

Les systèmes de télécommunications sous-marines **SUBMARCOM**



Les systèmes de télécommunications sous-marines SUBMARCOM

Systemes analogiques par câble coaxial S.5, S.12, S.25

Sommaire

- 3 Les systèmes de télécommunications
sous-marines Submarcom
 - 4 Les Câbles de Lyon
 - 5 CIT-Alcatel
 - 6 La liaison
 - 8 Le système S.5
 - 10 Le système S.12
 - 12 Le système S.25
 - 14 Le câble sous-marin
 - 18 Le répéteur et l'égaliseur
 - 22 Les équipements terminaux
 - 24 Le concentrateur CELTIC
 - 26 Pose, maintenance et mise en service
 - 28 Références.
-



Les systèmes de télécommunications sous-marines Submarcom



Jusqu'en 1965, les liaisons téléphoniques par câbles sous-marins ont seules contribué au développement du réseau téléphonique intercontinental, dont l'histoire brève et remarquable — la technique des câbles téléphoniques sous-marins est récente — a été marquée en 1955 par la mise en service du premier câble téléphonique sous-marin transcontinental « TATI » reliant l'Europe et les Etats-Unis.

Le développement des liaisons par satellites depuis le milieu des années 1960 n'a pas réduit celui des câbles sous-marins. Bien au contraire, les deux techniques se sont avérées nécessaires et complémentaires pour répondre, tout en accroissant la sécurité du trafic, aux besoins croissants des communications internationales.

Le développement des liaisons sous-marines a d'ailleurs été facilité par l'évolution des technologies : en 25 ans, la capacité des systèmes a été multipliée par 100, alors que le coût unitaire de circuit était divisé par 15.

Aujourd'hui les systèmes analogiques permettent d'acheminer entre deux continents, sur une seule liaison, plusieurs milliers de circuits ; les capacités de ces systèmes peuvent même être doublées grâce aux concentrateurs.

Bientôt les premières liaisons à fibres optiques apparaîtront, ouvrant de nouveaux champs aux multiples applications.

Submarcom, division commune des Câbles de Lyon et de CIT-Alcatel, commercialise les systèmes analogiques Submarcom — S.5, S.12, S.25 — qui permettent la transmission de 480 voies à 3440 voies. Les systèmes sont étudiés et réalisés clés en main, depuis l'ingénierie jusqu'à la pose et la mise en service, par Les Câbles de Lyon et CIT-Alcatel, toutes deux filiales du Groupe CGE.

Le Groupe C.G.E., par ailleurs, en collaboration avec l'Administration française des Télécommunications, contribue largement à l'évolution des techniques ; Les Câbles de Lyon et CIT-Alcatel sont ainsi associés dans un important programme de développement des systèmes numériques par câbles à fibres optiques : systèmes Submarcom S.O.

Les Câbles de Lyon



Navire Câblé Vercors
en chargement devant
l'usine de Calais.

Fabrication du conducteur
central.

Le groupe Câbles de Lyon est le premier câbleur français, le deuxième câbleur mondial.

Engagé aussi bien dans les techniques de pointe que dans les produits traditionnels, le groupe Câbles de Lyon étudie, fabrique et pose une gamme très étendue de câbles. Cette gamme recouvre les câbles nus, les câbles d'énergie et de télécommunications terrestres et sous-marins, des systèmes sur fibres optiques, les câbles de spécifications particulières. Le groupe fabrique également des composants.

En France, le groupe Câbles de Lyon possède 15 usines qui constituent un ensemble intégré, un des plus modernes du monde.

A l'étranger, le groupe a pris position en Grèce, au Liban, aux USA, en République Fédérale d'Allemagne.

Les câbles sous-marins et les têtes de répéteurs sont fabriqués à Calais. L'usine, qui dispose des équipements les plus modernes, peut produire plus de 3 000 milles nautiques de câbles 1,5" par an. Tous les câbles sous-marins,

conçus pour durer 25 ans, sont soumis à des contrôles systématiques à chaque stade de la production ce qui permet de garantir une très grande régularité de caractéristiques après pose et une très grande fiabilité.

Ces résultats sont la conséquence d'une politique permanente d'amélioration des performances, des procédés de fabrication et de recherche de produits nouveaux. Ainsi Les Câbles de Lyon développent des câbles sous-marins à fibres optiques monomodes.

Par ailleurs, Les Câbles de Lyon, dans le domaine des liaisons sous-marines ont la responsabilité de tous les travaux à la mer depuis l'ingénierie des liaisons jusqu'aux travaux de reconnaissance, pose, raccordements et ensouillage.

CIT-Alcatel



Etablissement de Villarceaux

Salle blanche pour montage des répéteurs.

CIT-Alcatel a été la première compagnie mondiale à percevoir l'intérêt de la numérisation des réseaux de télécommunications et à étudier une gamme complète de systèmes de commutation temporelle et de transmission numérique permettant de réaliser dans les configurations les plus diversifiées de grands réseaux intégrés de télécommunications.

Premier constructeur mondial de systèmes de commutation temporelle avec les centraux E10 B, E10 S et E12, CIT-Alcatel a installé ou a en commande plus de 7,5 millions de lignes, le standard E10 ayant été adopté par plus de 24 pays différents.

Dans le domaine des transmissions optiques CIT-Alcatel qui est déjà présente sur le marché des réseaux terrestres urbains et interurbains avec des liaisons en service dans plusieurs pays, notamment aux Etats-Unis, présente une gamme complète de systèmes de 2 à 560 Mbit/s pour transmission sur fibres monomodes ou multimodes.

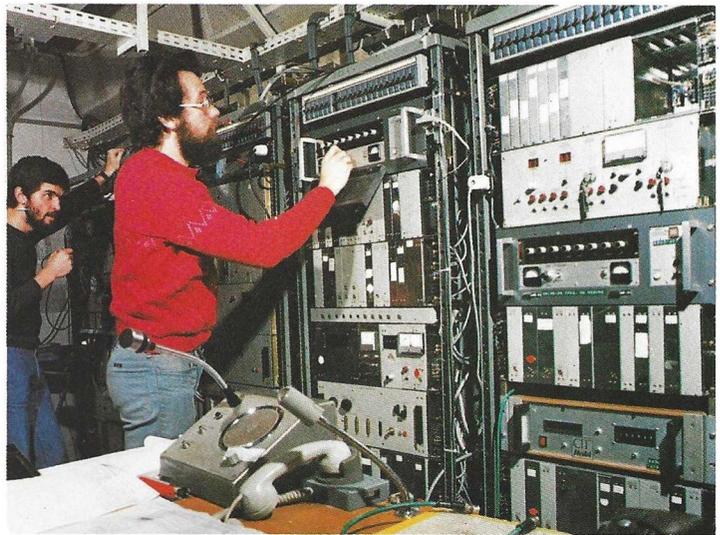
Elle fabrique et commercialise par ailleurs toute une gamme de composants optoelectroniques, émetteurs et récepteurs, pour applications civiles et militaires.

Dans le domaine des liaisons sous-marines CIT-Alcatel étudie et réalise l'ensemble des équipements de transmissions immergés en ligne ou installés aux extrémités.

L'ensemble de l'activité est installé en région Parisienne sur le site de Villarceaux. Doté des moyens d'étude et de réalisation les plus sophistiqués, le centre de Villarceaux possède actuellement une capacité de production annuelle de 350 engins immergés, répéteurs et égaliseurs.

Avec plus de 2 000 répéteurs fonctionnant actuellement au fond des mers, CIT-Alcatel a démontré son aptitude à satisfaire les objectifs de fiabilité et de durée de vie tout à fait exceptionnels imposés aux liaisons sous-marines. Ces résultats ont été rendus possibles par la mise en place de procédures rigoureuses de sélection des composants, de contrôle en fabrication et d'assurance qualité à tous les niveaux ainsi que par une maîtrise des performances d'ensemble des systèmes. CIT-Alcatel développe actuellement les équipements et les composants semi-conducteurs et optoelectroniques associés, destinés à la première génération de systèmes sous-marins sur fibres optiques.

La liaison



Salle de mesures « Transmission » à bord du Vercors.

Etude de la liaison

La décision de réalisation d'une liaison sous-marine implique la mise au point de nombreuses études :

- de trafic pour définir la capacité optimum du système,
- économiques, notamment le plan d'investissement qui prend en compte les dépenses en capital, les frais financiers, d'exploitation et de maintenance, les revenus à attendre des droits de transit et d'usage,
- techniques, afin de définir les caractéristiques de la liaison : tracé géographique maritime et terrestre, types de câbles à utiliser, caractéristiques électriques (affaiblissement, nombre de répéteurs, pas d'amplification...) toutes données qui aboutissent à la rédaction des cahiers des charges.

La préparation des dossiers techniques comporte deux opérations importantes :

- une série d'études documentaires pour choisir les tracés théoriques en évitant les zones dans lesquelles le câble peut subir des dommages : zones de mouillage des navires, zones de pêche, d'activités sismiques, zones rocheuses, et en recherchant les grands fonds plats où la température est constante et où les agressions mécaniques sont les moins probables.
- une série de sondages — reconnaissance maritime sur le site — dont le rapport, en même temps qu'il fournira le relevé des paramètres : profondeur du fond, position, type du sol, température..., permettra de définir les points précis d'atterrissage et les caractéristiques physiques et électriques de la liaison.

Description de la liaison

Les éléments constitutifs d'une liaison sous-marine sont au nombre de trois :

le câble

Le câble est par définition l'élément de base de la liaison. Plusieurs types de câbles coaxiaux, isolés au polyéthylène sont utilisés ; le diamètre est fonction de la capacité du système et des caractéristiques géographiques de la liaison ; la protection dépend des agressions mécaniques éventuelles.

les répéteurs et égaliseurs

Les répéteurs ont pour but d'amplifier le signal qui s'affaiblit le long du câble. Leur nombre est d'autant plus grand que la fréquence maximum transmise, donc la capacité du système, est élevée.

Les égaliseurs permettent de compenser les écarts résiduels entre le gain des répéteurs et l'affaiblissement du câble ; ils sont insérés à espaces réguliers sur la liaison constituant ainsi des blocs d'égalisation qui contiennent un nombre de répéteurs déterminés, fonction du type de système.

les équipements terminaux

Les équipements terminaux assurent à chaque extrémité de la ligne, la transposition et la mise en forme du signal téléphonique pour sa transmission sur la liaison, ainsi que sa restitution sur les réseaux téléphoniques nationaux.

