

LES HOMMES et la TECHNIQUE TEMOIGNAGES

HISTOIRE des FAISCEAUX HERTZIENS
et des TELECOMMUNICATIONS par SATELLITE
à THOMSON CSF



par Philippe MAGNE
Ancien Directeur Scientifique et Technique

Seconde édition mai 2001
Association Amicale des Ingénieurs et Cadres Pré-Retraités, Retraités, Anciens de
THOMSON CSF
15 avenue de la Paix 92120 Montrouge
Tél : 01 41.48.18.78

REMERCIEMENTS

L'auteur exprime sa gratitude pour les conseils et l'aide des trois mousquetaires



Robert Caillat



René Triibes



Claude Brémenson

AVANT PROPOS

Ce récit correspond à l'histoire de la Division Faisceaux Hertiens et Liaisons Spatiales de THOMSON CSF qui naquit en 1969 au lendemain de la fusion de THOMSON et CSF. Bien avant cette date il existait une activité Faisceaux Hertiens dans les deux Compagnies mais les compétences étaient extrêmement dispersées. Les études des matériels que l'on appelle aujourd'hui Faisceaux Hertiens étaient menées au sein de Laboratoires non spécialisés et les réalisations exécutées par des ateliers communs à d'autres activités industrielles.

Les avatars de cette technique seront mieux compris si l'on retient les dates ¹ de restructurations qui influencèrent indirectement le lent processus d'intégration qui devait aboutir à une entité autonome.

- acquisition de la Société Indépendante de TSF (SIF) par la CSF en 1952.
- fusion de la Société Française Radioélectrique (SFR) avec la CSF en 1957.
- fusion de la CSF avec la THOMSON en 1968.
- cession de la Division Faisceaux Hertiens et Liaisons Spatiales à ALCATEL (Groupe CGE) en 1984.

Au cours de ce récit le lecteur sera probablement surpris de ne pas rencontrer un inventeur à qui l'on pourrait attribuer la parenté entière de ce matériel. Ce fût plutôt une oeuvre collective dont nous citerons les contributeurs à divers niveaux de responsabilité.

Quelques portraits retrouvés dans les albums de souvenirs feront revivre les époques vécues ensemble.

A mon regret des noms manqueront à cause de défaillances de mémoire impardonnables, ils méritaient d'être cités comme ceux dont j'ai pu me souvenir.

Pour mieux faire connaître le point de vue de ceux qui eurent les tâches les plus ardues, une partie de ce document donne la parole à André SILHONNET figure emblématique des CHANTIERS.

Enfin, on pardonnera au narrateur, les passages trop techniques, dus à ses anciennes responsabilités.

Ph. MAGNE Janvier 1993

¹ Le début de ma carrière à la CSF date de Septembre 1947.

PREMIERE PARTIE

	page
INTRODUCTION	3
1 DECOUVERTES et INVENTIONS FONDAMENTALES	4
2 RADIOELECTRICITE et AVENEMENT des FAISCEAUX HERTZIENS	6
3 LES PERIODES HISTORIQUES	
1931 - 1940 1937 - 1945	12
1945 - 1960	14
4 LES POLITIQUES de la CFTH et de la CSF	15
4-1 Les Départements de Recherche de CSF, GUTTON et WARNECKE	15
5 LES FAISCEAUX HERTZIENS de la CFTH	17
5-1 Les premières réalisations (1943 - 1957)	17
5-2 En 1955 un regroupement sous l'égide de Pierre CHAVANCE	19
5-3 En 1959 la création du Département Communications de Pierre Chavance	20
5-4 La période 1965 - 1970	22
6 LES PREMIERS FAISCEAUX HERTZIENS de la SFR	24
6 1 Les pionniers : Pierre RIVERE et Marcel SCHWINDENHAMMER	24
6 2 Les premières EXPORTATIONS	25
7 LES PREMIERS FAISCEAUX HERTZIENS DE LA CSF	27
7-1 En 1953 un évènement stimulant : le couronnement de la REINE d'ANGLETERRE	31
7-2 Industrie et Enseignement : Réflexions personnelles du narrateur, l'importance de publier	36
7-3 Le début de la collaboration CSF SAT SAGEM	37
7-4 Le secours de l'exportation et la célèbre affaire CABET	38
8 FUSION CSF / SFR en 1957 et CREATION du DEPARTEMENT CABLES HERTZIENS (DCH)	39
8-1 Hommage à Roger CHAUX	39
8-2 Affaires à l'exportation	40
9 1957 UN NOUVEAU COMPOSANT très IMPORTANT pour les FH : L'ATTENUATEUR UNIDIRECTIONNEL A FERRITE.	42

