

Antibes – Port Grimaud Première transmission mondiale par fibres optiques sous-marines avec répéteurs

José Chesnoy
Association des Amis des Câbles Sous-Marins

Dans le domaine des câbles sous-marins, les systèmes régionaux ont toujours été les candidats aux démonstrations technologiques et aux essais de terrain de nouveaux concepts. Ce fut le cas dès 1984 pour les premiers systèmes optiques.

« Première mondiale des télécommunications entre Port Grimaud et Antibes
Le plus long câble sous-marin à fibres optiques. »

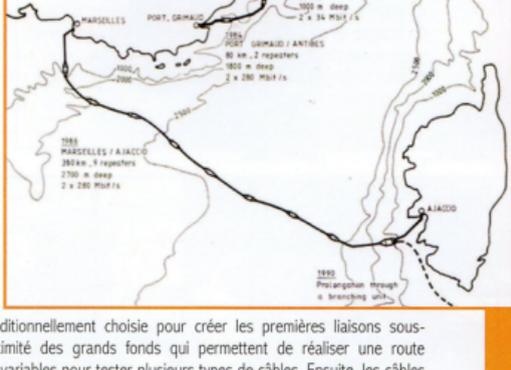
Ainsi titre le journal local *Nice-Matin* du 18 avril 1984. Cet article relate comment l'opérateur français des Télécommunications (l'administration des PTT) avait, avec ses partenaires industriels Alcatel-CIT et Câbles de Lyon, posé le premier câble sous-marin à fibres avec deux répéteurs optiques. Le câble était muni de deux paires de fibres optiques monomodes. En dépit de sa courte longueur (80 km), le câble a été posé à la profondeur importante de 1 800 m. Avec deux répéteurs optiques espacés de 35 km, la démonstration peut être comparée avec les expériences d'AT&T (American Telegraph & Telephone), qui a posé Optican-1 dans les îles Canaries en septembre 1985 et de STC (Standard Telephones & Cables Ltd) qui avait installé un câble entre le Royaume-Uni et la Belgique (UK-Belgium 5).

L'avantage des technologies optiques pour les câbles sous-marins par rapport à celles des câbles coaxiaux déployés jusqu'alors est bien compris par les opérateurs : une capacité plus élevée et cinq fois moins de répéteurs permettent de diminuer le coût des circuits. Ensuite, la possibilité de transmettre des signaux numériques (et non plus seulement des circuits analogiques comme sur les câbles sous-marins coaxiaux) arrive à temps pour s'intégrer dans le réseau terrestre où la commutation est devenue entièrement numérique. Enfin, il est clair pour les personnes les plus visionnaires que la capacité potentielle offerte et une meilleure qualité des circuits offerts par les câbles sous-marins optiques deviendront des avantages clés en face de la jeune et agressive concurrence du satellite.

Les PTT français et leurs partenaires industriels ont une grande confiance dans les technologies optiques sous-marines, mais ils sont en retard dans leur développement (par rapport à AT&T par exemple). Ils décident de réagir et de rattraper leur retard en adoptant la nouvelle technologie émergente. Un ambitieux programme national est lancé en 1978, parrainé par les PTT français, coordonné par le CNET (Centre National d'Études des Télécommunications) qui soutient le groupe industriel CGE (Compagnie Générale d'Électricité) en particulier son centre de recherche de Marcoussis. Alcatel-CIT et Câbles de Lyon ne deviendront la société ASN (Alcatel Submarine Networks) qu'après l'absorption de la société STC en 1995.

Le programme prévoit trois étapes, d'abord un segment sans répéteur entre Juan-les-Pins et Cagnes-sur-Mer déployé en 1982 pour vérifier la fiabilité technique du câble optique, puis le premier segment avec répéteurs reliant Antibes à Port Grimaud comprenant deux répéteurs en 1984, et, enfin, une liaison commerciale Marseille – Ajaccio entre le continent et la Corse (Continent-Corse 3) avec neuf répéteurs déployée en 1986 (figure 1). Les deux dernières liaisons ne sont pas seulement des lignes expérimentales

Fig. 1. – Programme de développement des premières lignes sous-marines à fibres optiques françaises. © Alcatel Telecommunication Review.



destinées à valider le concept puisqu'elles sont aussi destinées à transporter du trafic commercial. Le programme implique également la flotte française des PTT (aujourd'hui Orange Marine) qui est basée à La Seyne-sur-Mer, près de Toulon.