Caractéristiques de la liaison

Une liaison sous-marine est entièrement définie au plan technique lorsque les paramètres suivants sont connus :

- la capacité nominale, c'est-à-dire le nombre de voies téléphoniques que le système pourra acheminer dans une largeur de voie élémentaire de 4 kHz ou 3 kHz. Cette capacité nominale pourra être doublée par des équipements de concentration.
- la longueur totale, exprimée généralement en mille nautique⁽¹⁾ comprenant :

(1) 1 mille nautique = 1855,32 mètres.



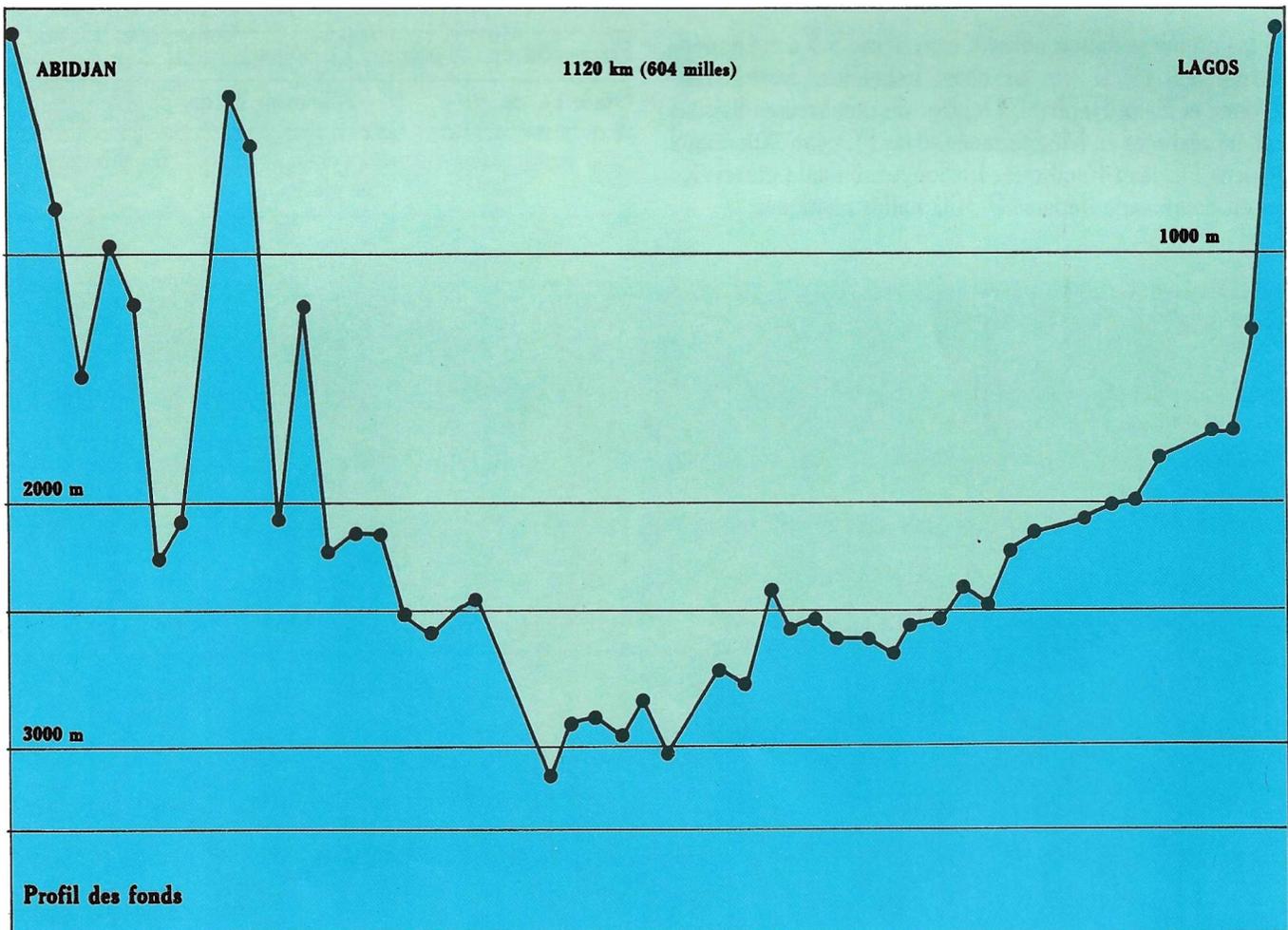
Fabrication de bobinages en salle blanche.



Refroidissement de l'isolant après extrusion.

- la longueur sous-marine entre les deux chambres de plage situées aux points d'atterrissage. Cette longueur est divisible en tronçons pour tenir compte des variations des fonds sous-marins ; à différentes caractéristiques de profondeur et de nature des fonds correspondent en effet des types de câbles différents.

- les deux longueurs terrestres, chaque longueur correspondant à la distance séparant une station terminale de sa chambre de plage.



Le système S.5

Le S.5 est un système de bande passante 5 MHz qui permet la transmission de 480 voies à 4 kHz dans chaque sens ou de 640 voies à 3 kHz.

La capacité peut être plus que doublée par addition de concentrateurs de voies.

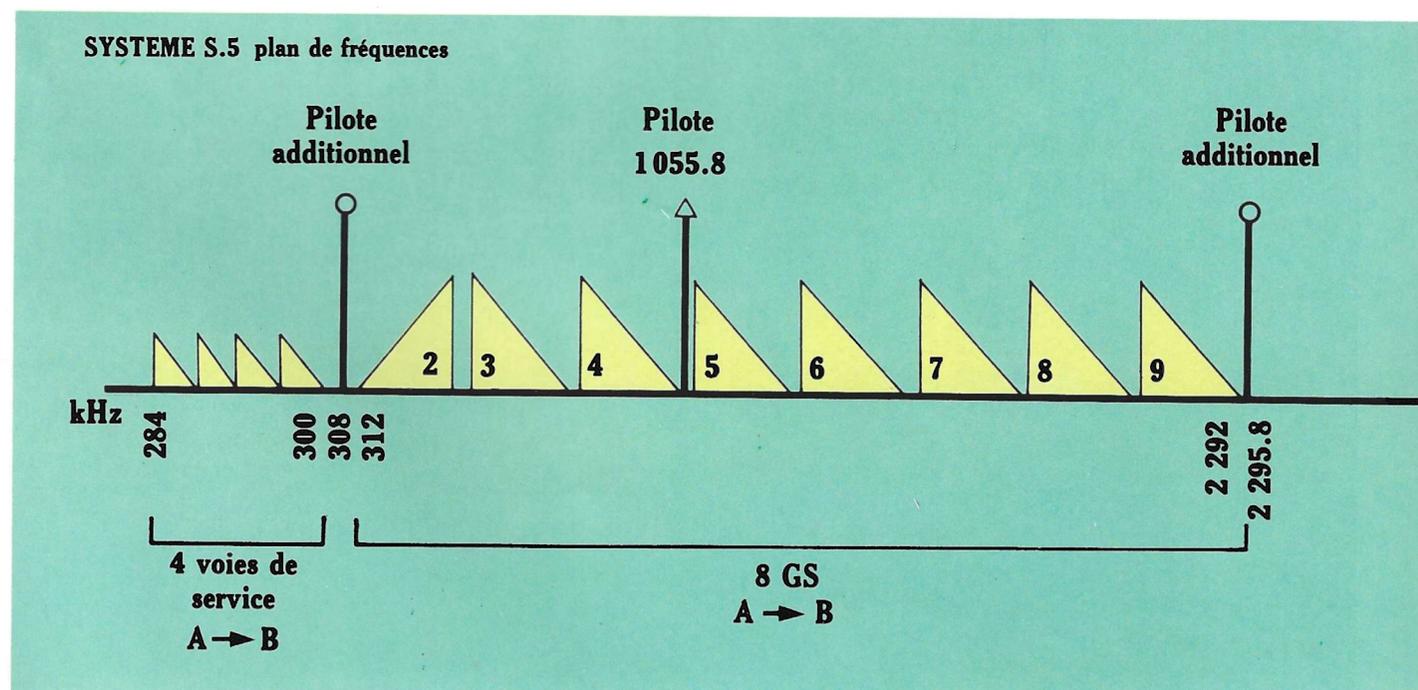
Dans le S.5, de nouveaux dispositifs améliorant les performances des répéteurs ont permis de porter la distance séparant deux répéteurs à la valeur record de 13,5 milles nautiques soit 25 km environ.

D'autres dispositifs, permettant de réguler les répéteurs en température et d'accroître les procédés de surveillance, équipent également le S.5.

La première liaison utilisant le système S.5 a été expérimentée en 1970 sur les côtes françaises, entre Saint-Tropez et Saint-Raphaël. Depuis, de nombreuses liaisons ont été réalisées en Méditerranée, dans l'Océan Atlantique et dans l'Océan Pacifique. La longueur totale en service ou en commande dépasse 9 300 milles nautiques.

Tableau des caractéristiques.

Capacité	480 voies à 4 kHz ou 640 voies à 3 kHz
Charge du système	-13 dBmo à -10dBmo
Bruit	≤ 1 picowatt/km dans la voie la plus défavorisée
Fréquences transmises en ligne	A-B 312 - 2292 kHz B-A 2792 - 4772 kHz
Pilotes	Additionnels 308 kHz 2295,8 kHz - Principal 1055,8 kHz
Fréquences de comparaison	En option
Durée de vie	Minimum 25 ans



