❖ 5 066 km
- ❖ Entre l'Amérique du Nord et la France
- ❖ Répéteurs tous les 64 km
- ❖ 565 Mbps
- ❖ Lumière 1,3 micron, atténuation 0,4 dB/km



- ❖ AMITIE lancé par Facebook et disponible en 2022
- ❖ 7 292 km
- ❖ Entre l'Amérique du Nord, la France et le Royaume Uni
- ❖ 16 paires de 23 Tbps maximum, soit 368 Tbps théoriques

La bataille des fibres sous-marines

7 / 20

La dépose des fibres optiques



- ❖ Il existe un certain nombre d'opérateurs dans le monde qui maîtrisent bien les opérations de dépose : la réalisation de la bathymétrie (représentation 3D des fonds marins), jusqu'à plusieurs milliers de mètres de profondeur, la météo capricieuse, la rupture des câbles due aux chalutiers qui raclent le fond des mers, d'où la nécessité de les ensouffler (enfouir dans le sol), pour les rendre moins vulnérables, la faune marine comme les requins...

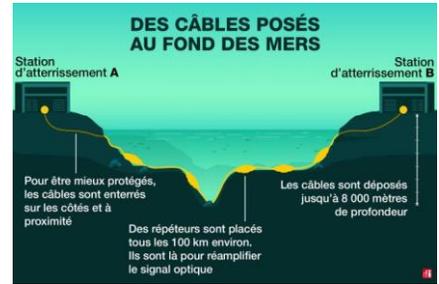


La bataille des fibres sous-marines

8 / 20

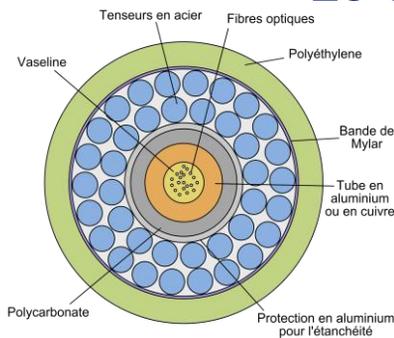
La technique de dépose

- ❖ Les câbles sont enterrés au départ et à l'arrivée ("landing zone"), par souillage, grâce à des charrues portées par les câbliers.
- ❖ Entre les zones de forage, les câbles sont posés à même les fonds marins.
- ❖ Les câbles comportent des capteurs pour émettre des informations sur leur état.
- ❖ En cas de rupture ou de dysfonctionnement, un câblier déconnecte la zone incriminée (de l'ordre de 10 km), crée un shunt entre les extrémités, récupère le câble endommagé, le répare et le redépose : plusieurs semaines d'indisponibilité



La bataille des fibres sous-marines

Le câble "mécanique"



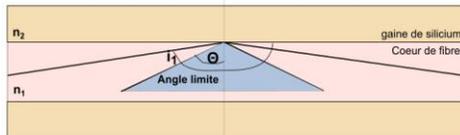
- ❖ Les fibres optiques internes sont plongées dans de la vaseline, l'ensemble étant placé dans un premier tube aluminium ou de cuivre
- ❖ Le tout est inséré dans un tube de polycarbonate, un matériau qui a d'excellentes propriétés mécaniques et une résistance thermique entre - 100 et + 120 °C, températures susceptibles d'apparaître le long du cheminement optique.
- ❖ Le polycarbonate est lui-même inséré dans un tube d'aluminium pour l'étanchéité et enfin dans des tenseurs en acier pour assurer la rigidité du câble.
- ❖ Viennent enfin les couches externes de polyéthylène et de mylar pour l'isolation
- ❖ L'ensemble pèse environ 10 kg/mètre
- ❖ Le câble comporte de 4 à 16 paires de fibres



La bataille des fibres sous-marines

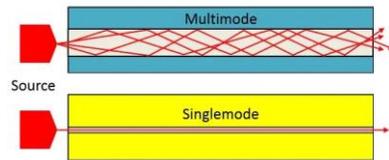
Fibres multimodes et monomodes

- ❖ **Fibre multimode** : courtes distances, âme de 350 microns, la lumière peut suivre des chemins différents : décalage à l'arrivée, dispersion.
- ❖ Vitesses réduites : 1 Gbps
- ❖ Avec répéteurs, pour des liaisons courtes
- ❖ Deux familles : saut d'indice et gradient d'indice
 - ❖ Saut d'indice : l'indice de réfraction est uniforme dans le core. Faible vitesse.
 - ❖ Gradient d'indice : la valeur de l'indice décroît depuis l'axe vers l'extérieur du core. L'indice de réfraction est plus élevé dans l'axe du core, puis diminue. Plus la lumière s'éloigne du centre de la fibre, plus sa vitesse est élevée.