1960 - 1969

10	LES CHOIX des ADMINISTRATIONS	43
	10-1 Les P.T.T et le CNET	43
	10-2 La RTF	43
	10-3 Les Militaires	44
	10-4 Quelles furent les conséquences de ces choix ?	44
11	TENDANCE PERCUE EN 1960 : UNE FIABILITE EXTRAORDINAIRE EN VUE	45
12	UNE NOUVELLE DIRECTION POUR LEVALLOIS (1962)	46
	12-1 Le bond en avant : Les Faisceaux Hertziens à tres grande capacité	47
	12-1-1 Les motivations de l'accroissement de capacité	47
	12-1-2 L'étude du FH 693 à 1800 voies	47
	12-1-3 La connaissance des secrets de la modulation de fréquence	47
	12-2 La fiabilité intrinsèque des E/R améliorée par la transistorisation	49
	12-3 Que révélait l'écoute des signaux faibles ?	50
	12-4 Quelques affaires de la période 1960-1969	50
13	L'EMERGENCE DE NOUVELLES IDEES	52
	13-1 Une prise de conscience de l'aspect plus vaste du concept de Système	52
14	LES FAISCEAUX HERTZIENS MILITAIRES DE LA SFR CSF	54
15	ESPACE ET TELECOMMUNICATIONS	60
16	LA FUSION THOMSON CSF en 1968 - 1969	63
	16-1 Naissance de la Division Faisceaux Hertziens (DFH) de la THOMSON CSF	63
17	LA DIVISION FAISCEAUX HERTZIENS 1969	64
	17-1 Une Direction de l'Exploitation (horizontale)	66
	17-2 Un Service Technique des Réseaux et Chantiers (STRC)	66
	17-3 La Direction Technique DTFH et l'apport de THOMSON	67
	17-3-1 Des Laboratoires spécialisés	68
	17-3-2 Des Services Techniques	69
	17-3-3 Le Service Essais	71
	17-3-4 Un Service Formation et Notices	73
	17-3-5 En résumé à quoi se bornait le rôle du Directeur Technique	74
	17-4 La Direction Commerciale : Un nouveau style	75
	17-5 La Direction Industrielle	77
	17-5-1 Le Développement (encore appelé EDM)	77
	17-5-2 Service achats des approvisionnements	81
	17-5-3 L'ordonnancement (OLG)	82
	17-5-4 La fabrication	83

	17-5-5 Le contrôle qualité (SCQ)	83
	17-5-6 Les Devis	83
	17-5-7 Les Méthodes Générales	84
17-6	Bureau de Gestion de la Qualité	84
17-7	Autres organismes de DFH	85
	17-7-1 Direction de l'Etablissement et Gestion du Personnel	85
	17-7-2 Direction du Budget et du Contrôle de Gestion	86
1971 - 1974		
18	L'ESSOR de la DIVISION FAISCEAUX HERTZIENS	87
18-1	Faisceaux Civils en visibilité - Grandes Capacités	87
18-2	Le passé du FH 693 à 1800 voies au service du FH 750 à 2 700 voies	90
18-3	Une solution originale de THOMSON CSF pour les antennes	91
18-4	Les Faisceaux Hertziens de reportage de télévision	94
18-5	En 1974, l'acquisition de surfaces pour accroître les moyens de production : l'usine de CHERBOURG.	95
18-6	Faisceaux Hertziens Militaires et Faisceaux Hertziens Transhorizon	96
19	LE DEMARRAGE DE L'ESPACE	101
19-1	Stations Terriennes de Télécommunications	101
	19-1-1 Domaine des Petites Stations Terriennes	104
	19-1-2 Etudes qui revinrent à DFH	105
	19-1-2-1 La reprise de l'amplificateur paramétrique CGE	105
	19-1-2-2 L'optique CASSEGRAIN des grandes antennes de 32,5 m et l'alimentation périscopique	107
	19-1-3 La caractérisation des Stations Terriennes, le G/T et les différents standards	109
	19-1-4 Quelques affaires de Stations Terriennes entre 1968 et 1978	110
19-2	Charges utiles de Satellites de Télécommunications	110
	19-2-1 Contraintes et spécificités des charges utiles	112
	19-2-2 Une façon nouvelle de caractériser les satellites de Télécommunications : la PIRE	115
	19-2-3 Les premiers pas de DSP guidés par HUGHES AIRCRAFT	115
	19-2-4 Les Satellites INTELSAT et la participation de TH CSF	115
	19-2-5 Le programme SYMPHONIE	116
20	DES PROMOTIONS à la TETE de DFH	119
20-1	Une transition	121
20-2	Jean GUIBOURG et le TRANSFERT de DFHLS à ALCATEL (Groupe CGE)	121

21	DE NOUVELLES MUTATIONS TECHNOLOGIQUES et TECHNIQUES (1974 et suivantes) : l'avènement de l'Arséniure de Gallium et du "Tout Numérique"	123
21-1	Impact de la disponibilité des transistors à effet de champ à l'arséniure de gallium	123
21-2	Bilan des liaisons en Faisceaux Hertziens analogiques vers 1979	124
22	UN EFFORT DE L'ADMINISTRATION FRANCAISE DES PTT pour faire connaître les TECHNIQUES utilisées dans son RESEAU	125
1974 - 1985		
23	IMPACT de la NUMERISATION de tous les SIGNAUX	126
23-1	Origines de la numérisation de la voie téléphonique	126
23-2	MIC et multiplexage	127
23-3	Les avantages de la MIC	127
23-4	MIC et commutation téléphonique	128
23-5	Multiplex téléphoniques numériques d'ordre supérieur : les TNM	128
23-6	Numérisation de la Télévision	129
23-7	Pour les Faisceaux Hertziens numériques, QUELLE MODULATION OPTIMALE pour la PORTEUSE ?	130
23-7-1	Spectre de la modulation à saut de phase	130
23-8	Optimisation des Faisceaux Hertziens Numériques	131
23-8-1	Le filtrage du spectre de Modulation et la Régénération de la MIC	132
23-8-2	La sophistication de la modulation	133
23-8-3	La réutilisation des fréquences en polarisations croisées	135
24	COMPORTEMENT de la MODULATION NUMERIQUE dans les CONDITIONS REELES de PROPAGATION où l'INFLUENCE des TRAJETS MULTIPLES REDEVIENT PREOCCUPANTE !	137
24-1	Caractérisation de la sensibilité des Faisceaux Hertziens numériques aux trajets multiples : LA SIGNATURE	138
24-2	Les moyens de lutte contre les fadings sélectifs	
25	SYNTHESE DU SAVOIR-FAIRE NUMERIQUE vers 1980	140
25-1	Le premier Faisceau Hertzien numérique à grande capacité	140
25-2	Des objectifs encore plus ambitieux pour l'avenir	141
25-3	Moyennes et petites capacités	142
25-4	Les investigations en ondes millimétriques	144

