

Vers des câbles sous-marins « intelligents ».

Pourquoi la Nouvelle-Calédonie est-elle concernée ?

1. Introduction

Selon Tim Stronge, vice-président du centre de recherche Telegeography¹, 99 % du trafic intercontinental, Internet comme téléphone, transite aujourd'hui par des câbles sous les océans. Le concurrent satellitaire, longtemps pressenti comme le support de ces flux, semble aujourd'hui totalement dépassé, en termes de performances comme en termes de coûts de construction et de maintenance.

Compte-tenu de la dépendance totale de nos sociétés vis-à-vis des moyens de télécommunication et d'information, ces câbles sont donc devenus des enjeux majeurs de sécurité pour les états, les entreprises, et même les individus.

Dans les territoires isolés comme le sont les territoires de l'outremer français, et notamment ceux du Pacifique Sud, la problématique prend une résonance toute

particulière : l'économie de ces territoires, la communication avec le reste du monde, reposent sur un nombre très restreint de dispositifs techniques de connexion, transitant géographiquement par des zones de confiance relative et fluctuante au gré des changements géopolitiques.

La Nouvelle-Calédonie, est récemment (depuis un peu moins de dix ans) reliée à l'Australie par le câble Gondwana-1 qui lui assure un premier niveau de haut débit de communication. Elle est directement concernée par ces questions.



¹ <http://edition.cnn.com/2014/03/04/tech/gallery/internet-undersea-cables/index.html>

En outre, et nous en avons soulevé précédemment les caractéristiques particulières dans plusieurs articles « Sciences » de la revue Taikona (voir numéros 1, 5, 8, 10 et 12), le contexte géopolitique, environnemental, technologique de cette île du Pacifique autorise non seulement à ce que ses connexions numériques soient sécurisées et lui assurent un développement économique stabilisé, mais en outre que ces connexions, en les rendant « intelligentes » soient pour elle un atout, tant pour ses propres besoins de gestion de patrimoine environnemental clé (zones inscrites au patrimoine mondial, Parc naturel marin de la Mer de Corail...), que de surveillance et d'alerte en cas d'événement majeur ou encore de rayonnement régional.

Après un rappel rapide sur les connexions numériques par câbles sous-marins dans le monde, nous aborderons les questions de cybersécurité posées et traiterons de deux voies permettant de favoriser l'« intelligence » de ces connexions, au-delà de la

stricte fonction de communication, pour des fonctions de surveillance et de diagnostic environnemental comme d'alertes aux populations.

2. Des câbles sous-marins pour quoi faire ?

Ainsi que cela a été évoqué en introduction la quasi-totalité des connexions numériques se font sous la mer.

En effet, depuis les années 1990, l'écrasante majorité des télécommunications mondiales empruntent les quelque 250 câbles sous-marins qui sillonnent le globe de long en large. « *Dans un monde où chaque milliseconde compte, l'aller-retour vers les satellites représente une perte de temps inutile* », explique Benjamin Bayart, spécialiste des télécommunications et porte-parole du fournisseur d'accès à Internet associatif FDN.

Dériveur de câble sous-marin dans la cale d'un bateau



Sans doute de nombreux lecteurs de *Tai-Kona* n'en sont-ils pas encore véritablement conscients.

Pourtant toute connexion qui est la leur sur Internet, ou par téléphone, fait que des « paquets » de données (qui sont les leurs) transitent dans des câbles porteurs de fibres optiques de la taille d'un cheveu qui parcourent les fonds marins de la planète et assurent la connexion entre les hommes.

A titre d'exemple, les auteurs de cet article, pour partie présents en Nouvelle-Calédonie, pour d'autre en Europe ont vu leur travail de rédaction et de mise au point de ce texte et de ses illustrations se baser sur Internet et donc traverser les profondeurs océaniques, plusieurs fois, selon des routes le plus souvent non imaginables...