Réfraction : $n_1 \sin i_1 = n_2 \sin i_2$
 si $n_1 < n_2$ et $i_1 > \theta$, toute la lumière est totalement réfléchie

- ❖ **Fibre monomode**, très rapide (plusieurs Tbps)
- ❖ Un seul chemin, pratiquement direct
- ❖ Dispersion du signal quasi-nulle
- ❖ Cœur de 10 microns, du même ordre de grandeur que la longueur d'onde véhiculée
- ❖ Nécessite une diode laser de grande puissance en émission
- ❖ Moins de répéteurs



Fibre multimode
 Quand le rayon lumineux attaque les bords du cœur, avec un angle supérieur à l'angle limite, la totalité de la lumière est réfléchie.

Les techniques de multiplexage

Multiplexage de longueurs d'ondes

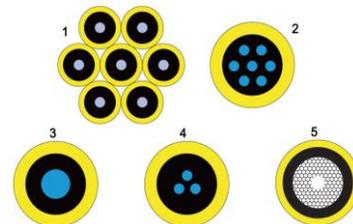
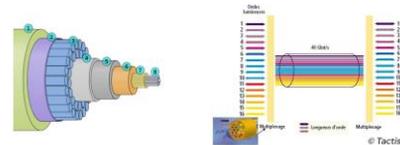
- ❖ WDM ("wavelength-division multiplexing") : Une même fibre transporte dans les deux sens plusieurs longueurs d'ondes, chacune attribuée à un type de données particulier
- ❖ Deux versions : CWDM et DWDM, selon la distance entre les longueurs d'ondes, réduite en DWDM ("Dense") et élevée pour CWDM ("Coarse").
- ❖ DWDM jusqu'à 160 longueurs d'ondes différentes.

Multiplexage basé sur le temps

- ❖ OTDM permet de définir des canaux indépendants sur une même fibre, à qui sont attribués des quantum de temps différents. Il n'y a donc pas de simultanéité.

Multiplexage spatial

- ❖ SDM ("Space Division Multiplexing"), exploite des paires de fibres indépendantes, sur le même principe que MIMO et massive MIMO de Wi-Fi et 5G (les antennes à la place des fibres)
- ❖ Plus on dispose de paires de fibres, plus la bande passante est élevée
- ❖ Avec 6 paires à 20 Tbps : 120 Tbps
- ❖ Avec 16 paires à 16 Tbps : 256 Tbps
- ❖ La technique permet d'envisager des câbles à 1 Petabits avant 2030



- 1 : Association de fibres monomodes indépendantes (SMF), isolées
- 2 : Câble multimode (MCF) contenant des fibres indépendantes avec suffisamment d'espace pour éviter la diaphonie entre elles
- 3 : FMF ("Few Mode Fibre", avec core conçu pour servir de guide à différents modes de communication)
- 4 : Cores de fibres couplés pour une plus grande densité spatiale que les cœurs isolés
- 5 : Fibres à cœurs creux.