1977 - 1985

26	L'ESSOR DES TELECOMMUNICATIONS PAR SATELLITE	147
26-1	TELECOM 1 : la mobilisation de DFH	148
	26-1-1 Charge utile du Satellite TELECOM 1	150
	26-1-2 Stations Terriennes TELECOM 1	151
26-2	Autres programmes dans lesquels THOMSON CSF fut engagé	153

	CONCLUSION	154
--	-------------------	------------

DEUXIEME PARTIE

	LES CHANTIERS par André SILHONNET	115
27	PREMIERE IMPRESSION EN GRECE	158
28	PREMIER DRAME	159
29	LE CALVAIRE DE L'ACCES AUX STATIONS GRECQUES	161
30	QUIPROQUO TURQUIE (1960 - 1964)	162
31	REVE GAULOIS DE L'HOMME EN DIFFICULTE	163
32	LES REFRIGERATEURS	164
33	L'ESPAGNE EN 1966	164
34	DE L'UTILISATION JUDICIEUSE DE LA PUISSANCE D'EMISSION DES RELAIS TRANSISTORISES (Madrid-Valence)	165
35	LE MEXIQUE EN 1968	166
36	L'IRAN (1969 - 1971)	167
37	GEORGIE et URSS (1971 - 1975)	169

PREMIERE PARTIE



INTRODUCTION

Le transport des signaux de Télévision (image et son) et les besoins croissants en circuits téléphoniques interurbains furent les motivations de cette longue épopée.

Avant l'avènement des Faisceaux Hertziens, les liaisons à grande distance et à grande capacité étaient l'apanage des câbles coaxiaux souterrains ou sous-marins avec répéteurs.

Pour les liaisons intercontinentales on utilisait aussi la propagation ionosphérique des ondes courtes et la modulation BLU/BLI pour quelques voies téléphoniques.

Dès que l'on sût que la propagation des hyperfréquences dans l'atmosphère et hors de l'atmosphère avait une grande stabilité et ne nécessitait des relais qu'entre points en visibilité à la surface de la terre :

-les convergences d'intérêts suscitèrent les efforts nécessaires.

Un autre processus de propagation des hyperfréquences basé sur les hétérogénéités de la troposphère fût aussi découvert et permit des liaisons transhorizon dont nous aurons à parler.

1 DECOUVERTES ET INVENTIONS FONDAMENTALES

L'avènement des Faisceaux Hertziens est un des aboutissements spectaculaires des progrès de la connaissance et du savoir faire en électromagnétisme dont nous allons très brièvement rappeler certains événements mutationnels.

Commençons par l'expérience réalisée par Graham BELL en 1876 le téléphone transmettant la voix humaine.

L'énergie électromagnétique qui transportait cette information se propageait en s'affaiblissant le long d'une ligne métallique (2 fils) qui la guidait depuis le micro jusqu'à l'écouteur... la portée n'était que de quelques kilomètres... avec difficulté.

Le crescendo dans le sensationnel fut la démonstration par MAXWELL (1854) et HERTZ (1888) que le VIDE propage aussi l'énergie électromagnétique.



Cela incita d'audacieux chercheurs à se lancer dans l'aventure qui consistait à transmettre des informations par ce processus étonnant



Edouard BRANLY

Edouard
BRANLY en 1890
découvrit un ingénieux
procédé, le
COHEREUR, pour
détecter le passage
d'une onde élec-
tromagnétique basé sur
la variation d'une
conductibilité élec-
trique produite par ce
passage.



Le Général FERRIE dans son laboratoire

Le Général FERRIE fit une invention d'une grande importance pratique : le détecteur électrolytique capable de faire vibrer la membrane d'un écouteur téléphonique lorsqu'une onde électromagnétique était présente.



Enfin le marquis Guglielmo MARCONI (1874-1937) réalisa en 1.899 le miracle de télégraphier sans fil (TSF) entre la FRANCE et l'ANGLETERRE (DOUVRES-CALAIS)



Parmi les pionniers citons aussi POPOV (1859-1905) inventeur de l'antenne radioélectrique et dont le nom est à l'origine d'un sobriquet par lequel les FRANCAIS désignent leurs amis RUSSES.

Sans s'étendre plus, telle fut l'oeuvre de quelques pionniers parmi d'autres de grand prestige.

Convaincus que nous reposons sur les épaules de ces géants de l'histoire, nous pouvons maintenant scruter un passé plus récent pour apercevoir les prémices des FAISCEAUX HERTZIENS.

A.S.POPOV (1859 - 1905)

2 RADIOELECTRICITE et AVENEMENT des FAISCEAUX HERTZIENS

A ce point, il faut faire un bref rappel des notions de fréquence et de longueur d'onde, la faiblesse de la première rendant compte de la grandeur de la seconde, reliées entre elles par la vitesse de la lumière puisque cette dernière est aussi une onde électromagnétique.

Aux époques reculées, la technologie ne permettait d'obtenir que des fréquences peu élevées (dizaines de KILOHERTZ) par des procédés que l'on appelait : "le poste à étincelles et les alternateurs à haute fréquence". Il s'ensuivait que la longueur d'onde était au moins kilométrique voire myriamétrique mais la portée se limitait à quelques centaines de kilomètres, malgré des puissances d'émission élevées.

Notons que l'énergie électromagnétique ainsi produite était rayonnée de façon omnidirectionnelle, tout le paysage était arrosé, l'onde était propagée au delà de l'horizon optique par le guidage du sol (SOMMERFELD 1868-1951) et finalement victime des pertes résistives du sol.

On sut, plus tard, émettre des fréquences de plus en plus élevées grâce à l'invention de FLEMING puis de LEE de FOREST (1906), 10 MHz vers 1912 et finalement les ondes courtes (OC) de 40 m puis de 10 m vers 1920.