Le système S.12

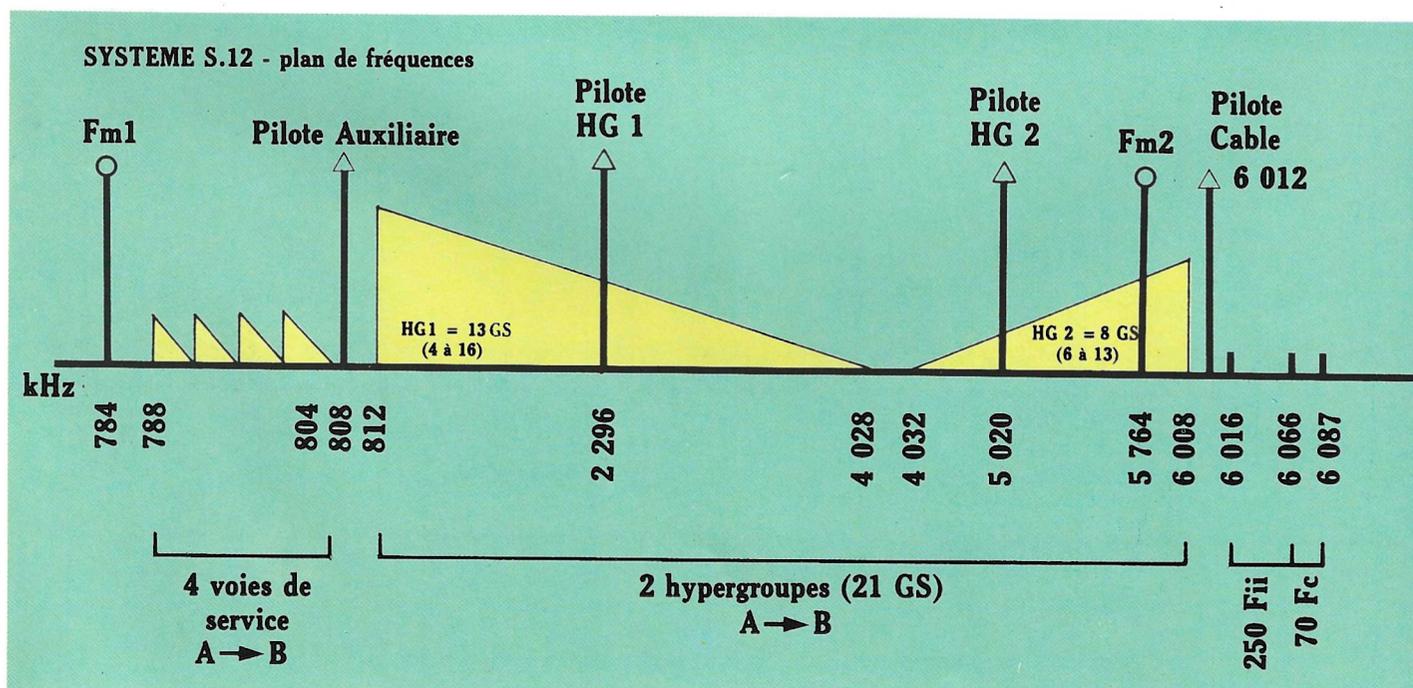
Le S.12 est un système de bande passante 12 MHz qui permet la transmission de 1 260 voies à 4 kHz ou de 1 680 voies à 3 kHz. La capacité peut être réduite jusqu'à 900 voies dans les mêmes conditions de bruit ; avec un gain accru des répéteurs, le coût total du système est alors réduit. A l'inverse, la capacité peut être doublée — 2 500 voies à 4 kHz — par addition de concentrateurs.

Le S.12 est équipé de dispositifs pour télécommander les égaliseurs à partir des stations terminales. Le gain nominal du répéteur peut être choisi en fonction de l'environnement, des conditions d'exploitation et de la charge désirée. Ce gain peut être, dans les faibles fonds, régulé en température.

La liaison Atlas entre le Maroc (Asilah) et le Portugal (Lagos) est réalisée en S.12.

Tableau des caractéristiques.

Capacité	1260 voies à 4 kHz ou 1680 voies à 3 kHz
Charge du système	-13 dBmo à -11 dBmo
Bruit	Bruit moyen ≤ 1 picowatt/km Bruit maximum 1,5 picowatt/km
Fréquences transmises en ligne	A-B 812 - 6008 kHz B-A 7192 - 12388 kHz
Pilotes	Auxiliaires 808 kHz, 12392 kHz Principaux 2296 kHz - 5020 kHz - 8180 kHz - 10904 kHz - Câble 6012 kHz - 12420 kHz
Fréquences de comparaison	1800 kHz - 11400 kHz
Durée de vie	Minimum 25 ans

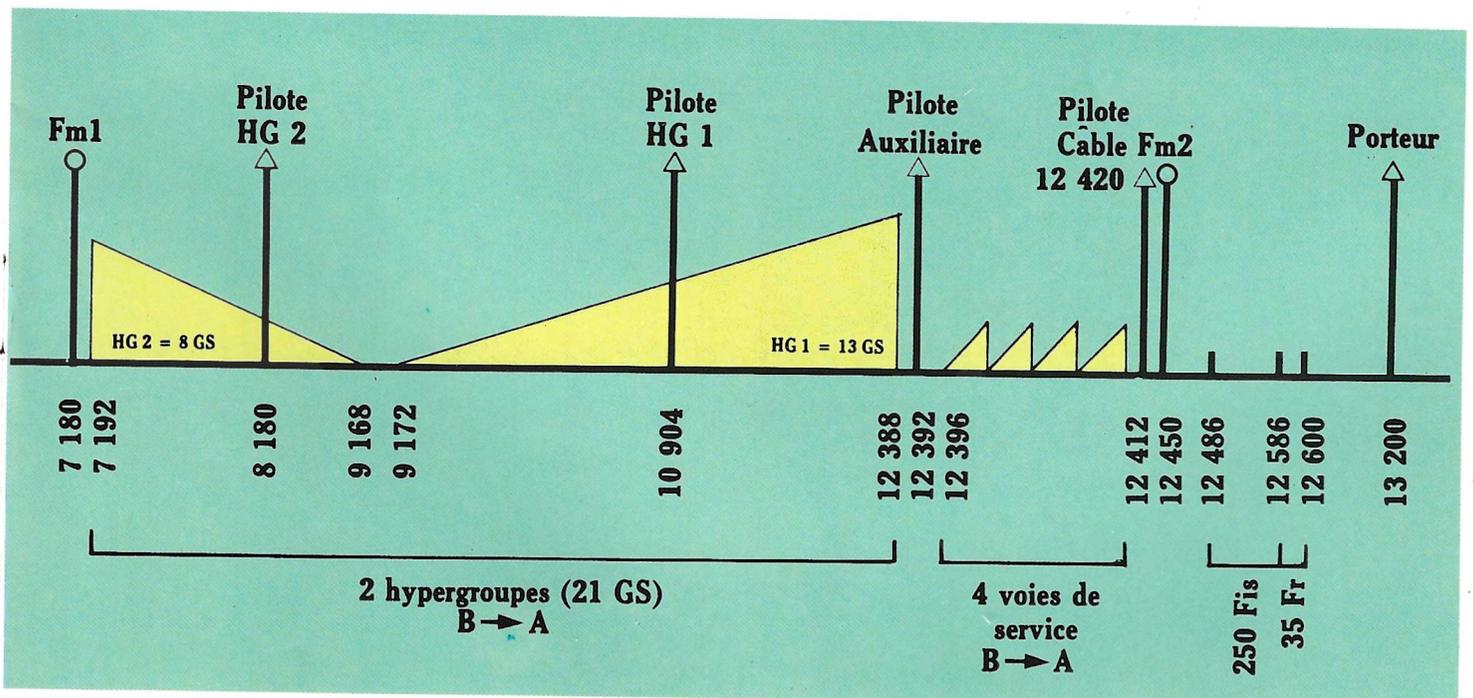


Caractéristiques des répéteurs

Amplification	2 chemins d'amplification
Gain	46 dB - 48 dB - 50 dB
Régulation en température	Après étude des variations de température sur le tracé si nécessaire
Valeurs moyennes du pas d'amplification	7.4 MN - 7.7 MN et 8.0 MN en câble 1,5''
Courant d'alimentation	≈ 545 mA
Tension maximale d'alimentation	6500 Volts
Télésurveillance	bidirectionnelle

Câbles utilisés

Câble armé	diamètre 1''
Câble grand fond	diamètre 1,5''



Le système S.25

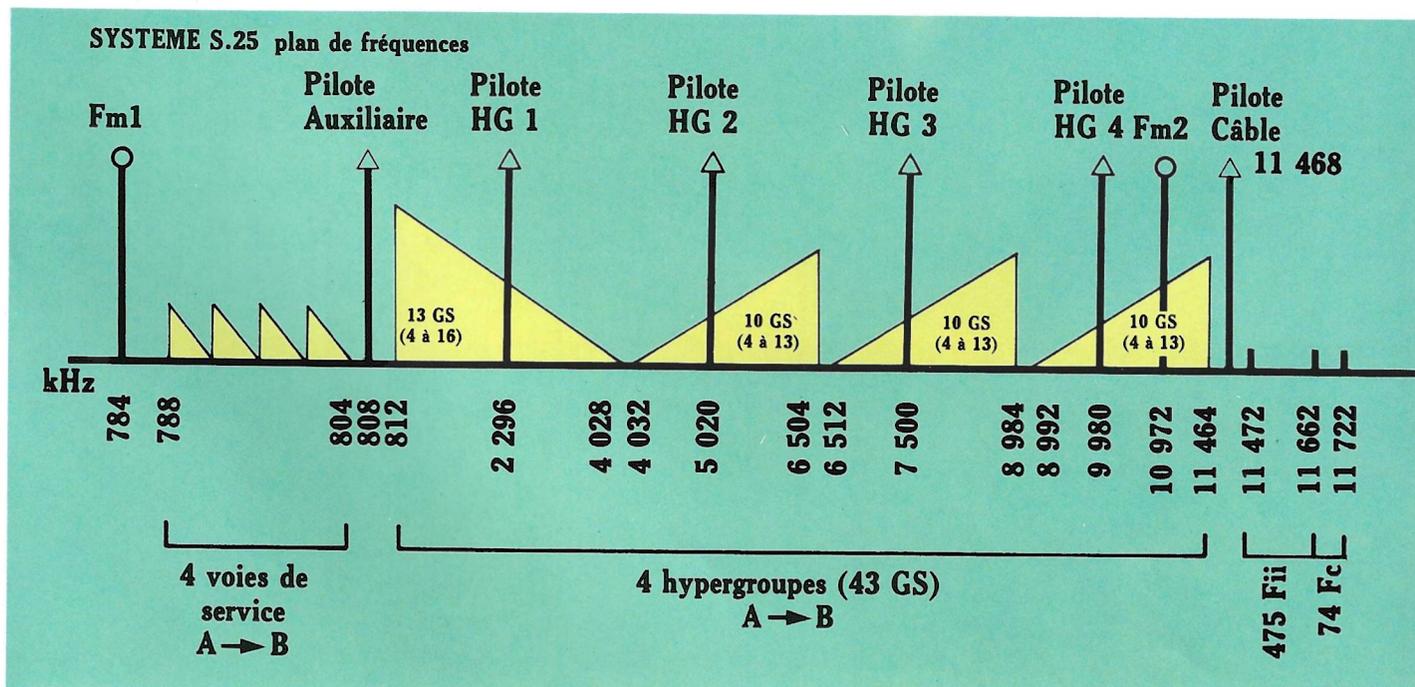
Le S.25 est un système de bande passante 25 MHz qui permet la transmission de 2 580 voies à 4 kHz, ou de 3 440 voies à 3 kHz. Avec concentrateur, la capacité peut atteindre 5 000 voies.