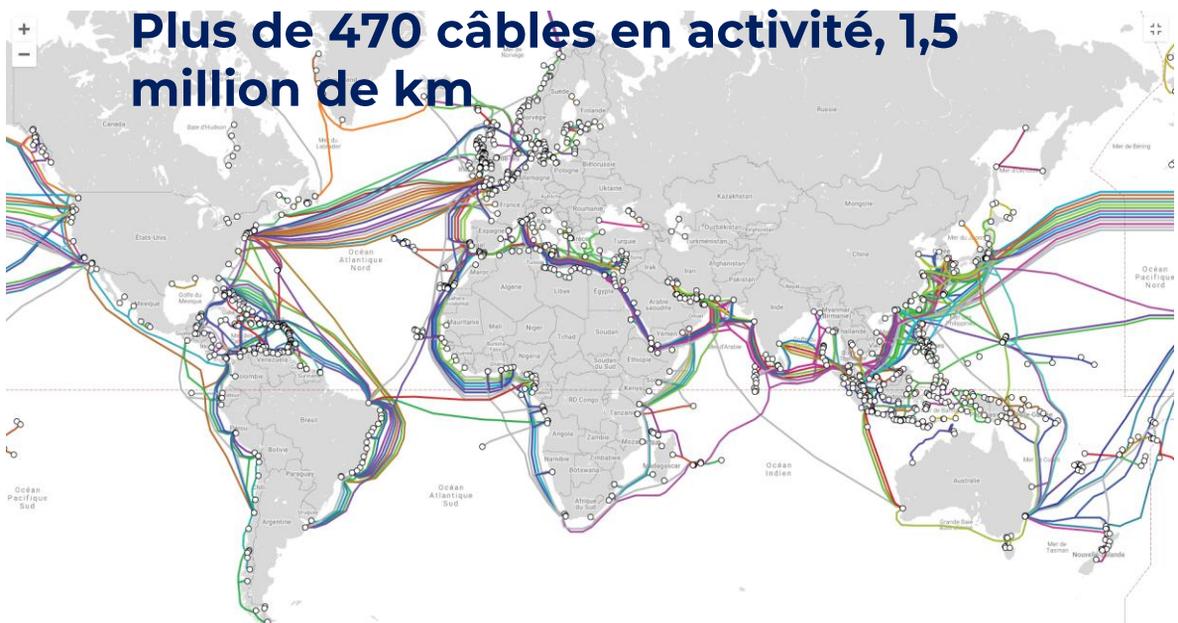
Fragilité des installations, pannes et conséquences

- ❖ L'ONU estime qu'une centaine de câbles subissent des avaries chaque année.
- ❖ 26 décembre 2006 : tremblement de terre à Taiwan, dans le détroit de Luzon, provoque une interruption totale des communications vers Hong Kong et le Sud-Est Asiatique. 49 jours et 11 navires ont été nécessaires pour rétablir le réseau.
- ❖ 2007, des pêcheurs vietnamiens volent 500 Km de câbles du SEA-ME-WE3 provoquant une coupure de plusieurs jours.
- ❖ Mars 2013 : trois plongeurs égyptiens sont arrêtés à Alexandrie pour avoir coupé le câble SEA-WE-ME-4 (South Est Asia Middle East Western Europ).
- ❖ En 2013, Edward Snowden indique que les services secrets britanniques, dans le cadre du programme Tempora, captaient toutes les conversations et données qui passaient par le câble transatlantique (même comportement avec Upstream de la NSA).
- ❖ En 2017, un porte-conteneur coupe le câble EASSy (Eastern Africa Submarine System), la Somalie est sans Internet pendant 3 semaines. 9 millions €/jour de pertes.
- ❖ Les requins s'attaquent aux câbles qu'ils considèrent comme des êtres vivants. Grâce aux "ampoules de Lorenzini" de leur museau, ils captent les émissions électromagnétiques des câbles, qu'ils jugent comestibles



La bataille des fibres sous-marines

13 / 20



Le potentiel de bande passante est autour de 2 000 Tbps (2 Peta bps), les GAFAM en possèdent l'essentiel