La portée de ces ondes apparut prodigieuse à cette époque car on pouvait atteindre les antipodes par un processus identifié comme une succession de réflexions sur l'ionosphère à des altitudes comprises entre 50 km et 250 km (KENNELY, HEAVISIDE, APPLETON).

Les ondes courtes tinrent leur prestige de cet exploit réitéré maintes fois par les radioamateurs avec des puissances d'émission très faibles (quelques Watts) alors que les ondes longues (kilométriques) ne le pouvaient pas.

On constatait cependant que la propagation se "bouchait" à certaines époques de l'année, que d'autres étaient favorables, tout cela en fonction de la fréquence et des zones à contacter.

Malgré cet acquis sensationnel restait le problème de la directivité du rayonnement émis dont l'absence est une cause importante de perturbations que nous allons évoquer : il se faisait sentir un besoin "d'ondes dirigées" ² selon un aphorisme de l'époque .

Le fait d'émettre de façon omnidirectionnelle implique des trajets multiples entre émetteur et récepteur de sorte que des interférences se produisent, tantôt additives, tantôt soustractives (les plus gênantes), lorsqu'il y a opposition de phase. Il en résulte des fluctuations importantes du signal reçu, des évanouissements de plusieurs secondes ; ce phénomène prit le nom de FADING, très fréquent en ondes courtes.

En plus de cet aspect temporel, le FADING présente une sélectivité fréquentielle . Le "canal de propagation " se rétrécit par moment à quelques centaines de HERTZ seulement (la largeur de bande utilisable est d'autant plus étroite que les différences de temps de trajet sont importantes : quelques millisecondes en propagation "ionosphérique").

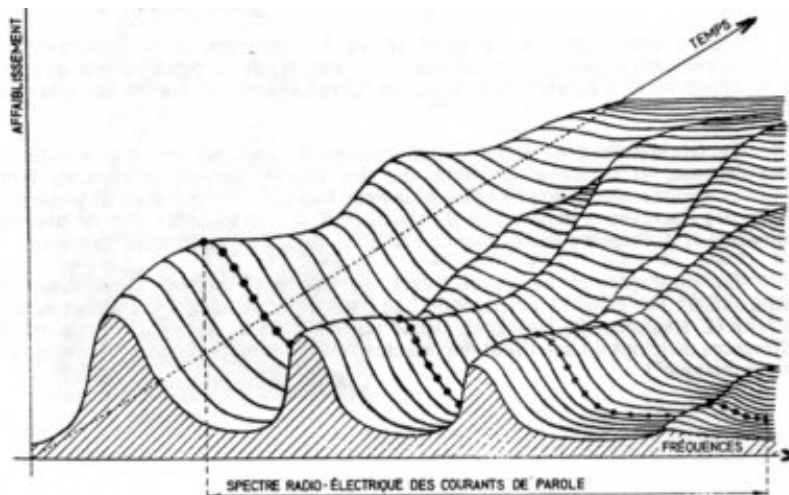
² à ne pas confondre avec les ondes guidées



Raymond WILLEM

A l'époque où Raymond VILLEM était ingénieur en chef à la SFR, il représentait le FADING dans un espace abstrait à trois dimensions dont les axes de coordonnées étaient : l'amplitude reçue, le temps, la fréquence.

L'évolution du milieu de propagation se traduisait ainsi par une surface. Cette représentation, assez parlante, est encore utilisée de nos jours. On y ajoute la phase, ou mieux, le temps de propagation de groupe (TPG), ses variations dans la bande de cohérence.



Représentation du fading sélectif

Si les possibilités offertes par les très grandes portées des ondes courtes furent énormément appréciées pour sauver les naufragés et les victimes de cataclysmes ou pour échanger des conversations diplomatiques ou militaires, il fallut cependant déchanter quant au débit d'informations ³ qu'une seule porteuse pouvait transmettre en raison de l'étranglement du canal de propagation pendant les évanouissements.

Abordons maintenant la difficulté inhérente à l'obtention d'une directivité du rayonnement.

A la lumière de ce que l'on sait aujourd'hui l'explication en est fort simple

La directivité du rayonnement dépend essentiellement de la dimension du radiateur (l'antenne) rapportée à la longueur d'onde. En ondes courtes, par exemple à 15 MHz, la longueur d'onde est égale à 20 mètres : pour obtenir une directivité de l'ordre du degré il aurait fallu déployer une antenne de longueur égale à 50 longueurs d'onde soit 1 000 m, dimension rebutante, coûteuse et incompatible avec le besoin d'une pluralité de points d'émission/réception sur un territoire habité par une population nombreuse.

De ce fait (manque de directivité), à l'ère des ondes courtes, les liaisons avaient plutôt le caractère de "point à zone".

Rendons hommage aux pionniers CHIREIX et MESNY qui comprirent le besoin de directivité et imaginèrent les premières structures capables de diriger les ondes hertziennes.



M.CHIREIX

Il fallut attendre l'avènement des hyperfréquences (1 000 MHz) vers 1931 pour obtenir des solutions satisfaisantes. Le multiple de la pratique pour exprimer la fréquence devint le GIGAHERTZ (GHz) qui vaut 1 000 MHz.