La façade méditerranéenne est traditionnellement choisie pour créer les premières liaisons sous-marines. D'abord, à cause de la proximité des grands fonds qui permettent de réaliser une route relativement courte par des profondeurs variables pour tester plusieurs types de câbles. Ensuite, les câbles sous-marins régionaux de la zone doublent des artères terrestres régionales enterrées qui sont coûteuses à établir dans les terrains rocheux. C'est ainsi que la première liaison 5 MHz (S5) par câble coaxial analogue est installée en 1970 entre Saint-Raphaël et Saint-Tropez⁽¹⁾ pour désenclaver ce dernier, les deux cités étant reliées par un câble terrestre à paires symétriques de 60 km en suivant la côte. La première liaison 25 MHz (S25) est installée au début des années 1975 entre La Foux (à 1 km de Port Grimaud) et Saint-Raphaël⁽²⁾. Dans ces deux cas, une liaison sous-marine permet de résoudre les difficultés du téléphone dans une région côtière. Port Grimaud, la Venise provençale, qui fait maintenant partie du « patrimoine du XX^e siècle », disposait d'un commutateur téléphonique du réseau PTT depuis plus de 10 ans avec la liaison La Foux – Saint-Raphaël⁽²⁾.

Quelques années plus tard, Port Grimaud est naturellement choisi pour réaliser la première mondiale des câbles optiques. Le local existe, mais le commutateur numérique ne peut se satisfaire de circuits analogiques. Les technologies sous-marines numériques, identifiées ci-dessus, sont en développement. La fibre monomode en silice à faible perte est bien définie. Les émetteurs sont des lasers InGaAsP à 1,3 micromètre et les détecteurs des diodes PIN Germanium correspondant à la dispersion zéro de fibres standard de silice. Le programme est lancé initialement avec pour cible 140 Mbit/s avec LED (diodes électroluminescentes), mais l'avènement des lasers pendant la phase de développement a permis de doubler la capacité à 2 x 140 Mbit bidirectionnels soit 4 000 canaux vocaux numériques à 64 kbit voies par paire de fibres. Le système maintenant nommé naturellement S280 pourrait supporter un maximum de trois paires de fibres par câble mais on choisit deux paires de fibres équipées sur la liaison expérimentale.

(1) Le câble est gentiment appelé le câble de la « belle-mère » du président Pompidou. Lorsque l'Élysée met en demeure le ministre des PTT de résoudre le manque criant de circuits desservant Saint-Tropez, on devine que M^{me} Pompidou est intervenue car sa mère habite la cité du Bailli de Suffren. Prioritaire, cette liaison est installée en moins d'un an en utilisant les câbles de réserve du Marseille – Alger 1956 et deux répéteurs prototypes, tête de série des répéteurs S5, réceptionnés par le CNET. La liaison est assemblée à La Seyne-sur-Mer, mesurée par CIT-Alcatel et posée en 1970 par le navire-câblé *Alsace* en moins d'une année. Il permet de multiplier par cinq le nombre de circuits entre Saint-Raphaël et Saint-Tropez, de régler à la fois la desserte des deux villes de Saint-Tropez et Sainte-Maxime et de retarder l'installation d'un câble terrestre. On peut remarquer qu'en 1970, ATT posait le TAT 5 (Green Hill – Cadix) d'une technologie équivalente et que le futur Marseille – Alger (en technologie française S5) est installé en 1972.
(2) Ce câble est posé fin 1975 permet de desservir le fond du golfe de Saint-Tropez (Grimaud, Ramatuelle et Sainte-Maxime) à une époque de forte demande téléphonique. François Sperry, promoteur de Port Grimaud avait fourni gratuitement aux PTT un local pour installer le central téléphonique. La liaison S5 permettait de fournir 2 500 voies téléphoniques pour acheminer le trafic.