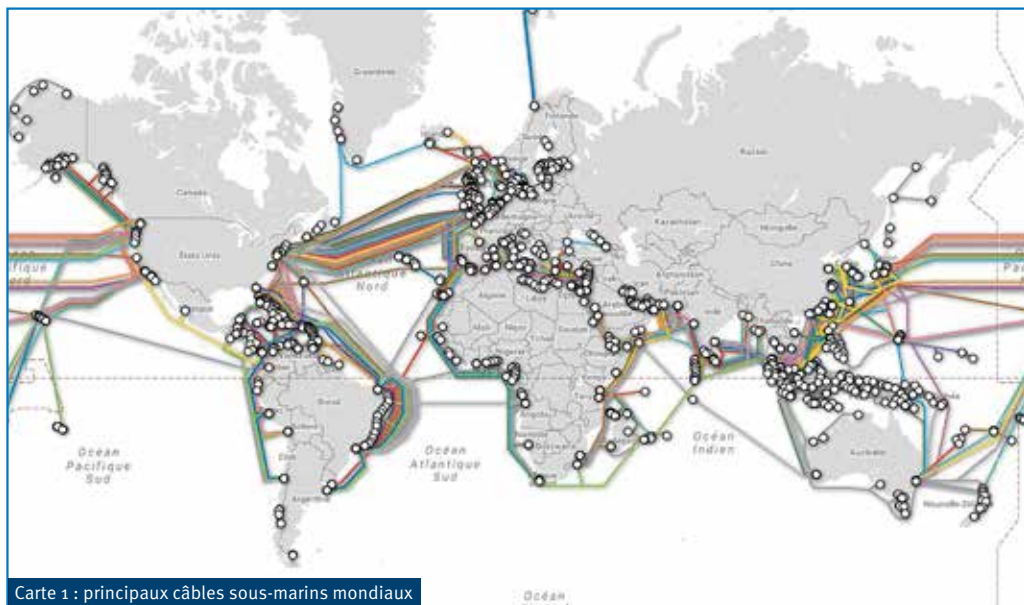
Un simple coup d'œil sur la carte 1 suffit pour constater que les Etats-Unis se sont progressivement imposés comme le point de passage quasi obligatoire des câbles dans le monde. Nous en évoquons le sujet dans le paragraphe qui suit.

Pour ce qui concerne notre région, la densité de câbles sous-marins dans le Pacifique reste faible. Elle est surtout concentrée dans le Nord Pacifique entre Asie et Amérique du Nord (carte 2)

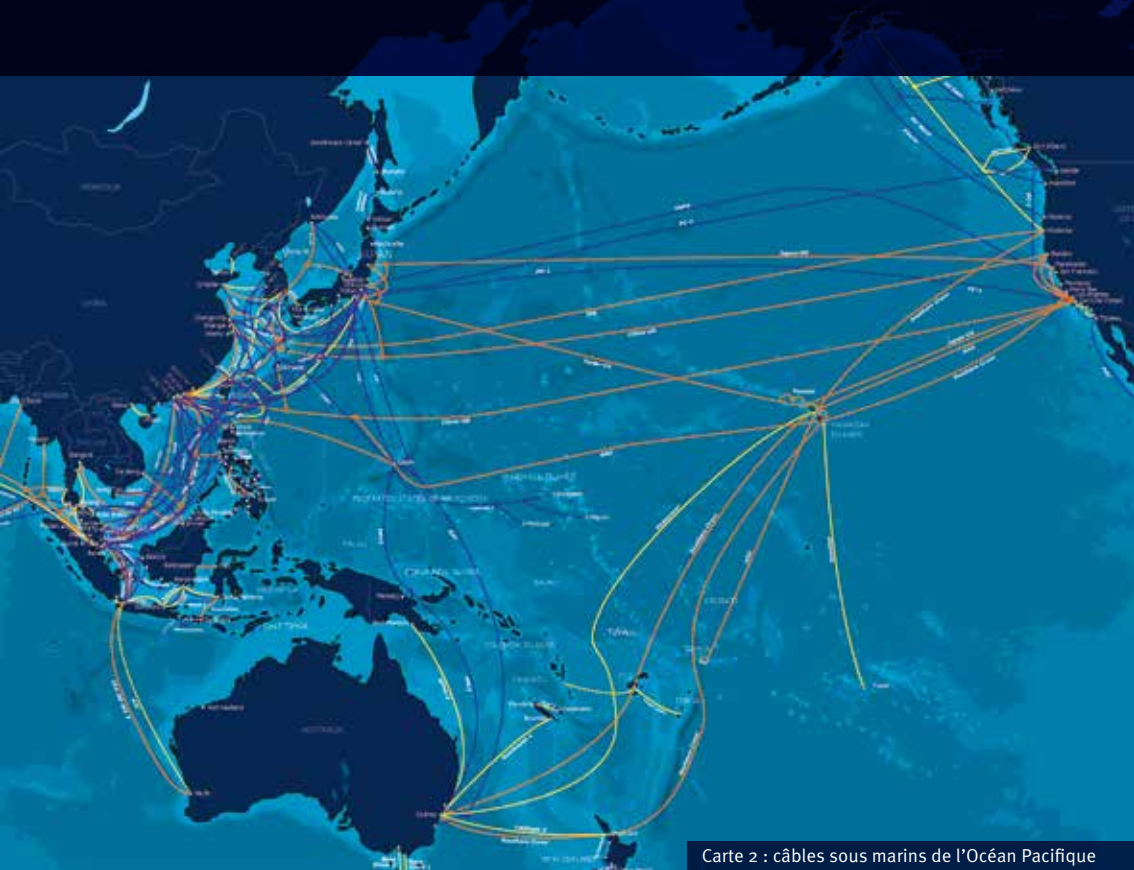
Pour le Pacifique Sud, on note une route principale transversale entre USA et Australie-Nouvelle-Zélande qui passe par Hawai (hub) et par Fiji.