Dans les années qui suivirent on obtint plusieurs GHz. Les longueurs d'onde devenaient centimétriques. Ainsi une antenne de longueur égale à 50λ ne dépassait pas 3 m ou 4 m, dimension beaucoup plus satisfaisante pour des liaisons point à point. Les antennes pour hyperfréquences se mirent à ressembler à des projecteurs optiques à réflecteur parabolique. Rappelons que ces ondes, appelées ultracourtes à l'époque, ne sont pas guidées par le sol et ne peuvent épouser la rotondité de la terre car leur comportement quasi optique les empêche de contourner les obstacles : ceux ci les réfléchissent, c'est ce qui

³ Bande passante, largeur du canal de propagation ou de transmission, quantité d'informations transmissibles sont des notions corrélatives.

permet l'avènement du frère aîné des faisceaux hertziens, le RADAR (les Radaristes taquinaient volontiers leurs collègues des Télécommunications en disant qu'après tout un Faisceau Hertzien n'est qu'un RADAR dont l'antenne ne tourne pas !)

Dans certains cas (assez rares) la diffraction par crête de type "lame de couteau" peut être utilisée bien que provoquant un affaiblissement supplémentaire important.

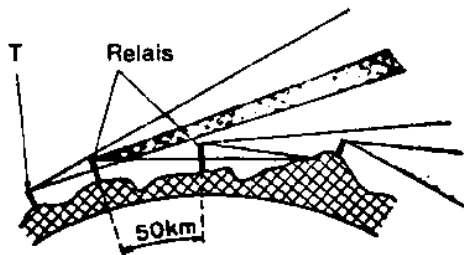
D'autre part les ondes ultracourtes traversent l'ionosphère sans difficulté qui ne les réfléchit pas (degré d'ionisation insuffisant).



TOUR HERTZIENNE

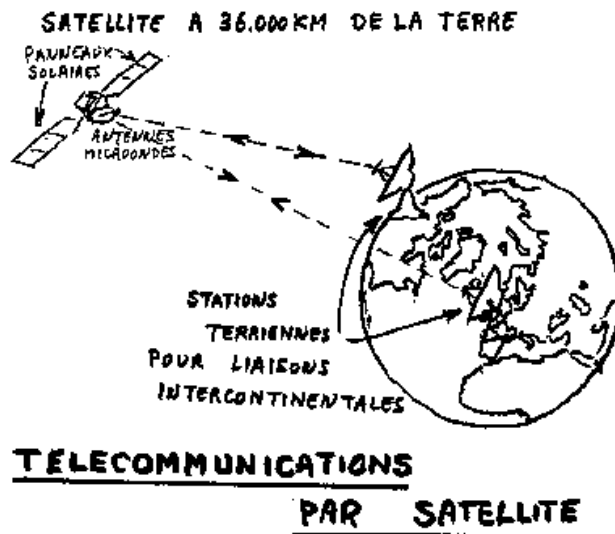
Leur propagation rectiligne restreint leur emploi à la visibilité (à partir de points hauts) ce qui implique en plus de placer les antennes au sommet de pylônes ou de tours pour échapper aux obstacles proches (pour obtenir le dégagement du premier ellipsoïde de FRESNEL). Dans cette condition leur propagation est remarquablement stable, le fading ne se produit que lorsque des conditions météorologiques exceptionnelles existent et créent des trajets multiples à l'intérieur de la zone éclairée par le lobe principal des antennes : en moyenne la probabilité est inférieure à 10^{-5} , sa durée est de l'ordre de la seconde alors que, en exagérant un peu, le fading en ondes courtes est presque permanent.

Cette propagation dans les conditions de visibilité fut beaucoup étudiée en France par Lucien BOITHIAS, Jean BATTESTI, Pierre MISME et Louis MARTIN au CNET.



T terminal
FAISCEAU HERTZIEN

Ainsi les artères terrestres réalisées en faisceaux hertziens pour des liaisons point à point se firent-elles par des successions de "bonds radioélectriques". Ces artères purent comporter jusqu'à 50 bonds et atteindre une longueur totale de 2 500 km.



Pour les télécommunications par satellite géostationnaire le problème fut peut être moins crucial encore qu'il ait pu se poser des problèmes si le trajet hertzien frôlait des sommets montagneux et naturellement si l'on désirait contacter un point au delà des antipodes suivant un méridien.

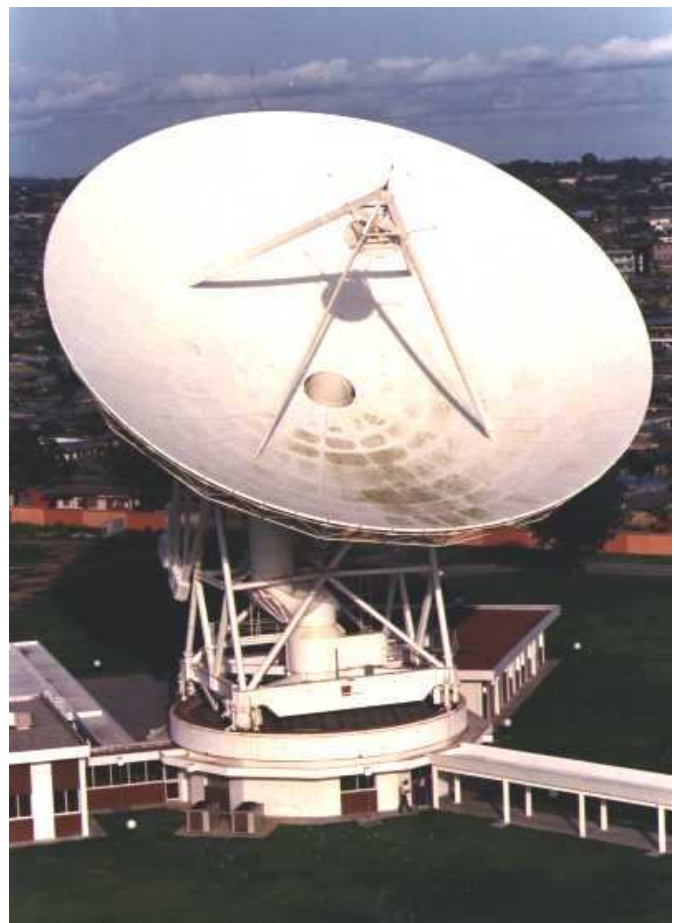
Quelle est en pratique la directivité des faisceaux hertziens ?