Les équipes de développement de ce système S280 ont dû résoudre de nombreux nouveaux défis techniques au-delà des fibres optiques qui créent cette révolution technique. Le premier défi est de définir un câble pour accueillir la fibre optique. Les fibres optiques minuscules sont fragiles et peu élastiques. On imagine qu'elles doivent être assemblées indépendamment les unes des autres. La solution complexe adoptée est de construire un jonc central avec un noyau rainuré hélicoïdal. Le mou est contrôlé dans un tube scellé constituant un tube composite où chaque fibre est maintenue isolée de ses voisins, comme on le voit sur la figure 2.

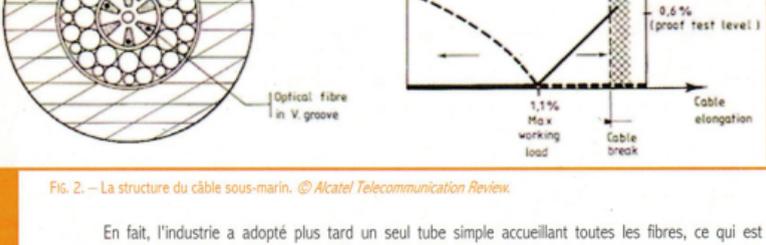


Fig. 2. – La structure du câble sous-marin. © Alcatel Telecommunication Review.

En fait, l'industrie a adopté plus tard un seul tube simple accueillant toutes les fibres, ce qui est beaucoup plus facile à gérer industriellement. Mais cette sophistication française du jonc rainuré sera la base d'une argumentation commerciale développée par le constructeur et l'administration des PTT dans les appels d'offres « ouverts », en démontrant que le câble français n'était pas soumis à des contraintes pendant son installation et les réparations ultérieures.

L'autre grand défi consiste à concevoir un répéteur sur la base de technologies entièrement nouvelles. Les développeurs de répéteurs ont mis en place à cette époque de grandes équipes de plusieurs dizaines de personnes entièrement consacrées à la qualification de nouveaux composants lasers, récepteurs et des circuits électroniques. La confiance des utilisateurs n'étant pas complète, les constructeurs doivent offrir des systèmes entièrement redondants, et même doublement redondants pour l'émetteur laser (quatre lasers par fibre et deux récepteurs, mais avec des commutateurs optiques !).

Le schéma de transmission est particulier avec le codage dit 5B/6B, format qui a utilisé une redondance de bits pour faciliter la récupération d'horloge qui est la récupération de la fréquence de modulation du signal et dans une certaine mesure pour corriger les erreurs de transmission (une sorte de code de correction d'erreur (FEC) archaïque). Dix-sept nouveaux circuits intégrés devaient être développés et qualifiés pour ce premier système optique. Les dix ans de développement d'un système semblent longs comparés à l'expérience actuelle mais il faut réaliser que des équipes de recherches nouvelles et des réalisations industrielles ont dû être mises en place dans des domaines variés tels que les fibres optiques, les composants optiques, le câble optique et l'équipement sous-marin, en partant de rien.

Gardons comme une leçon que les commutateurs optiques mis en œuvre pour améliorer la fiabilité se sont révélés à la fin être la partie la plus faible du système complet. La toute nouvelle mécanique du répéteur avait une terminaison originale basée sur un cardan permettant la rotation de l'articulation. Il a été complètement enveloppé dans un boîtier en polyéthylène moulé. Ce répéteur optique est montré sur la figure 3.

La nouvelle usine de fabrication du répéteur est construite à Villarcieux – Nozay, près de Paris (figure 4).

Fig. 3. – Le nouveau boîtier du répéteur optique. © Alcatel Telecommunication Review.



Fig. 4. – Usine de fabrication des répéteurs à Villarcieux près de Paris. © Alcatel Telecommunication Review.

La pose de la liaison Antibes – Port Grimaud est réalisée par le navire-câblé *Raymond Croze* comme indiqué dans le quotidien régional *Nice-Matin* (figure 5). Il n'est pourtant pas le plus grand navire de la flotte française mais il est basé à La Seyne-sur-Mer, ce qui n'était pas très représentatif de l'avenir d'une industrie naissante. Ils ont été transportés par les équipes de production d'Alcatel dans des camionnettes pour rejoindre La Seyne-sur-Mer et chargés sur les embarcations du navire. Au moment de la pose de l'atterrissement, on peut imaginer la surprise des touristes découvrant l'ouverture de la tranchée en face de leur bungalow de vacances !