On notera que les liaisons récentes, vers Nouméa d'une part depuis l'Australie et

La carte 1 présente ces grandes connexions



Carte 1 : principaux câbles sous-marins mondiaux



Carte 2 : câbles sous marins de l'Océan Pacifique

vers Tahiti d'autre part depuis Hawaï, sont pour le moment des « culs de sac » qui répondent au besoin de lien haut débit mais ne garantissent aucunement tout problème de rupture de câble.

Cependant des projets en cours, non développés ici et notamment impulsés par l'Office des Postes et Télécommunication, vont proposer des interconnexions complémentaires au plan international comme au plan domestique.

3. Les questions de cybersécurité

A la Suite de ce qui a été dit ci-dessus, les câbles sous-marins deviennent la clé de

voûte de la cyber surveillance avec par conséquent, des enjeux qui sont tout autant économiques, technologiques que de sécurité et de véritable géopolitique. Nous ne pouvons nous étendre trop sur ce sujet qui ferait l'objet d'un article dédié, mais il est utile de souligner pour le lecteur ce qui suit :

Dans un monde numérique où le plus court chemin d'un point à un autre n'est pas forcément le plus court chemin géographique, mais le chemin le plus disponible et le plus performant (latence, débit), l'ensemble des communications mondiales se trouve ainsi passer par le territoire des Etats-Unis, et de leurs alliés traditionnels (Grande Bretagne, Canada, Nouvelle-Zélande et Australie).

La capacité d'interception des Etats-Unis des communications mondiales est ainsi maximale. Au-delà des aspects de sécurité stratégique, qui ont pu servir à identifier de potentielles menaces notamment d'ordre terroriste, ces moyens sont également mis à disposition de stratégies d'espionnage économique.

Et ce sont bien les enjeux de sécurité économique et de protection du patrimoine informationnel qui entrent ainsi également en ligne de compte. Les liaisons numériques maritimes sont en effet essentielles pour la continuité des communications et stratégiques pour les entreprises qui dématérialisent de plus en plus leurs échanges et leur information, donc leur richesse.

Compte tenu de ce qui a été énoncé plus haut, et qui peut être complété par l'évocation du détournement des flux de communication par certaines puissances comme la Chine, disposant des moyens adéquats², la maîtrise des technologies et techniques de chiffrement devient un outil indispensable à la confidentialité des échanges. Cela nécessite, pour autant, une certaine maîtrise des matériels et des technologies de câblage et d'interconnexion dans lesquelles ces mécanismes



Navire immergeant un câble sous-marin

pourraient être implémentés et qui relativiseraient l'importance géographique du chemin emprunté par les câbles.