L'encombrement de 50 longueurs d'onde peut être retenu comme paramètre déterminant ce qui correspond à environ 1° : c'est un compromis technico-économique compatible avec la torsion des pylônes due à

différents effets tels que rafales de vent, dilatation des faces différemment exposées au soleil... etc...

Lorsqu'il s'agit de télécommunications par satellite on n'hésite pas à mettre en oeuvre de très grandes antennes, jusqu'à 30 mètres de diamètre, de sorte que l'ouverture du faisceau devient de l'ordre du dixième de degré (on notera à ce propos l'étroite parenté entre télécommunications par satellite et faisceaux hertziens quant aux problèmes fondamentaux, parenté qui ne fut pas assez rapidement perçue au sein de THOMSON CSF).

Soulignons que la focalisation de l'énergie a l'immense avantage de réduire l'affaiblissement de propagation, ou encore de permettre d'accroître la portée et en l'occurrence d'atteindre l'orbite géostationnaire à 36 000 Km au dessus de la surface de la terre.



GRANDE ANTENNE DE STATION TERRIENNE
(standard A, Douala, Cameroun)

3 LES PERIODES HISTORIQUES

1931-1940

Citons les sociétés et les réalisations qui reçurent les débuts d'une exploitation téléphonique.

En GRANDE BRETAGNE ; STC.

En ALLEMAGNE ; LORENTZ, SEL et TELEFUNKEN.

En FRANCE ; LLMT en 1934. A.G. CLAVIER, Vladimir ALTOVSKY et E. ROSTAS réalisèrent en 1937 la liaison LYMPNE-ST. INGLEBERT encore appelée CALAIS-DOUVRES à une longueur d'onde de 17 cm (1,764 GHz). Elle restera en service jusqu'en 1940.

1940-1945

C'est une période troublée par la deuxième guerre mondiale.

En 1945 la situation en Europe était la suivante:

En ALLEMAGNE, les destructions de la guerre étaient considérables, les déménagements d'usines vers l'URSS et l'expatriation d'ingénieurs qualifiés allaient paralyser les laboratoires. LORENTZ avait cependant construit un équipement 10 voies à 1 300 MHz. TELEFUNKEN avait construit un équipement RUDOLF dans la bande 500 à 600 MHz. Rappelons qu'après 1945 l'emploi des hyperfréquences avait été interdit à l'Allemagne par les Alliés. Par la suite elle put commencer à les utiliser dans la bande des 2 GHz.

En ITALIE, MAGNETI MARELLI et FACE avaient construit des équipements 6 et 9 voies téléphoniques.

En ANGLETERRE, malgré les bombardements de LONDRES, les laboratoires n'étaient pas restés inactifs et avaient construit des équipements à 8 voies téléphoniques.



M. Maurice Ponte,
Directeur du département des lampes de la S.F.R.

En FRANCE, entre 1937 et 1940 des pionniers s'attaquaient à maîtriser la technique hyperfréquence : guides d'ondes, cavités résonnantes, antennes, tubes à modulation de vitesse, klystrons, magnétrons... etc...

à LLMT, A.G. CLAVIER, Vladimir ALTOVSKY,
E. ROSTAS,

à la CSF, Maurice PONTE, Henri GUTTON,
Robert WARNECKE.

Lorsque vint la guerre puis l'occupation, les équipes françaises furent totalement coupées de leurs collègues étrangers. Pour autant, l'activité ne cessa pas, mais elle s'accomplissait dans l'ombre pour ne pas informer l'occupant, avec l'espoir qu'un monde meilleur viendrait et qu'il fallait le préparer.

Signalons qu'à la fin de la guerre il avait été cédé à la FRANCE, dans le cadre du plan MARSHALL, quelques matériels PHILCO qui permirent d'établir quelques liaisons urgentes tant la pénurie de moyens de transmission était grande.

En 1945 la situation aux USA était toute différente.
Le rôle du BELL SYSTEM (BELL LABS, WESTERN ELECTRIC) fut fondamental. Dès 1941 les Bell Labs étudièrent un équipement à 160 MHz et en 1943 l'ATT fabriquait un 8 voies téléphoniques en impulsions à 1,5 GHz et 4 GHz et commençaient à appliquer la modulation de fréquence universellement adoptée par la suite.



Harold Trap FRIIS
1893-1976

C'est en 1945 que l'ATT installa le faisceau hertzien NEW YORK-PHILADELPHIE à 3,3 GHz qui transmettait quelques voies téléphoniques et un programme de radiodiffusion musicale par double modulation de fréquence.

La liaison NEW YORK-BOSTON lui succéda, équipée du matériel TDX de capacité égale à 100 voies téléphoniques. Ces travaux annonçaient le grand essor en 1949 des faisceaux hertziens aux Etats Unis avec le TD2 dans la bande 3,8 à 4,2 GHz avec 6 canaux de 240 puis 480 voies téléphoniques. Dès 1950, 12 000 kilomètres de faisceaux hertziens étaient installés puis, en 1951, la liaison NEW YORK-SAN FRANCISCO qui comprenait 107 relais. On notera que l'amplificateur d'émission de ces matériels était équipé de TRIODES à disques scellés (4 étages procuraient 23 dB de gain et un niveau de sortie de 1 WATT).

En 1948 le BELL SYSTEM TECHNICAL JOURNAL publiait le magnifique travail accompli par les ingénieurs Américains et ne cessa de le faire par la suite ce qui aida considérablement les Européens à reconstruire leur réseau de télécommunications.