Fig. 5. – Pose de la liaison Antibes – Port Grimaud par le navire-câblé Raymond Croze. © Var-Matin.

La figure 6 est une brochure de l'administration des PTT avec le logo des Télécommunications sur le navire-câblé *Raymond Croze*. La figure 7 présente le chargement des deux répéteurs sur le navire à La Seyne-sur-Mer, ce qui n'était pas très représentatif de l'avenir d'une industrie naissante. Ils ont été transportés par les équipes de production d'Alcatel dans des camionnettes pour rejoindre La Seyne-sur-Mer et chargés sur les embarcations du navire. Au moment de la pose de l'atterrissement, on peut imaginer la surprise des touristes découvrant l'ouverture de la tranchée en face de leur bungalow de vacances !

Lorsque le navire est arrivé à Antibes après avoir posé le câble, il restait environ 100 mètres de câble blindé en excès. Alcatel a négocié avec le maire de la ville l'ensouillage du câble en grandes boucles sur la plage. Finalement, le câble a été coupé en échantillons de 50 cm répartis comme souvenirs entre les participants chargés du travail.

Ce premier câble optique avec répéteurs reliant Antibes à Port Grimaud est entré dans l'Histoire. Il a apporté de nombreux enseignements. Il a donné confiance aux opérateurs qui se sont lancés dans



Fig. 6. – Brochure sur le Raymond Croze. PTT Télécommunications.



Fig. 7. – Essai d'embarquement d'un répéteur. PTT Télécommunications.

des projets ambitieux. Ce fut le véritable début de l'épopée optique qui a permis le maillage planétaire d'aujourd'hui. Ce câble a été non seulement une preuve de concept de câble optique, mais a également été utilisé pour prouver la faisabilité opérationnelle de la réparation dans des conditions de mer difficiles. Le câble n'est resté en service que pendant un court laps de temps. Après son abandon, il est parfois réapparu à Port Grimaud suite à des mouvements de sable, puis est définitivement disparu dans l'oubli. Seuls, quelques trophées de câble ont été conservés par les acteurs de ce projet oublié.

Après cette liaison expérimentale Antibes – Port Grimaud, les PTT ont installé la liaison Marseille – Ajaccio en 1986. Elle a été basée sur la même technologie avec quelques simplifications, notamment sans l'utilisation du codage 5B/6B et sans redondance des photodiodes réceptrices. Le nombre de commutateurs optiques par système a été réduit. On a conservé deux lasers par fibre pour maintenir une fiabilité de 25 ans.

Grâce à cette première mondiale entre Antibes et Port Grimaud, suivie du Continent-Corse 3, avant les liaisons des concurrents américains et japonais, les compagnies françaises obtinrent leur place dans la construction du futur câble transatlantique à fibres optiques TAT-8, posé en 1988. Cette liaison à trois branches qui a relié les États-Unis, la Grande-Bretagne et à la France fut réalisée par les trois constructeurs nationaux (ATT-SSI, STC et Alcatel), chacun se chargeant de sa branche.

Par la suite, une féroce compétition entre les constructeurs s'est ouverte et c'est ainsi qu'Alcatel obtint la construction de tout ou partie des liaisons Sardaigne – Italie, Tasman-2, EMOS-1, et Sea-Me-We 2.

L'auteur de cet article, José Chesnoy (jose.chesnoy@free.fr), docteur ès-Sciences-Physiques, est un expert indépendant de la technologie des câbles sous-marins. Après une première carrière de dix années au CNRS, il a rejoint le Centre de Recherche d'Alcatel en 1989, en conduisant l'activité R&D des premiers câbles sous-marins à fibres optiques en service. Après plusieurs fonctions dans la recherche, le développement et les ventes, il a été directeur technique d'Alcatel-Lucent Submarine Networks jusqu'à la fin de 2014.

Il a été responsable du comité des programmes de SubOptic 2004, et éditeur du livre *Undersea Fiber Communication Systems*, Éd. 2, 2015, Elsevier/Academic Press, ISBN 978-0-12-804269-4, et co-organisateur de l'École d'été internationale SubseaOFC-2019.

Sources documentaires
• Actes du SubOptic 1986 Versailles.
• Les documents originaux présentés ici ont été fournis par Manuel Varneste, Lionel Weens et Gérard Bourret qui en sont remerciés.