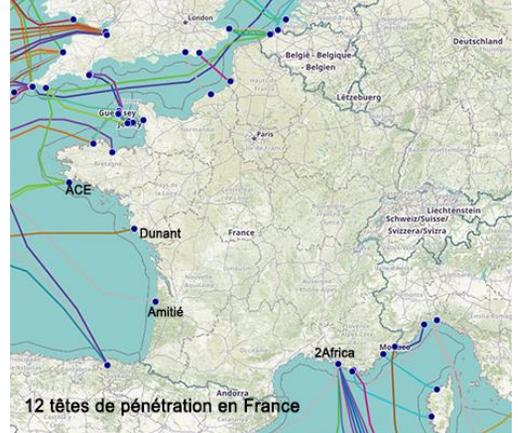
Google

La bataille des fibres sous-marines

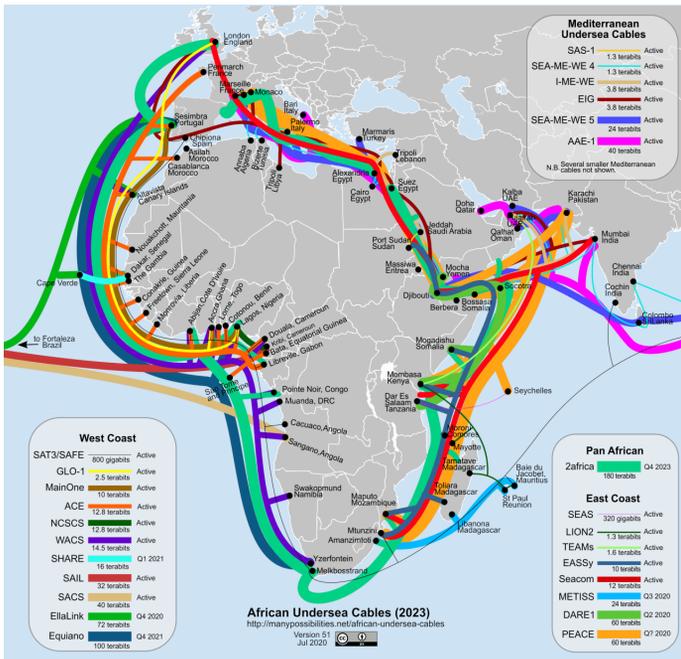
Données cartographiques ©2021 Google, INEGI. Contour ©2021 Google

14 / 20

Canada et Europe, un même jardin



La bataille des fibres sous-marines



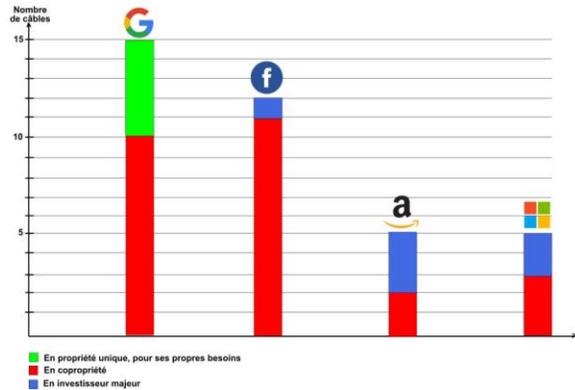
Ouverture de l'Afrique

- ❖ Pas par philanthropie
- ❖ Ressources minières
- ❖ Ressources pétrolières
- ❖ On passe de 0,26 Tbps à plusieurs centaines de Tbps, en cumulant les réseaux WACS, ACE, 2Africa...
- ❖ L'Afrique est à un tournant de son histoire économique, mais l'essentiel de ses bénéfices vont lui échapper
- ❖ Présence très pesante de la Chine

La bataille des fibres sous-marines

- ❖ Projets entre 250 millions \$ et 1 milliard \$
- ❖ 2012 ; ACE (Africa Coast to Europe) appartient à un consortium de 19 entreprises de télécoms
- ❖ 2016 : le câble sous-marin MAREA est financé par Facebook et Microsoft (de Bilbao Espagne à Virginia Beach USA), exploitation depuis février 2018 et installé par Telxius. Appartient à Facebook, Microsoft et Telxius.
- ❖ 2019 : le câble CURIE est financé par Google : de Valparaiso Chili à Los Angeles (Google unique investisseur).
- ❖ 2020 : le câble DUNANT financé par Google : de Saint-Hilaire de Riez en France à Virginia Beach USA, est exploitation depuis 2020 (Orange exploite deux fibres). Propriété exclusive de Google.
- ❖ 2021 : le câble EQUIANO financé par Google : de Lisbonne au Cap Afrique du Sud, via Lagos, vient d'être mis en exploitation (2021).
- ❖ 2021 : le câble HAVFRUE relie le Danemark aux Etats-Unis (Cofinancé par Google et Facebook).
- ❖ Au total, Google détient 15 câbles en propre ou en partenariat, devant Facebook avec 10 câbles.
- ❖ Le câble AMITIE de Facebook est finalisé par Orange et 3 partenaires : Microsoft, Vodafone et Aqua Comms, pour 7 292 km (ouverture 2022)
- ❖ Avant 2024 : l'énorme chantier 2Africa de Facebook (37 000 km) est monté avec 7 partenaires, Facebook conservant la maîtrise des décisions.
- ❖ Le projet PEACE du chinois Hengtong s'appuie sur des banques et entreprises chinoises pour relier le Pakistan, la côte est africaine, le sud de la méditerranée (via le canal de Suez) : tête de pont des BATX sur l'Afrique et l'Europe.
- ❖ En 2024, les GAFAM disposeront de 95 % des câbles optiques sous-marins.