Citons quelques articles:

Microwave Repeater Research
par H.T. FRIIS (BSTJ Avril 1948)

The TD2 Microwave Radio Relay System
par A. A. ROETKEN, K. D. SMITH et R. W. FRIIS (BSTJ Octobre 1951)

Engineering Aspects of the TH Radio Relay System
par J. P. KINZER et J. F. LAIDIG (BSTJ novembre 1961)

TD3 Microwave Radio Relay System
par S. D. HATAWAY, W. G. HENSEL, D. R. JORDAN, R. C. PRIME (BSTJ Septembre 1968)

TH3 Microwave Radio System
par R. M. JANSEN et R. C. PRIME... etc... (BSTJ Septembre 1971).

1945-1960

Ce fut une période de travail acharné pour que l'industrie Européenne et bien sûr Française retrouvent leur compétence. A cette époque on s'efforçait de satisfaire au plus vite les besoins nationaux.

Le souci d'indépendance, hérité des années de guerre, avait induit une politique de style "tous azimuts" avec l'ambition de tout savoir faire, tant en composants qu'en assemblages de matériels.



4 LES POLITIQUES de la CFTH et de la CSF

Elles étaient nuancées de façon différente au sein de ces sociétés qui constituent aujourd'hui l'entité THOMSON CSF mais qui n'étaient pas encore fusionnées à cette époque.

CFTH disposait d'un accord de licence avec la General Electric Company Américaine depuis 1919 et utilisa les brevets de cette compagnie jusqu'en 1970.



Henri GUTTON



Robert WARNECKE

Quant à la CSF, beaucoup plus chauvine, elle avait décidé de rester très indépendante de l'étranger tout en ayant des accords de brevets bilatéraux acceptés par ses partenaires en raison de ses efforts très importants de recherches.

Les partenaires étaient : RCA, TELEFUNKEN, MARCONI et WESTERN ELECTRIC.

4-1 Départements de Recherche de la CSF GUTTON et WARNECKE (G et W)

En 1945 les départements G et W situés 23 rue du MAROC à PARIS se consacraient aux fondements des hyperfréquences et en particulier aux tubes.

En 1951 le savoir faire de la compagnie fut publié dans un ouvrage préfacé par Maurice PONTE :

TUBES à MODULATION DE
VITESSE

par R. WARNECKE et P. GUENARD
(Gauthier-Villard 1951 55 quai des
grands Augustins PARIS)

Le département W eut le bonheur de s'attaquer à la délicate mise au point du TUBE à ONDES PROGRESSIVES (TOP) ⁴ qui avait été inventé quelques années plus auparavant par Rudolph KOMPfNER (GB) et perfectionné par J. R. PIERCE.(USA).

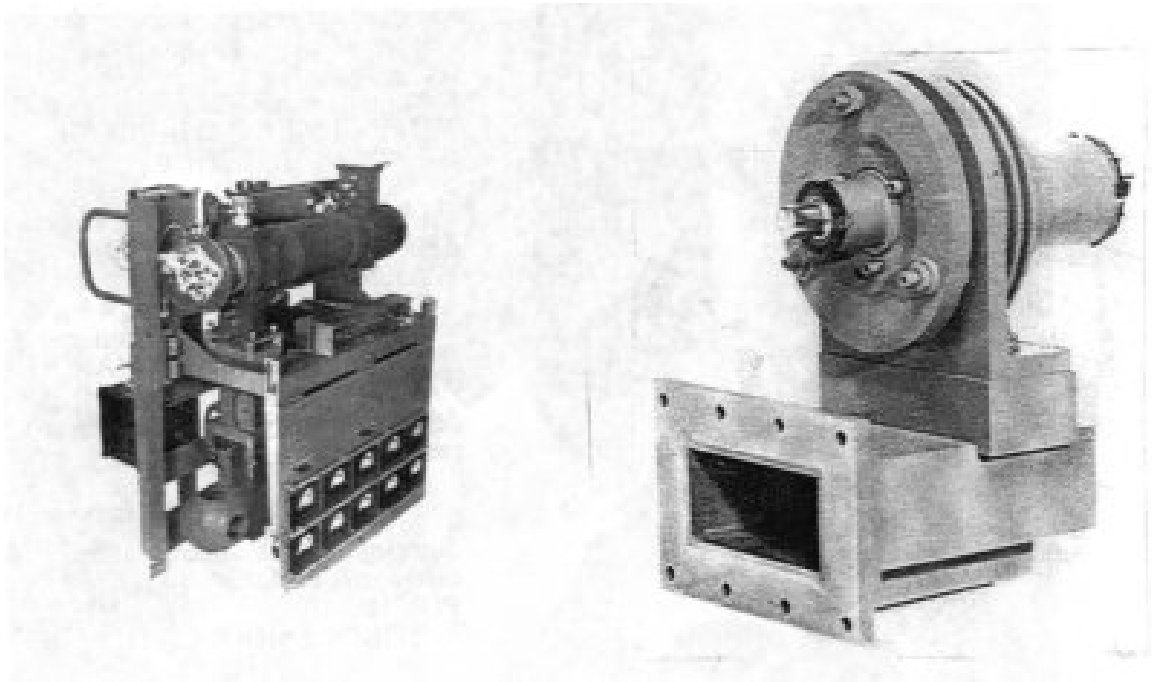
Hommage doit être rendu à R. WARNECKE, P. GUENARD, W. KLEEN, O. DOEHLER, H. HUBER et L. BRUCK.

⁴ Le TOP se révéla comme un tube ayant un extraordinaire facteur de mérite, lequel se définit comme le produit du gain par la bande passante (pour le TOP ; 1 octave).