Pour les territoires connectés, le marché des câbles sous-marins et ses implications en termes d'impulsion sur les économies numériques représente des enjeux de développement économique considérables : les activités économiques liées à la construction, mise en œuvre et maintenance des câbles sous-marins sont prévues pour connaître une croissance du marché de 5,75% entre 2016 et 2020.

La multiplication des connexions sur un territoire permet de passer d'une logique de consommateur à celle de fournisseur de services Internet, et permet, outre la sécurisation, l'exportation de services économiques : Datacenters, offres d'hébergements, tirant vers les hauts les compétences et les offres de service. Dans un monde envahi par les objets connectés, leur communication permanente et la quantité phénoménale de données transmises permettent également de formidables opportunités d'exploitation des « big data » qui sont générés ou qui transitent par le territoire.



² http://www.lemonde.fr/technologies/article/2010/11/18/internet-la-chine-accusee-d-avoir-detourne-des-donnees-sensibles-americaines_1441672_651865.html

Enfin, les nouvelles générations de câbles sous-marins, en positionnant des capteurs intégrés et connectés en permanence (« Câbles SMART »), ou accolés aux câbles de télécommunication (« Observatoires fond de mer câblés ») vont permettre des avancées majeures dans la connaissance des milieux traversés par ces câbles : écosystèmes marins, fréquentations de ces espaces, prévention des catastrophes naturelles originaires de ces espaces, prévisions à long terme relatives au changement global...

C'est ce que nous traitons dans le paragraphe qui suit.

4. Vers des câbles « intelligents »

On distingue dans ce qui suit deux types différents d'utilisation de câbles sous-marins utiles à la connaissance des milieux qu'ils traversent :

- Les « Câbles SMART » (*Science Monitoring And Reliable Telecommunication*) qui sont des câbles standards de communication, qui sont dotés à la construction de capteurs environnementaux, intégrés aux répéteurs.
- Les « Observatoires Fond de mer câblés » qui utilisent la route d'un câble de télécommunication pour en placer un second en parallèle, dédié à l'observatoire qui alimentera des capteurs spécifiques, et non

directement intégrés au câble de communication comme pour les câbles SMART.

4.1 Les « Câbles SMART »

Pour maintenir la qualité du signal optique dans les fibres, le long des milliers de kilomètres d'un câble sous-marin, il faut le ré-amplifier tous les 100-200km à l'intérieur de répéteurs. Ces répéteurs sont des cylindres métalliques de 1-2 m de long et de 20-40 cm de diamètre, qui contiennent des amplificateurs optiques alimentés en électricité par le câble lui-même. Aujourd'hui, ces répéteurs sont "sourds et aveugles" dans la mesure où ils ne mesurent pas les paramètres de leur environnement.



Figure 1 : exemple de répéteur sur un câble

Le but des câbles SMART est d'installer dans les répéteurs des câbles de télécommunication des capteurs environnementaux. Les données récoltées par ces capteurs répondront à certains des grands défis actuels comme le suivi du changement climatique et la prévention des aléas naturels.



L'idée d'installer de façon routinière des capteurs environnementaux dans des câbles de télécommunication n'est pas nouvelle. Cet effort s'est concrétisé en 2012 avec la mise en place d'un groupe de travail international (*JTF pour Joint Task Force*) pour la promotion des câbles SMART sous l'égide de l'Union internationale des télécommunications, la Commission océanographique intergouvernementale de l'UNESCO, et l'Organisation mondiale de la météorologie.

Le but de ce groupe de travail est d'étudier et d'évaluer les bénéfices scientifiques, commerciaux et sociétaux de l'utilisation de câbles sous-marins de télécommunication pour le suivi des océans et du climat et pour la prévention des aléas naturels, ainsi que les aspects juridiques posés par cette utilisation.

Ce groupe de travail a sélectionné trois paramètres environnementaux à mesurer au fond de la mer (la température, la pression et l'accélération) pour lesquels la technologie des capteurs est mature, et les bénéfices de telles observations sont avérés.



Les scientifiques ont reconnu depuis longtemps l'intérêt des observations profondes sur le plancher océanique. Les câbles SMART répondent à des enjeux scientifiques et sociétaux modernes :

Pour l'étude du climat, les mesures de pressions au fond de l'eau permettent de calculer les variations de la masse des océans, qui explique environ la moitié de la montée actuelle du niveau de la mer. Les capteurs de pression permettent également d'identifier des vagues anormales, information qui, reliée en temps réel à des sites à terre, autorise la détection préventive de tsunamis.