Le S.25 est équipé de dispositifs pour télécommander les égaliseurs à partir des stations terminales. Le gain nominal du répéteur peut être choisi en fonction de l'environnement, des conditions d'exploitation et de la charge désirée. Ce gain peut être, dans les faibles fonds, régulé en température.

La première liaison avec le système S.25 a été mise en service en 1975 sur les côtes françaises, entre Saint-Raphaël et La Foux. De nombreuses liaisons ont depuis été posées en Méditerranée, dans l'Océan Atlantique et dans la Manche. La longueur de ces liaisons en service et en commande atteint 6 500 milles nautiques.

Tableau des caractéristiques.

Capacité	2580 voies à 4 kHz ou 3440 voies à 3 kHz
Charge du système	-13 dBmo à -11 dBmo
Bruit	Bruit moyen \leq 1 picowatt/km Bruit maximum 1,5 picowatt/km
Fréquences transmises en ligne	A-B 812 - 11464 kHz B-A 14576 - 25228 kHz
Pilotes	Auxiliaires 808kHz 25232kHz Principaux 2296 kHz - 5020 kHz - 7500 kHz - 9980 kHz Câble 1468,2 kHz 25260 kHz
Fréquences de comparaison	1800 kHz - 24240 kHz
Durée de vie	Minimum 25 ans

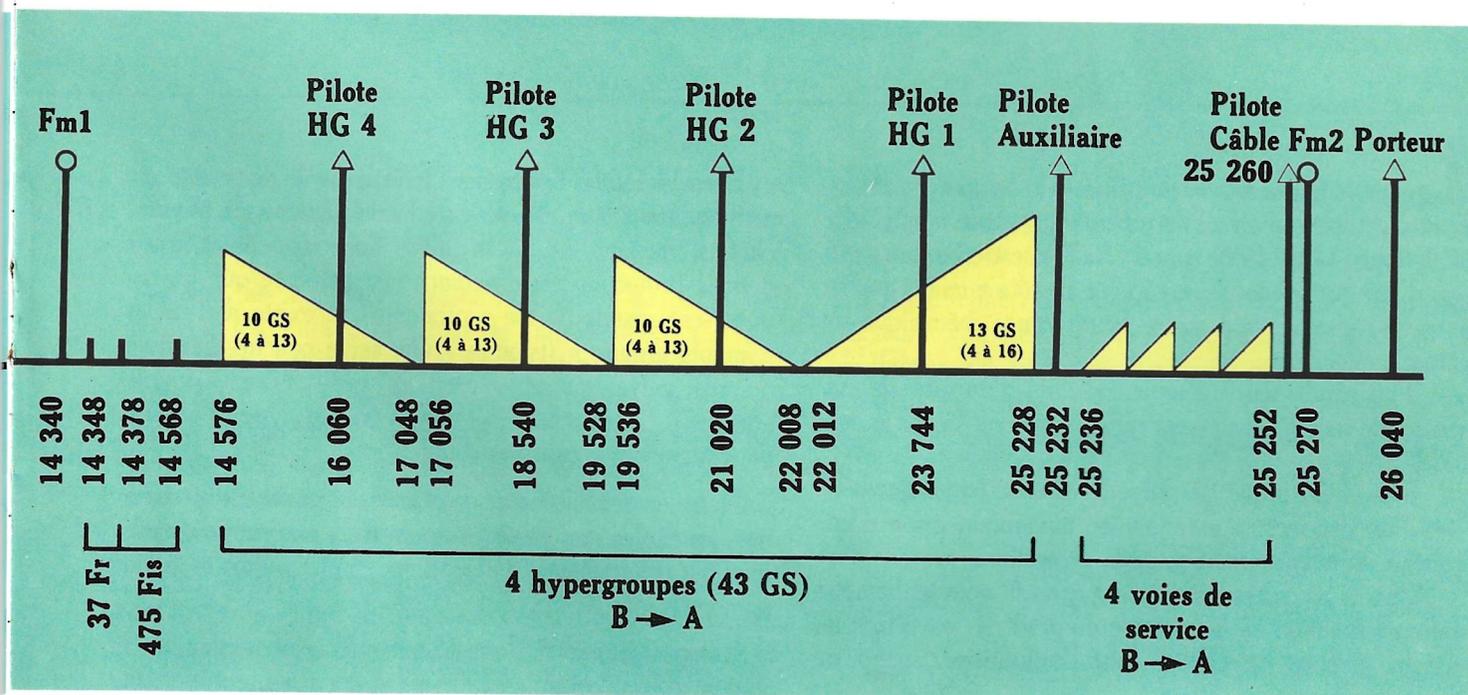


Caractéristiques des répéteurs

Amplification	2 chemins d'amplification
Gain	40,5 dB - 42,5 dB - 45 dB
Régulation en température	Après étude des variations de température sur le tracé
Valeurs moyennes du pas d'amplification	5 MN - 5,25 MN - 5,5 MN en câble 1,7" 4,4 MN - 4,65 MN - 4,9 MN en câble 1,5" 3,1 MN - 3,25 MN - 3,4 MN en câble 1"
Courant d'alimentation	≈ 545 mA
Tension maximale d'alimentation	6500 Volts
Télésurveillance	bidirectionnelle

Câbles utilisés

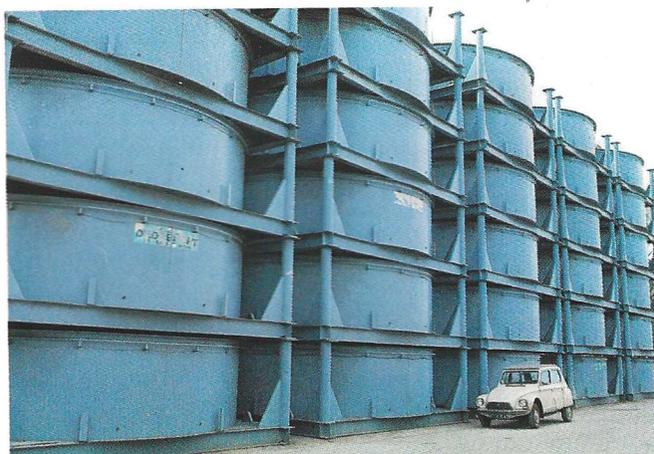
Câble armé	diamètre 1,5" et 1"
Câble grand fond	diamètre 1,7"



Le câble sous-marin



Salle de mesures « Câbles ». Calais.



Cuvelles de stockage. Calais.

Le câble universellement utilisé dans les systèmes sous-marins actuels est un câble coaxial à porteur central. Le câble type — câble de grand fond — est constitué :

- d'une corde centrale composée de plusieurs fils d'acier à haute résistance qui assure la résistance mécanique du câble,
- d'un conducteur intérieur constitué d'un tube de cuivre soudé longitudinalement puis rétreint sur la corde centrale,
- d'un diélectrique de polyéthylène de haute qualité,
- d'un conducteur extérieur en aluminium gainé d'une couche de polyéthylène pour la protection.

A partir de ce type de câble (type D), dont le diamètre varie en fonction de la capacité du système, on définit un certain nombre de câbles dont l'utilisation dépend de l'environnement.

Dans les faibles fonds, il est indispensable de protéger le câble contre les agressions extérieures : ancres de navires, chaluts, rochers, etc... On utilise donc des câbles armés dont la protection est d'autant plus renforcée que les risques sont grands (faible profondeur). Il existe des câbles « simple armure » (type A - une seule couche d'armure de fils galvanisés et gainés) et des câbles « double armure » (2 couches - Type AA), le type d'armure dépendant des conditions d'utilisation.

Dans les très faibles fonds et le long des parcours terrestres, les câbles sont protégés des influences électromagnétiques par des feuillards d'acier doux en plus ou moins grand nombre (types AAP, Ap, TGp).

Les prolongements terrestres des liaisons — depuis la station terminale jusqu'à la plage d'atterrissage — sont



Lignes de refroidissement après extrusion. Calais.

constitués de câbles protégés posés soit en conduites (type TGp), soit en tranchées (type Ap's) ; dans ce dernier cas les câbles sont armés.

Selon les conditions locales, la prise de terre qui recueille les courants de retour de l'alimentation des répéteurs et des égaliseurs, est réalisée soit par des électrodes enterrées à proximité de la station à laquelle elles sont reliées par du câble type RGPfV, soit par une plaque immergée en mer à environ 1 mille nautique de la côte reliée à la station par des câbles type Tt (parcours terrestre) et type Tm (parcours maritime).

Les performances électriques et mécaniques des câbles ont été accrues ces dernières années. Elles confèrent aux câbles une très grande régularité de caractéristiques après pose et assurent une très grande fiabilité des systèmes pour

plusieurs décennies. Ces résultats ont été obtenus grâce à l'amélioration des méthodes de fabrication et à un contrôle rigoureux de la qualité à chaque stade de la production.

En particulier, Les Câbles de Lyon sont le seul constructeur à proposer le câble dit « compact » dans lequel le conducteur de retour en aluminium est contrecouché sur ses deux faces d'un mince film de polyéthylène, ce qui assure une tenue mécanique bien supérieure.

Suite page 16

Le câble sous-marin



TGp's



AAp's



AA's



A's



D'1

Tous les câbles sous-marins des systèmes Submarcom sont fabriqués dans l'usine de Calais des Câbles de Lyon, dotée des équipements les plus modernes.

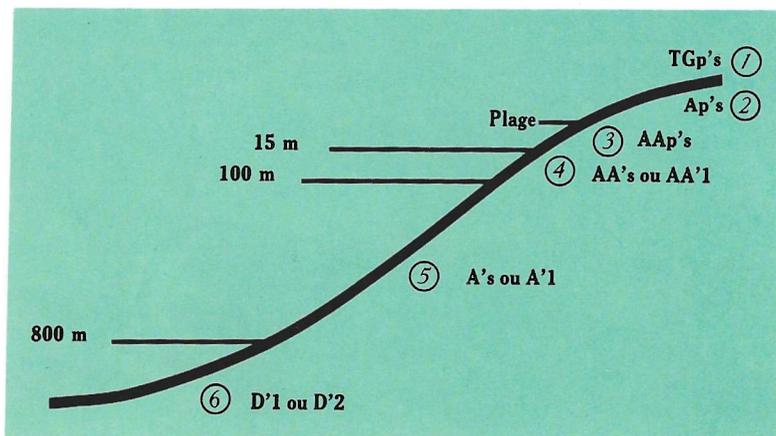
Les ateliers de fabrication des câbles sont spécialement conçus pour la production du câble coaxial à porteur central. Les opérations de fabrication du conducteur central et d'extrusion sont effectuées sous atmosphère d'air filtrée. Les salles de fraisage, de réparation, de mesures et d'application du conducteur de retour sont maintenues à une température de 20°C.