Qui possède quoi



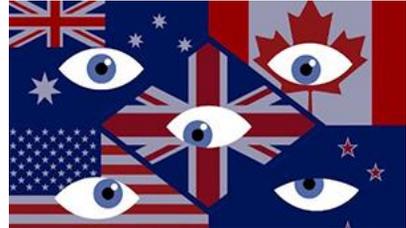
La poussée des GAFAM : GAFAWorld

- ❖ A qui appartiennent les fonds marins au-delà des eaux territoriales ?
- ❖ Faut-il confondre GAFAM et Etats-Unis
- ❖ Les GAFAM vont détenir un monopole de fait, contestable dans l'esprit...mais pas dans la loi.
- ❖ Pouvoir industriel gigantesque.
- ❖ Les cabinets de "lobbying" sont à l'œuvre dans les centres de pouvoir politique, partout dans le monde, Afrique, Europe...
- ❖ Leur influence s'exerce par "ricochet" dans d'autres secteurs : santé, sécurité, défense...
- ❖ Les GAFAM vont être propriétaires des Tier-1 d'Internet et pourront imposer les règles d'usages des Tier-2 (contrats)
- ❖ Le danger n'est pas la possession des moyens de communication, c'est sa concentration entre les mains d'un quarteron réduit
- ❖ Dépendance du reste de la planète



Espionnage et décisions politiques

- ❖ Création en 1941, de l'alliance militaire «Five Eyes», qui associe les services de renseignement australien, Canadien, Néo-zélandais, britannique et Etats-Unis, qui collecte des milliards de renseignements électromagnétiques partout dans le monde.
- ❖ La Chine avec «La Route de la Soie», investit massivement.
- ❖ En 2012, les Etats Unis refusent le projet d'Huawei Marine, l'installation du câble transatlantique Hibernai Express, craignant des écoutes de la part des Chinois.
- ❖ En 2018, l'Australie refuse le projet de câble entre Sydney et les Iles Salomon du géant chinois des télécom.
- ❖ Septembre 2019 : le projet de câble Pacific Light Cable Network (PLCN), de 13 000 km, est en fin de déploiement, entre Los Angeles et Hong Kong, via Taïwan. 300 millions de dollars, financés par Google, Facebook et un partenaire chinois. Le gouvernement de Donald Trump veut le stopper, car suspecté d'être un risque pour la sécurité nationale, l'investisseur chinois, Dr Peng Telecom &Media Group étant basé à Pékin.
- ❖ Certains pays, comme la France, n'ont pas compris l'intérêt stratégique des câbles sous-marins, en vendant leur savoir-faire (Alcatel). Même problème que pour les métaux rares, abandonnés par ces mêmes pays.



La bataille des fibres sous-marines

19 février 2021

Nos prochains rendez-vous

- Vendredi 5 mars 2021 : **Faut-il sauver le soldat DSI ?**
- Vendredi 12 mars 2021 : **L'extraordinaire retour de la gestion de fichiers**
- Vendredi 16 avril 2021 : **Les hologrammes dans la communication**
- Vendredi 7 mai 2021 : **La 5^{ème} génération des bases de données**
- Vendredi 4 juin 2021 : **Le "low code", comment peut-on y croire ?**
- Vendredi 18 juin 2021 : **Les vrais coûts du Cloud**
- Vendredi 25 juin 2021 : **L'échec de la modélisation**

La bataille des fibres sous-marines