La mesure de la température au fond des océans, couplée à d'autres mesures de température le long de la colonne d'eau, permet de comprendre et suivre l'augmentation de température globale de l'océan, responsable de l'autre moitié de la montée actuelle du niveau de la mer.

Pour l'étude et la prévention des aléas naturels, les câbles SMART pourront participer à une détection rapide des séismes





Les câblers « Reliance » de TE Subcom et « Ile de Ré » d'Alcatel Lucent, à couple au quai FED en mars 2017 (Crédit L. Loubersac)

grâce aux accéléromètres posés sur le fond et confirmer une sismicité sous-marine et un risque de tsunamis générés, décelés grâce aux capteurs de pression comme vu plus haut.

Un des obstacles à la généralisation des câbles SMART est juridique. Une large part d'un projet de pose d'un câble sous-marin consiste en l'obtention de permis auprès des pays concernés par un consortium de droit privé regroupant plusieurs investisseurs. Aujourd'hui, les câbles sous-marins de télécommunication bénéficient d'une protection juridique spécifique conférée par la Convention des Nations Unies sur le droit de la mer (CNUDM, ou UNCLOS pour *United Nations Convention on the Law of the Sea*). Or, l'installation de capteurs scientifiques sur le câble changerait le statut juridique du câble entier, et conférerait une moins bonne protection juridique qu'un câble de télécommunication "classique".

Depuis la création du JTF en 2012, de nombreux progrès ont été réalisés. Les paramètres de base à mesurer (température,

pression, accélération) ont été sélectionnés et un cahier des charges techniques a été rédigé entre scientifiques et industriels pour répondre à des enjeux sociétaux et scientifiques identifiés. Une étude juridique a pu également clarifier la situation juridique des câbles SMART au regard de la convention sur le droit de la mer. Des solutions technologiques ont été mises au point par les industriels.

Aujourd'hui, la prochaine étape de cet effort est la pose d'un démonstrateur en condition réelle. Compte tenu des contraintes technologiques, juridiques et financières, le JTF a sélectionné deux options possibles pour ce démonstrateur : une installation sur un câble scientifique existant (EMSO en Europe, ou ACO à Hawaii), ou une installation sur un projet de câble entre deux îles relativement proches.

4.2 Les Observatoires fond de mer câblés

Plusieurs expériences internationales, dont celles en Métropole, techniquement pilotées par Ifremer dans un cadre européen,

ont démontré la possibilité de positionner sur petits ou grands fonds des observatoires sous-marins câblés dotés de différents capteurs connectés, alimentés en énergie et pourvus d'une possibilité de communication temps réel des données mesurées grâce à une connexion par fibre optique.

Cette dynamique d'expérimentations se développe dans le cadre du projet EMSO (European Multidisciplinary Seafloor and Water Column Observatory). Celui-ci vise :

- l'étude de l'impact du réchauffement climatique sur les mers et les océans,
- l'étude des écosystèmes marins profonds, dans une optique de recherche fondamentale, mais aussi de gestion durable,
- l'étude des processus tectoniques, volcaniques, hydrothermaux et gravitaires et la surveillance des risques naturels associés (séismes, tsunamis, instabilité des pentes...) pour les zones côtières à forte densité de population.

EMSO se développe sur plusieurs sites qui vont des grands fonds (aux Açores par exemple), aux pentes (à Nice en Méditerranée) et sur des fonds inférieurs à 100 mètres (cas de Molène en Bretagne).

Nous nous limiterons dans ce qui suit à l'analyse d'un observatoire proche de la côte (quelques kilomètres) en prenant le cas des observatoires sous-marins désormais opérationnels situés à Molène (Bretagne) et sur la pente de Nice, dont les principes de mesures et la technologie sont applicables à nos lagons ou notre mer côtière proche mais pouvant atteindre une profondeur de plusieurs centaines de mètres.