L'usine est équipée pour effectuer tous les contrôles des matières premières et des câbles terminés ; des ateliers spécialisés réalisent le montage des têtes de câble qui assurent le raccordement électrique et mécanique des câbles aux répéteurs.

La capacité de stockage est de 1 600 milles nautiques. La production annuelle de l'usine est de 3 000 MN de câble 1,5" ou de 2 000 MN de câble 1,7".

L'usine est spécialement aménagée pour permettre l'embarquement du câble sur les navires-câblers.

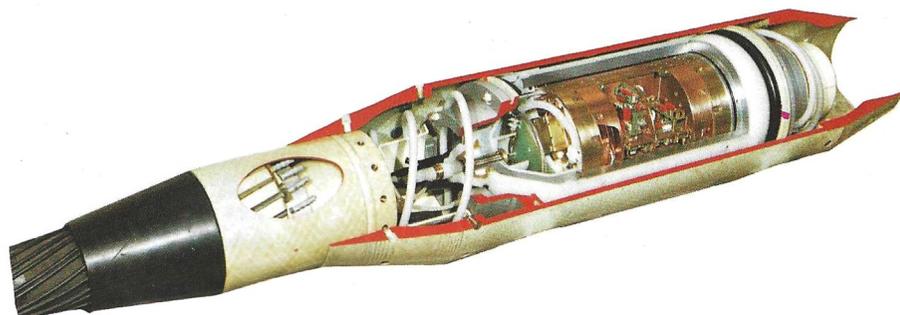
Type de câble	Conducteur intérieur		Diamètre sur isolant (mm)
	Nature	Dimension (mm)	
D'	Composite	8,02	25,4
D'1	Composite	8,02	38,1
D'2	Composite	9,16	43,18
A's	Cuivre	5,35	25,4
A's	Cuivre	5,35	25,4
A'1	Composite	8,02	38,1
A'1	Composite	8,02	38,1
AA'1	Composite	8,02	38,1
AA's	Cuivre	5,35	25,4
AAp's	Cuivre	5,35	25,4
Ap's	Cuivre	5,35	25,4
TGp's	Cuivre	5,35	25,4



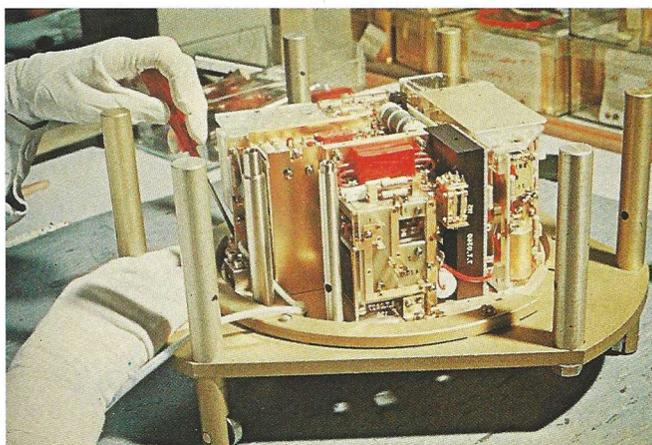
Principales caractéristiques et utilisation des câbles sous-marins

Affaiblissement		Impédance caractéristique Z (Ohms)	Charge de rupture (kN)	Armure (Nbre - Ø mm)	Dimension extérieure (mm)	Poids (kg/MN)		Utilisation	
Fréquence (MHz)	(dB/MN)					dans l'air	dans l'eau	Système	Application habituelle
5 12 25	5,7 8,9 13,1	46	76	—	29,6	1 856	558	S.5 S.12 S.25	Réparations en grands fonds
5 12 25	3,85 6,1 9	61,6	76	—	42,3	3 976	388	S.5 S.12 S.25	Grands fonds
25	8	61,6	100	—	47,4	4 455	643	S.25	Grands fonds
5 12 25	5,7 8,9 13,1	61,6	210	14x5,16	50,9	7 497	3 563	S.5 S.12 S.25	Petits fonds de 100 à 800 mètres
5 12 25	5,7 8,9 13,1	61,6	100	19x3	46,6	4 924	1 524	S.5 S.12 S.25	Fonds intermédiaires de 800 à 1 200 mètres
12 25	6,1 9	61,6	275	19x5,16	63,9	11 038	4 910	S.12 S.25	Petits fonds de 100 à 800 mètres
12 25	6,1 9	61,6	130	26x3	59,5	7 652	2 338	S.12 S.25	Fonds intermédiaires de 800 à 1 200 mètres
25	9	61,6	650	19x5,16 + 25x5,16	79,2	20 330	12 050	S.25	Petits fonds jusqu'à 100 mètres
5 12 25	5,7 8,9 13,1	61,6	500	14x5,16 + 20x5,16	66,2	14 934	8 317	S.5 S.12 S.25	Petits fonds jusqu'à 100 mètres
5 12 25	5,7 8,9 13,1	61,6	580	17x5,16 + 23x5,16	74,6	19 254	10 902	S.5 S.12 S.25	Atterrissages, jusqu'à 1 MN au large
5 12 25	5,7 8,9 13,1	61,6	250	17x5,16	59,4	10 717	—	S.5 S.12 S.25	Parcours terrestres en tranchées
5 12 25	5,7 8,9 13,1	61,6	10	—	40	3 765	—	S.5 S.12 S.25	Parcours terrestres en conduites

Le répéteur et l'égaliseur



Répéteur sous-marin.



Montage d'un bloc électronique.

Le répéteur sous-marin, immergé à intervalles réguliers, a pour but d'amplifier le signal téléphonique affaibli par sa propagation le long du câble.

Entièrement transistorisé, le répéteur est du type bidirectionnel ($N + N$) à un seul chemin d'amplification pour les deux sens de transmission dans le système S.5 ; il est à deux chemins d'amplification séparés dans les systèmes S.12 et S.25.

Le répéteur est équipé de transistors à très haute fiabilité étudiés par les laboratoires de Marcoussis, Centre de Recherche de la C.G.E., en coopération avec le Centre National d'Etudes des Télécommunications (CNET). Le taux de distorsion harmonique des transistors est extrêmement faible.

Le schéma électrique d'un répéteur comporte 4 groupes d'organes principaux :

- un filtre alimentation/signal avec translateur à chacune des extrémités ; la tension de téléalimentation nécessaire dépend de la longueur et peut atteindre au maximum 6 500 Volts à chaque extrémité de la liaison,
- un groupe de filtres d'aiguillages des courants téléphoniques,
- un ou deux amplificateurs à 3 étages, suivant le système,
- un dispositif de localisation de défauts et de télémessure de la liaison, qui peut être remplacé dans certains répéteurs S.12 et S.25, par des réseaux correcteurs de phase.

De plus, des dispositifs de protection placés aux deux accès du répéteur protègent efficacement les transistors contre les surtensions accidentelles comme celles qui pourraient survenir en cas de rupture du câble par exemple.

La résistance aux pressions élevées est assurée par un



Montage de sous-ensembles d'un bloc électronique.

boîtier cylindrique en acier inoxydable dont l'étanchéité est réalisée par un revêtement surmoulé en polyéthylène. Ce surmoulage permet d'éviter tout contact entre le boîtier métallique et l'eau de mer, éliminant ainsi tout risque de formation de couples métalliques, notamment en cas de coupure de la gaine extérieure du câble.

La jonction câble-répéteur est également isolée de l'eau de mer.

L'ensemble de la jonction est placé dans une carcasse en stratifié verre-époxy qui assure la résistance à la traction (charge de rupture : 250 kN) et le raccordement aux têtes des sections de câble.

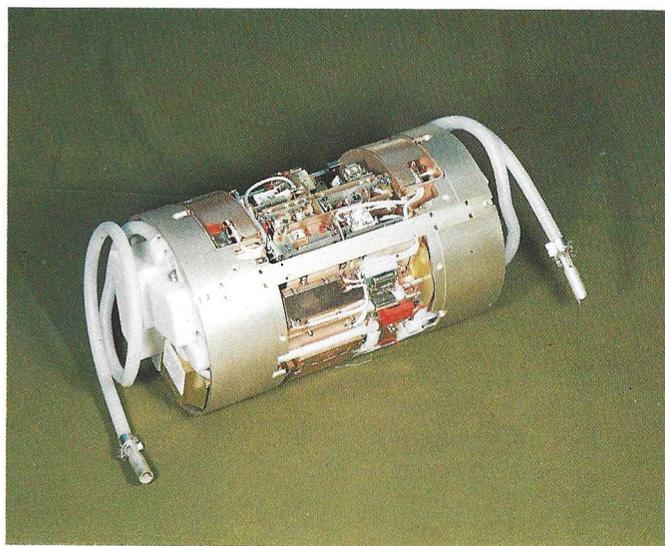
Afin d'exercer le contrôle permanent de la liaison, notamment pendant la période de pose, certains répéteurs sont dotés, suivant le système, d'un ou deux oscillateurs d'identification qui émettent vers une extrémité une fré-

quence qui leur est propre. La mesure du niveau de réception de chacune de ces fréquences d'identification permet de vérifier le gain de chaque section d'amplification et de localiser éventuellement un défaut survenu au câble.

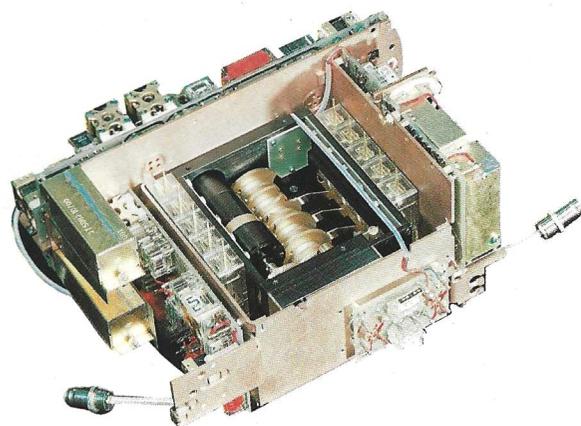
La téléalimentation des répéteurs s'effectue en série par un courant continu d'intensité constante. Elle est assurée à partir de l'une ou des deux extrémités de la liaison. Le courant passe dans le conducteur central du câble coaxial ; le retour s'effectue par la mer (des plaques collectrices sont immergées au large à chaque extrémité, ou bien des électrodes sont enterrées près des stations d'extrémité du câble sous-marin).

Suite page 20

Le répéteur et l'égaliseur



Bloc électronique terminé.



Bloc de commutation dans l'égaliseur télécommandable (S.12 ou S.25).

Les répéteurs sont construits par CIT-Alcatel dans son centre technique de Villarceaux près de Paris.

Egalisation des liaisons

L'égalisation a pour but de compenser dans toute la bande transmise les écarts entre l'affaiblissement réel du câble et le gain réel des répéteurs.

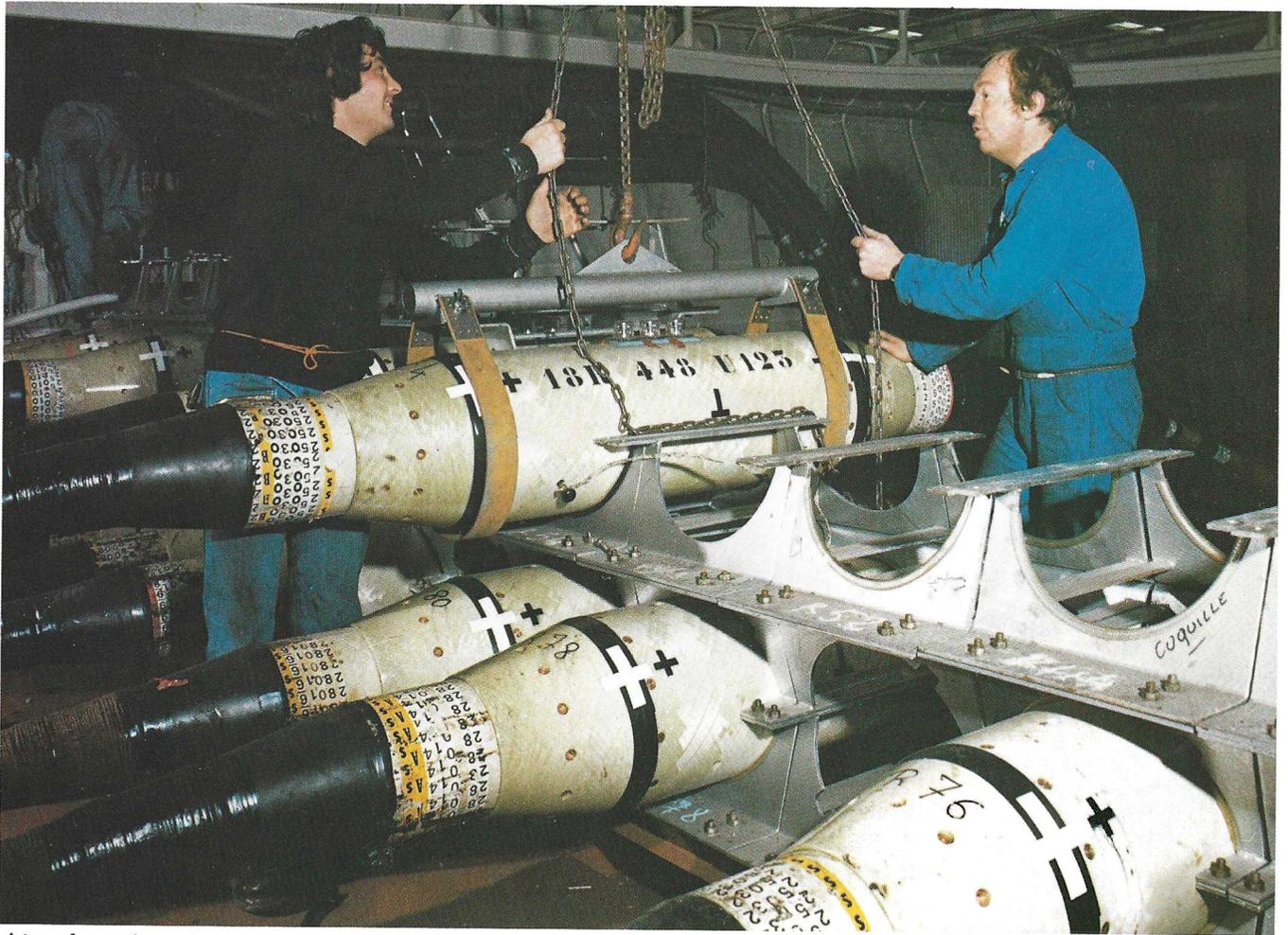
Les égaliseurs sont placés entre deux longueurs de câble, calculées pour que l'ensemble présente le même affaiblissement qu'une section d'amplification courante. Les blocs d'égalisation — partie de la liaison comprise entre deux égaliseurs — sont mesurés séparément à l'embarquement, puis raccordés entre eux, et l'ensemble est à nouveau mesuré avant que le navire-câblé ne quitte le port d'embarquement.

Pendant les opérations de pose, le système de télémessure permet de connaître à tout instant la répartition exacte

des niveaux à la sortie de tous les répéteurs télésurveillés, immergés ou non. A partir de cette répartition, et appliquant pour la portion de liaison se trouvant encore à bord du navire-câblé les corrections voulues de température et pression, il est possible d'obtenir une prévision sur la répartition des niveaux que l'on obtiendra lorsque la totalité de la liaison sera posée, et d'en déduire le rapport signal sur bruit.

Ces résultats dépendent évidemment du réglage adopté sur les égaliseurs et ceux-ci seront réglés successivement, à mesure que se déroule la pose, de façon à toujours obtenir le rapport signal sur bruit le meilleur possible dans l'ensemble de la bande des fréquences transmises.

Cette méthode d'égalisation en cours de pose, qui est la plus avantageuse puisque, par principe même, elle assure la puissance de bruit minimale dans chaque voie, est évi-



Aires de stockage des répéteurs sur le Vercors.

demment liée à l'existence du système particulier de télé-
mesure mis en œuvre par CIT-Alcatel.

L'égalisation définitive est réalisée dans les terminaux
une fois la liaison entièrement posée et stabilisée en tempé-
rature.

Les égaliseurs sont contenus dans des enceintes mécani-
quement identiques à celles des répéteurs.

Dans le système S.5, cinq réseaux peuvent chacun être
mis en circuit ou non pendant la pose du câble, permettant
de réaliser à la demande 32 courbes d'affaiblissement,
pour tenir compte des différences de température, de pres-
sion ou de longueur, ainsi que des pertes transversales du
câble et des effets de pose, c'est-à-dire des modifications
des propriétés électriques du câble, dues aux contraintes
mécaniques auxquelles le câble est soumis lors de la pose.

Dans les systèmes S.12 et S.25, les égaliseurs immergés

sont télécommandables. Ils présentent les mêmes qualités
de haute fiabilité que les autres équipements immergés.
Tout en apportant une amélioration considérable de la qua-
lité de l'égalisation et une simplification des opérations en
cours de pose (d'où un gain de temps précieux aux navires-
câblers), ce dispositif permet en outre d'effectuer des
réglages saisonniers des liaisons en cours d'exploitation,
pour tenir compte des variations des températures des
câbles immergés en eaux peu profondes et des prolonge-
ments en câbles terrestres. Un ajustement de l'égalisation
reste possible tout au long de la ligne au cours des 25
années de vie des liaisons. Un tel système unique
aujourd'hui dans le monde est utilisé sur la liaison TAT 6
entre la France et les U.S.A.

Les équipements terminaux



Station terminale de Martigues - France.

CIT-Alcatel a conçu en coopération avec le Centre National d'Etudes des Télécommunications (CNET) et fabrique quatre types d'équipements terminaux qui se différencient par les fonctions principales qui leur sont assignées : transmission, alimentation des répéteurs, maintenance, multiplexage.

Terminaux de ligne

Ces équipements assurent la transposition et la transmission des groupes de voies, l'émission, la réception et la mesure des ondes pilotes. Ils sont doublés par mesure de sécurité. Les équipements en service et en secours peuvent être commutés automatiquement ou manuellement.

Terminaux de téléalimentation

Ces équipements sont utilisés pour alimenter les répéteurs. Placés à l'une quelconque ou aux deux extrémités de la liaison, ils fonctionnent à partir d'une source de courant alternatif (secteur ou groupe électrogène de secours) dont ils admettent des interruptions éventuelles. La sécurité est totale : tous les éléments sont doublés, chacun pouvant supporter en cas de défaillance la charge totale.

Equipements de maintenance

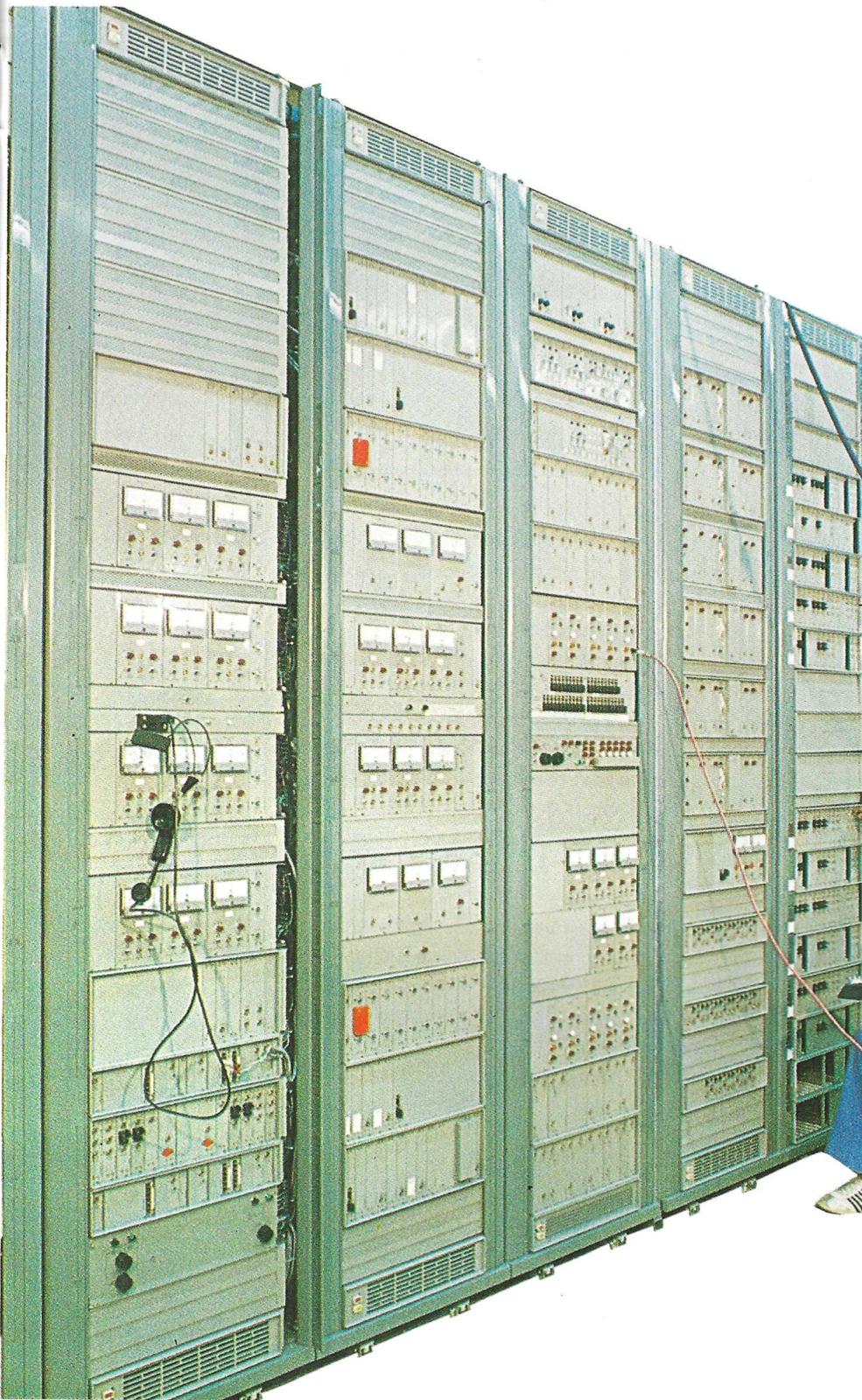
Les équipements de maintenance permettent d'effectuer :