Le système est constitué (cf figure 2) des sous-ensembles suivants :

- Le sous-ensemble « équipements immergés » (à droite sur la figure) comprend les instruments de mesure. Mécaniquement, ce sous-ensemble est composé de châssis lourds anti chalutage installés avec les mêmes moyens que le câble et aptes à recevoir des équipements amovibles pouvant être installés et déposés par plongeurs ou de petits ROV. Cette infrastructure assure la protection mécanique des éléments de distribution d'énergie et de collecte de données.
- Le sous-ensemble « câble et terminaison » (au centre sur la figure) relie les « équipements immergés » aux « équipements à terre ». Il est borné à son extrémité immergée par la fiche électro-optique de connexion aux « équipements immergés », à son extrémité émergée par les fiches électriques et optiques de raccordement aux « équipements à terre ». Il comprend les électrodes de liaison à l'eau de mer pour le retour du courant électrique.

Navire câblé Le Pierre de Fermat



- Le sous-ensemble « équipements à terre » comprend l'ensemble des équipements installés dans un conteneur de 10' ou autre solution. Ceux-ci servent à alimenter en énergie électrique l'installation immergée, à superviser son fonctionnement, à recevoir/émettre des données/commandes en direction des équipements immergés, à stocker et traiter les données provenant de ceux-ci, à recevoir/émettre des commandes/données en direction du « dispositif données scientifiques ».
- Le sous-ensemble « dispositif données scientifiques » rassemble les matériels et logiciels de gestion d'accès et de mise à disposition des données aux utilisateurs.

Ce dispositif est dans le cas des observatoires d'EMSO comme Nice et Molène conçu selon les standards des bases de données scientifiques d'océanographie.

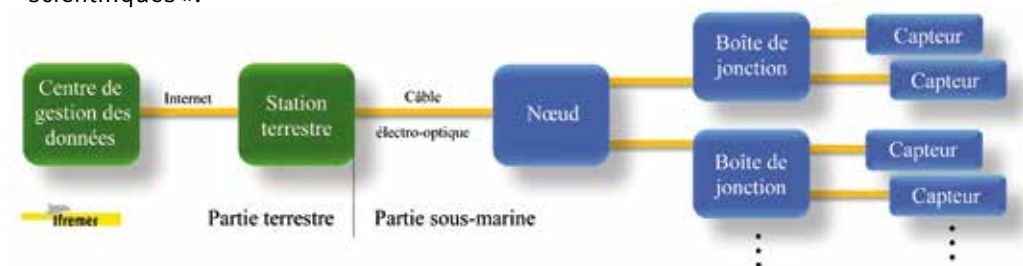


Figure 2 : schéma général de fonctionnement du système d'observatoires câblés EMSO Nice et Molène

Légende : «Emso-Molène», observatoire câblé côtier déployé en mer d'Iroise le 13 juin 2012
 Après un mois d'immersion, maintenance préventive par plongeurs (Michel Répécaud)
 Lieu : Molène Année : 2012
 Mot(s)-libre(s) : observatoire câblé, REM-RDT
 Copyright : Ifremer Olivier DUGORNAY





Crédit : Alcatel-Lucent

Le câble de connexion est un câble standard de télécommunication.

La charge instrumentale autorise les mesures suivantes :

- Acoustique passive : écoute des cétacés et champs acoustiques sous-marins (naturels ou anthropiques - trafic navires).
- Vidéo permanente protégée contre les salissures marines.
- Hydrologie : température, salinité, O₂, turbidité, fluorescence, pH, nitrate,...
- Hydrodynamique (profil de courant et houle) ; par exemple un courantomètre Doppler.
- Sismicité naturelle, pression interstitielle, mesure absolue de pression.
- Instruments spécifiques et instruments en test ou tout autre application innovante à promouvoir...

L'idée générale est donc de « profiter » de la pose de câbles de télécommunication assurée par un opérateur tel l'OPT par exemple sur des boucles domestiques pour, à coût le plus réduit possible, poser en parallèle au câble de communication Internet un second câble, sur des portions de longueur réduites par rapport aux atterrages considérés, qui, alimentés

en énergie et possédant eux mêmes des fibres optiques, assureraient la connexion à des boîtes de jonction sous-marines à partir desquelles pourront se connecter différents capteurs sur des zones situées à quelques kilomètres des côtes dans le cas de projets envisageables en Nouvelle-Calédonie.