- la mesure et l'enregistrement des fréquences pilotes,
- la surveillance du fonctionnement et du gain des répéteurs.
- la télécommande des égaliseurs immergés.

Ils sont prévus pour fonctionner soit pour une exploitation manuelle, soit pour une exploitation automatique en liaison avec un système automatique de mesure piloté par un calculateur (SAM). Les équipements de maintenance comportent tous les dispositifs automatiques de sécurité nécessaires pour assurer non seulement la protection de la ligne et des équipements terminaux contre les surintensités et les surtensions mais encore la protection du personnel contre les tensions dangereuses.

Equipements téléphoniques multiplex

Les équipements téléphoniques multiplex assurent le multiplexage en fréquence par courants porteurs des voies téléphoniques. Ils sont de type normalisé par l'Administration Française des P.T.T. et sont conformes aux recommandations du CCITT.



Equipement terminal.



Bâti mobile de maintenance.

Le concentrateur CELTIC 2G



Cartes CELTIC

Pour accroître la capacité des liaisons sans avoir à intervenir sur les équipements de transmission, CIT-Alcatel a mis au point, en coopération avec le Centre National d'Etudes des Télécommunications, les systèmes « CELTIC » : Concentrateur Exploitant Le Temps d'Inactivité des Circuits », dont le principe est fondé sur l'utilisation des périodes de repos des conversations pour acheminer les périodes d'activité de conversations supplémentaires.

Au cours d'une conversation, une voie étant active moins de 50 % du temps en moyenne, ce procédé permet d'en doubler, voire d'en tripler le rendement, selon les conditions d'utilisation.

Le CELTIC 2G, ou de deuxième génération, est une version modernisée et améliorée de l'ancien CELTIC dont elle a conservé les principes fondamentaux déjà éprouvés.

Pour chaque sens de transmission, les voies sont constituées en pools gérés par une unité de calcul. Elles peuvent ainsi porter successivement des éléments de parole prononcés par des correspondants différents. La concentration est réalisée par une technique numérique de commutation temporelle de voies et de circuits.

Le terminal CELTIC 2G est constitué par un concentrateur à interface digital pouvant être utilisé aussi bien sur des liaisons analogiques que numériques. Sur une liaison analogique, il est associé à des équipements terminaux MIC TN1 standards. Ces équipements sont conformes aux Recommandations G 712 et G 732 du CCITT, ainsi qu'au standard TN1 de la CEPT.

Le concentrateur CELTIC 2G présente de nombreux avantages tels :

- la possibilité de concentrer simultanément et indépendamment les uns des autres, jusqu'à 4 faisceaux de circuits sur un nombre égal de faisceaux de voies vers 4 terminaux,

- la concentration simultanée de circuits utilisant des codes de signalisation différents,
- la transparence à tous codes de signalisation, dans la bande ou hors bande,
- la transparence aux transmissions de données en fréquences vocales,
- le contrôle dynamique de charge,
- le blocage automatique des circuits,
- la surveillance permanente du gain et du niveau de bruit des voies,
- la connexion des circuits à une source de bruit, lors de la déconnexion circuit/voie, évitant aux usagers la sensation de coupure,
- la possibilité, par programmation, d'utiliser le suppressor d'écho numérique associé au détecteur de parole, qui peut réaliser si nécessaire, pour chacun des 240 circuits, les fonctions de suppression définies par le CCITT (avis G 164),
- l'auto-surveillance permanente du système permettant de détecter et de signaler les défauts en fonctionnement.

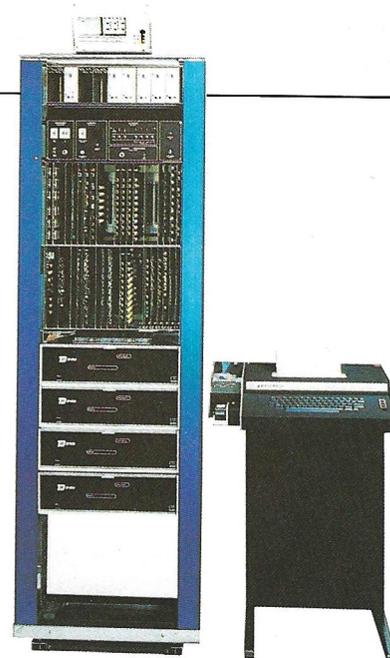
Exemples d'application.

	Liaison sous-marine S.5		Liaison sous-marine S.12		Liaison sous-marine S.25	
Voies à :	4 kHz	3 kHz	4 kHz	3 kHz	4 kHz	3 kHz
Sans CELTIC	480	640	1 260	1 680	2 580	3 440
Avec CELTIC	1 110 ⁺	1 480 ⁺	2 910 ⁺	3 880 ⁺	5 960 ⁺	7 950 ⁺

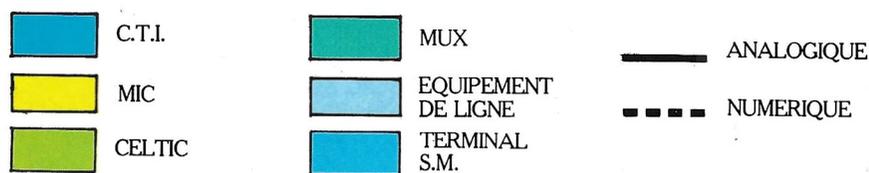
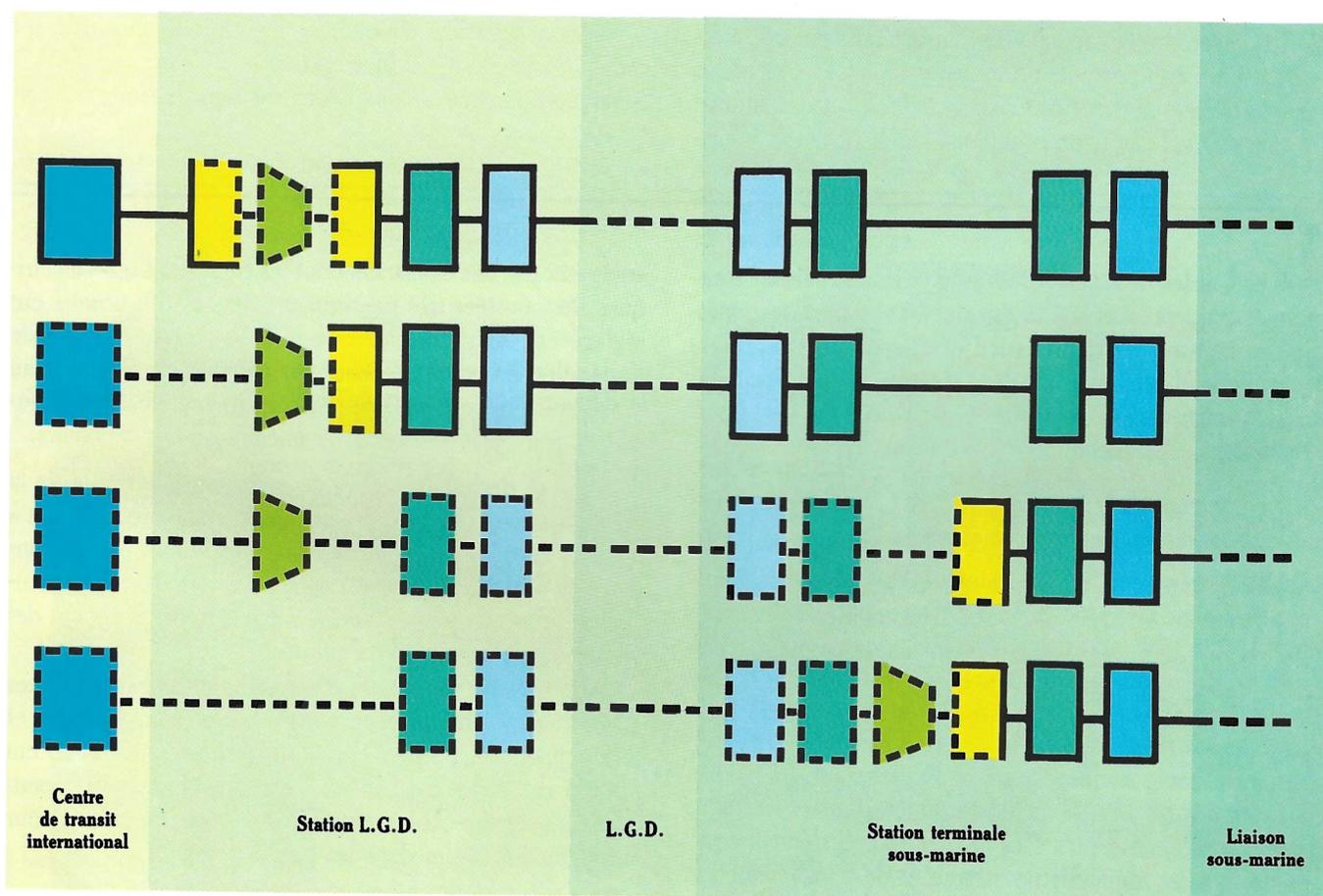
+ Valeurs moyennes fondées sur un taux d'activité des circuits de 40 % et pouvant varier en fonction des conditions réelles d'exploitation.