5. Conclusion - Perspectives

Nous analysons ici les perspectives selon deux plans : celui de la sécurisation des communications et celui de l'utilisation des câbles sous-marins à des fins de connaissance, d'aide à la gestion ou encore d'alerte.

En termes de sécurisation des communications.

Du point de vue télécommunications, une liaison trans-Pacifique (1990), « Southern Cross » part de la côte Ouest des Etats-Unis et rejoint l'Australie via Fidji et la Nouvelle Zélande.

Plusieurs projets : Hawaïki, Moana (voir carte 3) sont actuellement en cours, s'inscrivant dans le cadre de l'intégration régionale en connectivité, au sein des îles du Pacifique.

La Nouvelle-Calédonie est reliée avec l'Australie, depuis 2008, par le biais du câble GONDWANA. C'est le premier câble sous-marin international entre Nouméa et Sydney, qui parcourt une distance de 2152 km entre Nouméa et Sydney.

Sa capacité initiale de 20 Gb/s a été étendue à 140 Gb/s fin 2015. Il est caractérisé par une seule paire de fibres optiques, alimentées par une puissance de 4,5 kVA.

GONDWANA supporte de nombreux services critiques :

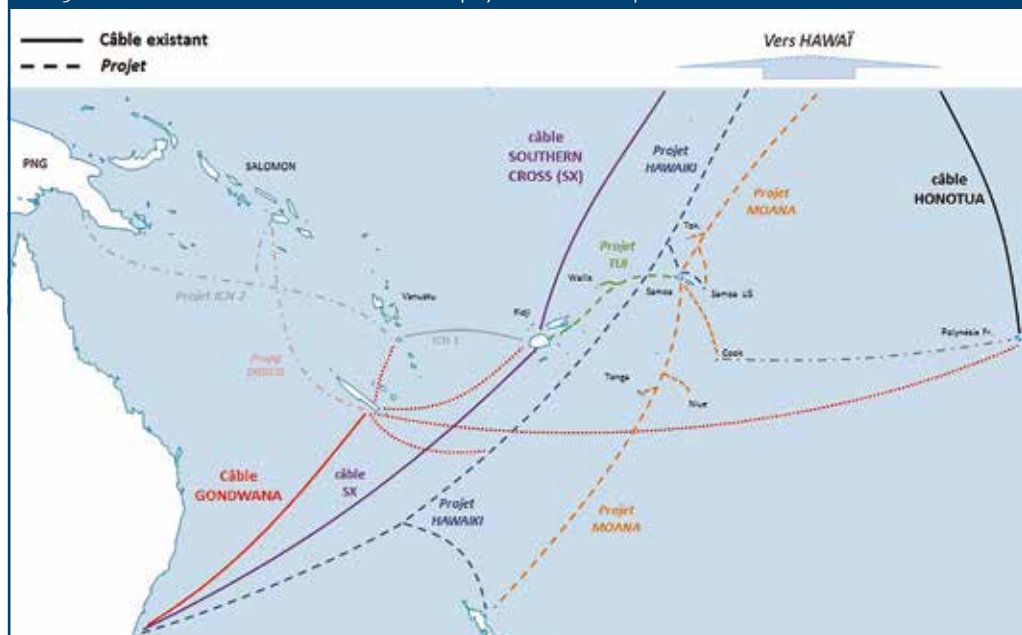
- l'Internet, outil essentiel du numérique au quotidien de tous avec plus de 55.000 lignes ADSL et 60.000 utilisateurs de l'Internet mobile (sur une population de 270.000 habitants),

- les communications internationales VOIX au départ et à l'arrivée de la Nouvelle-Calédonie aussi bien sur le fixe que sur le mobile,
- les liaisons louées internationales (LCEI), services destinés aux entreprises ayant des besoins en communications internationales spécifiques, et notamment les liaisons du réseau RENATER.

Tout incident critique sur GONDWANA aurait des répercussions fortes en Nouvelle-Calédonie sur :

- les usages Internet,
- les communications téléphoniques internationales,
- les transactions bancaires et commerciales,
- les systèmes d'information,
- les médias.

Carte 3 : détail des câbles sous-marins existants et des projets dans le Pacifique Sud-Ouest





Le navire Câblé « Reliance » de TE Subcom amarré au quai FED (Crédit L. Loubersac)

La réparation d'un câble sous-marin en pleine mer reste une opération particulièrement complexe, coûteuse et longue (les délais moyens de réparation sont approximativement de trois semaines).

La sécurisation du câble actuel passe donc par la mise en place d'une seconde liaison câble sous-marin, qui est étudiée actuellement par les autorités locales.

Elle est analysée à travers les coûts et les recettes potentielles, et pose la question de la prise en compte de la sécurité dans un environnement forcément international et multipartenaire (câblé, opérateurs...).

En termes de développement de « câbles intelligents ».

Conformément à ce qui a été traité plus haut au point 4, avec son projet de liaison internationale par un nouveau câble sous-marin de télécommunication, et la pose de boucles domestiques, l'Office des Postes et Télécommunications (OPT) de Nouvelle-Calédonie pourrait devenir un exemple mondial sur le plan de la mise en œuvre de câbles « intelligents ». Ceci concerne deux points :

- l'installation du premier câble SMART au monde, par exemple sur la portion possible de câble international entre La Nouvelle-Calédonie et Fidji qui notamment traverserait la zone de contact entre la plaque Australienne sur laquelle repose la Nouvelle-Calédonie et la plaque Pacifique (Fidji). Cette zone de contact est un lieu de sismicité sous-marine avérée à l'origine de possibles tsunamis,
- la pose, en des sites d'intérêt, d'observatoires sous-marins câblés de type EMSO Nice ou EMSO Molène, grâce à l'opportunité offerte par la pose de câbles de télécommunication à proximité des côtes et leurs atterrages pour les liaisons domestiques telles que Grand Lagon Sud, (liaison Nouméa - Ile des Pins), les accès aux côtes des Loyauté (liaison Grande Terre - Maré et Lifou), ou encore à proximité immédiate de la ville de Nouméa (liaison Nouville - Baie des Citrons).

Il y a donc, que ce soit pour des objectifs de connaissance, pour des mises au point et tests technologiques, pour des alertes quasi temps réel vis-à-vis de catastrophes naturelles, des enjeux majeurs qui intéressent l'innovation, la recherche scientifique, le développement du marché des capteurs, le traitement et la gestion



de données numériques, la surveillance environnementale, la connaissance et la gestion de la biodiversité, le changement climatique mais aussi la sensibilisation du public, la dotation de compétences, l'image de la Nouvelle-Calédonie ou encore la coopération régionale.

Pour aller plus loin :

Joint Task Force , International Telecommunication Union :

<http://www.itu.int/en/ITU-T/climatechange/task-force-sc>

SMART Cable :

<https://eos.org/meeting-reports/submarine-cable-systems-for-future-societal-needs>

EMSO :

<http://www.emso-fr.org/EMSO-France>
<http://www.emso-eu.org/>

Aloha Cable Observatory :

<http://aco-ssds.soest.hawaii.edu/>

Sur le marché du câble sous-marin et ses évolutions se reporter à :

<http://www.rcrwireless.com/20160114/network-infrastructure/subsea-fiber-optic-networks-past-present-and-future-tag20>



Jérôme Aucan

Océanographe physicien, chargé de Recherche, Président du comité scientifique de la Joint Task Force, ITU ; IRD Nouméa. Jerome.aucan@ird.fr



Jean François Rolin

Ingénieur, responsable du projet Observatoires sous-marins pluridisciplinaires, Directeur adjoint de l'Unité Recherche et Développement Technologiques REM/RDT ; Ifremer, Brest France. Jean.Francois.rolin@ifremer.fr



Lionel Loubersac

Co-fondateur et Manager du Cluster Maritime Nouvelle-Calédonie, ancien Directeur Délégué de l'Ifremer en Nouvelle-Calédonie, Océan Avenir NC/Creocéan NC lionel.loubersac@outlook.fr

Avec la contribution de Xavier Bompais (Ifremer) sur la présentation des observatoires câblés français, ainsi que de Charles Biondi, Jean François Grandmougin (AR IHEDN NC) et Christophe Lassale (AR IHEDN PF) pour le volet cybersécurité.