Caractéristiques techniques principales

- Mécanique :
 - 1 ou 2 bâtis suivant capacité
 - hauteur : de 2,12 à 2,80 m
 - largeur : 600 mm.
 - profondeur : 450 m
- Conditions climatiques :
 - température de + 10° à + 45°C
 - hygrométrie 90 %
- Capacité maximale :
 - 240 circuits et 120 voies
- Capacité minimale recommandée :
 - 60 circuits et 30 voies
- Interface analogique BF :
 - 4 fils/600 ohms symétrique
- Interface numérique :
 - 2,048 Mbit/s
 - en code HDB 3 loi A (avis G 711).
- Consommation d'un terminal complet :
 - en 48 V. continu : 20 A
 - en 220 V. 50 Hz : 1 A



Bâti concentrateur



Exemples de configuration de liaisons avec utilisation du concentrateur numérique de conversations CELTIC.

Pose, maintenance et mise en service



Lovage du câble à bord du Vercors.

Les Câbles de Lyon assurent la pose des liaisons sous-marines Submarcom, la Cit-Alcatel étant à bord responsable des mesures de transmission et d'égalisation. La pose est en général effectuée par le «Vercors», navire câblé de l'Administration française des Télécommunications. Les ingénieurs et techniciens à bord sont hautement qualifiés pour réaliser toutes les opérations délicates liées à la mise en œuvre de moyens complexes et très divers.

Les navires embarquent à Calais les longueurs de câbles, les répéteurs et les égaliseurs. Le «Vercors» peut emporter dans ses cuves 1 330 milles nautiques de câbles de 1".

A bord on effectue le raccordement des répéteurs au câble avant la pose de manière à réaliser des blocs comprenant, suivant les systèmes, 12 ou 17 répéteurs et les longueurs de câble correspondantes. A cette fin les navires sont équipés de tout le matériel pour exécuter les joints entre câbles et répéteurs. Les navires sont également équipés de tous les appareils de mesure et de téléalimentation des répéteurs nécessaires pour faire les mesures à l'embarquement et pendant la pose.

La pose se déroule de manière continue avec contrôle automatique des paramètres : mou, tension, vitesse de pose. Le positionnement géographique du navire est assuré par les moyens les plus modernes de navigation par satellites.

Les blocs de pose sont testés séparément puis reliés

entre eux par des égaliseurs dont les caractéristiques électriques sont ajustées très précisément en cours de pose. Leur réglage est calculé au fur et à mesure du déroulement de l'opération en cours de pose, par un ordinateur couplé au système de mesure automatique qui travaille sur les mesures faites avec le dispositif de télémessure des répéteurs.

La pose des câbles armés de petit fond s'effectue de la même manière que celle des câbles de grand fond. Quant à la pose des câbles d'atterrissement, on utilise des ballons pour les tirer jusqu'à terre. Enfin dans certains cas particuliers, d'autres moyens auxiliaires, tels que des barges et des remorqueurs, peuvent être utilisés.

Afin d'éviter les risques d'agression créés par les ancrages et les chaluts, une charrue tractée par le navire-câblé et télécommandée, permet l'ensouillage des câbles à 80 cm jusqu'à des fonds de 800 m. D'autres charrues indépendantes du navire-câblé peuvent être mises en œuvre pour ensouiller les câbles dans les faibles fonds.

La durée de vie de 25 ans de l'ensemble de la liaison Submarcom, assurée pour le matériel fabriqué, n'exclut pas le recours à des interventions sur le site. A cette fin, les navires-câblés sont équipés des matériels nécessaires pour effectuer, quelle que soit la profondeur, les réparations éventuelles.

Les ingénieurs de CIT-Alcatel, assurent à partir des stations toutes les mesures de transmissions et d'égalisation ainsi que la mise en service des systèmes.



Charrue d'ensouillage sur son portique à bord du Vercors.



Poste de contrôle de pose.

RÉFÉRENCES

Années	Longueurs en milles nautiques	Liaisons	Commentaires
de 1890 à 1953	17 045	LIAISONS TÉLÉGRAPHIQUES	Diverses liaisons en câbles isolés à la gutta-percha
		LIAISONS TÉLÉPHONIQUES	(Câbles isolés au polyéthylène)
1950	65	Cannes - Nice.....	Liaison expérimentale, 1 répéteur
1951	23	Audresselles (France) - Douvres	Liaison 60 voies, sans répéteur
1956	59	Kélibia - Bou Fichta (Tunisie).....	Liaison 120 voies, 5 répéteurs
1956	23	Kélibia - Pantellaria	Liaison 60 voies, sans répéteur
1956	210	Hollande - Danemark (Den Helder-Esbjerg)	Liaison 60 voies, 8 répéteurs
1957	477	France - Algérie I (Marseille - Alger).....	Liaison 80 voies (3 kHz), 28 répéteurs
1958	1 000	TAT 2 France - Amérique (Penmarc'h - Terre-Neuve)	Fourniture de câbles Fourniture des équipements terminaux multiplex à 16 voies (3 kHz)
1960	60	Frederiksdal - Prinz Christian Sund (Groënland).....	Liaison 12 voies, sans répéteur
1961	540	France - Algérie II (Perpignan - Oran)	Liaison 80 voies (3 kHz), 31 répéteurs
1962	276	Crête - Sicile (La Canée - Syracuse).....	Fourniture d'une partie du câble
1965	1 125	TAT 4 France - Amérique (St-Hilaire-de-Riez - Tuckerton, N.J.)	Fourniture de câble Fourniture des équipements terminaux multiplex à 16 voies (3 kHz)
1966	109	Continent - Corse (Cannes - Ile-Rousse)	Liaison 96 voies, 5 répéteurs
1967	759	France - Maroc I (Perpignan - Tétouan)	Liaison 96 voies, 39 répéteurs
1969	466	France - Tunisie I (Marseille - Bizerte)	Liaison 96 voies, 24 répéteurs
1969	630	TAT 5 Amérique - Espagne (Greenhill R.I. - Cadix).....	Fourniture de câbles
1970	1 844	France - Liban (Marseille - Beyrouth)	Liaison 160 voies, 99 répéteurs
1970	15	Saint-Raphaël - Saint-Tropez (France).....	Liaison 640 voies, 2 répéteurs
1972	441	France - Algérie III (Marseille - Alger).....	Liaison 640 voies, 53 répéteurs
1972	375	Liban - Egypte (Beyrouth - Alexandrie)	Liaison 160 voies, 20 répéteurs
1973	1 035	France - Maroc II (Penmarc'h - Casablanca).....	Liaison 640 voies, 92 répéteurs
1974	1 336	ARIANE France - Grèce (Marseille - Héraklion)	Liaison 640 voies, 122 répéteurs
1974	520	APHRODITE Grèce - Chypre (Héraklion-Larnaca).....	Liaison 640 voies, 45 répéteurs
1974	118	ADONIS Chypre - Liban (Larnaca-Beyrouth)	Liaison 640 voies, 10 répéteurs
1975	19	Saint-Raphaël - La Foux (France).....	Liaison 3 440 voies, 5 répéteurs
1975	509	ANIBAL France - Tunisie II (Perpignan-Bizerte).....	Liaison 640 voies, 47 répéteurs
1975	181	Algérie - Espagne (Alger-Palma).....	Liaison 640 voies, 17 répéteurs
1976	371	MARPAL France - Italie (Marseille-Palo)	Liaison 3 440 voies, 81 répéteurs
1976	104	France - Royaume-Uni (Courseulles-Eastbourne).....	Liaison 3 440 voies, 26 répéteurs
1976	11	Calvi-Ile Rousse (France)	Liaison 360 voies, sans répéteurs immergés
1976	1 200	TAT 6 France-Amérique (St-Hilaire-de-Riez - Greenhill R.I.).....	Fourniture de câbles, d'équipements terminaux à large bande et des équipements terminaux multiplex à 16 voies (3 kHz)
1977	1 460	ANTINEA Maroc-Sénégal (Casablanca-Dakar).....	Liaison 640 voies, 125 répéteurs
1977	181	Continent-Corse II (Marseille-Bastia).....	Liaison 2 340 voies, 42 répéteurs
1978	1 415	FRATERNITE Sénégal-Côte d'Ivoire (Dakar-Abidjan).....	Liaison 640 voies, 121 répéteurs
1978	821	AMITIE France-Maroc III (Marseille-Tétouan)	Liaison 2 580 voies, 168 répéteurs
1979	842	France-Libye (Marseille-Tripoli)	Liaison 640 voies, 90 répéteurs
1979	790	TAGIDE France-Portugal (Penmarc'h-Sésimbra).....	Liaison 2 780 voies, 166 répéteurs
1980	604	Côte d'Ivoire - Nigéria (Abidjan-Lagos).....	Liaison 640 voies, 53 répéteurs
1980	442	France - Algérie IV (Marseille-Alger)	Liaison 2 580 voies, 90 répéteurs
1980	630	PALMYRA Syrie - Grèce (Tartous-Héraklion)	Liaison 640 voies, 52 répéteurs
1981	1 053	ARTEMIS France - Grèce II (Marseille-Lechaïra).....	Liaison 2 580 voies, 209 répéteurs
1981	165	« TIMOR » Mer de Chine	Liaison 480 voies, 18 répéteurs
1982	1 522	ATLANTIS II Sénégal - Portugal (Dakar-Burgan)	Liaison 3 440 voies, 293 répéteurs
1982	193	ATLAS Maroc - Portugal.....	Liaison 1 680 voies, 28 répéteurs
1983	690	TAT 7 Amérique - Royaume-Uni (Tuckerton - Lands End)	Fourniture de câbles, d'équipements terminaux à large bande et des équipements terminaux multiplex à 16 voies (3 kHz)
1983	735	MERIDIAN Belgique - Espagne (Veurnes-Rodiles).....	Liaison 2 580 voies, 160 répéteurs
1983	498	DIDON France - Tunisie III (Martigues-Bizerte).....	Liaison 2 580 voies, 97 répéteurs
1984	346	Singapour - Indonésie (Singapour-Medan).....	Liaison 1 260 voies, 73 répéteurs.