Ce fut le point de départ d'une compétence qui sauva plus tard la FRANCE d'une hémorragie de devises s'il avait fallu importer ces TUBES lorsque leur emploi se généralisa, tant pour les faisceaux hertziens terrestres que pour les charges utiles de satellites de télécommunications.

L'acquisition de ce savoir faire eut une conséquence d'une extrême importance puisque la CSF devint plus tard exportatrice de TOP spatiaux dont l'INTELSAT put bénéficier.

Cette exportation se fit sous l'impulsion vigoureuse de Bernard LEVI.



Amplificateur à Tube à Ondes
Progressives
TOP 851

Klystron reflex KR 73

5 LES FAISCEAUX HERTZIENS de la CFTH

5-1 Les premières réalisations (1943-1957)

Elles ont été réalisées au sein du département RADIO EMISSION par le service "Modulation de fréquence".

Ce département dirigé par Emmanuel P. COURTILLOT fut chargé par les PTT d'étudier un faisceau hertzien dans la bande des 170 MHz qui devait transmettre le signal multiplex issu du célèbre "six voies MARZIN" destiné à l'origine aux lignes métalliques.

Pour la petite histoire, on notera qu'à cette époque les premiers essais se firent avec un multiplex à porteuses non supprimées : il en résultait que le spectre de modulation était déjà saturé pour transmettre une quantité d'information nulle !

On porta heureusement rapidement remède à ce défaut en modifiant le multiplex selon le principe de la porteuse supprimée.

La conférence d'ATLANTIC CITY en 1947 modifia les attributions de fréquence, la bande des 170 MHz dut être abandonnée au profit de la bande 460 à 470 MHz.



Roger GOUBLIN

On créa le "câble hertzien" TH 957 pour cette bande qui fut vendu en différentes versions tant sur le marché national qu'international pendant la période 1950-1955.

C'est à cette époque que Roger GOUBLIN devint chef du service Modulation de Fréquence.

La CFTH prit conscience à cette époque que le faisceau hertzien était d'un poids assez maigre dans un réseau téléphonique et souhaita, pour augmenter son chiffre d'affaire, réaliser aussi la partie "multiplex".

On embaucha Jean ILTIS en 1953 qui avait acquis une compétence en téléphonie et en courants porteurs à la CIT, sa présence renforçait la position CFTH. Plus tard, Jean ILTIS eut des responsabilités beaucoup plus importantes dont on reparlera.

Les autres ingénieurs étaient Maurice COLLIGNON, Jean DUBOIS, Claude MICHAUD, BONARIA et Boris FOSTOFF.

Quels furent les clients du TH 957 ?

- La Marine Nationale pour les liaisons entre le Ministère et les centres Emission/Réception : les signaux transmis étaient téléphoniques et télégraphiques, destinés au monde entier... La Marine était ainsi totalement indépendante pour ses transmissions.

- L'Armée de Terre.

- A l'exportation, les PTT Espagnoles qui utilisèrent le TH 957 entre ALGESIRAS et CEUTA pour traverser le détroit de GIBRALTAR.



Jean ILTIS

Par ailleurs la CFTH, solidement implantée dans le domaine des émetteurs de Radiodiffusion, était sollicitée pour réaliser les liaisons studio-émetteur que l'on souhaitait de très haute qualité. Une version dérivée du TH 957 fut réalisée dans ce but et installée en CROATIE sur 3 bonds entre les studios de ZAGREB et l'émetteur en ondes moyennes de RIJEKA (côte Dalmate).

Il en fût de même en GRECE dans la région d'ATHENES.



Vladimir ALTOVSKY



Jacques LAPLUME

Que se passait il en hyperfréquences ?

Un peu plus tard la CFTH, en concurrence avec la CSF à cette époque, se vit attribuer la commande d'un faisceau hertzien destiné à la TELEVISION.

Ce fut le tout jeune LABORATOIRE DE RECHERCHES EN HYPERFREQUENCES créée par Vladimir ALTOVSKY qui en fut chargé. Il s'agissait de relier en trois bonds la TOUR EIFFEL au BEFFROI de LILLE.

L'étude fut confiée à Jacques LAPLUME et la fréquence de 1 GHz ($\lambda = 30$ cm) fut choisie compte tenu de l'état de l'art à cette époque.

Je me souviens encore d'avoir pris connaissance avec admiration d'un compte rendu à l'Académie des Sciences, rédigé par Jacques LAPLUME, faisant mention d'une condition pouvant rendre linéaires en phase les circuits sélectifs de couplage entre étages d'amplification : il s'agissait d'un "maximally flat" en temps de propagation de groupe (TPG) assez analogue à celui d'amplitude de BENNET et DARLINGTON (1939).

Les idées de Jacques LAPLUME furent publiées dans l'ONDE ELECTRIQUE d'août-septembre de l'année 1951.

Malheureusement cette condition ne pouvait satisfaire à la fois l'amplitude et la phase et l'on préféra par la suite les filtres "maximally flat" en amplitude corrigés en TPG par des cellules "passe-tout" déphaseuses.

Jacques LAPLUME mena à bien cette première réalisation qui fit la preuve du savoir faire naissant de la FRANCE dans le domaine des faisceaux hertziens.

Dès 1951 Sania SCHIRMANN dont nous aurons à reparler fut associé à ce premier PARIS-LILLE. On peut trouver la description des équipements dans l'ONDE ELECTRIQUE d'avril-mai 1952.

En 1953 les moyens d'étude furent partagés comme suit ; Roger GOUBLIN fut chargé des faisceaux hertziens en Modulation de Fréquence et Jacques BOIVIEUX des faisceaux hertziens en Impulsions.

5-2 En 1955 un regroupement sous l'égide de Pierre CHAVANCE



Pierre CHAVANCE

L'organisation mise en place par Pierre CHAVANCE donnait :

- à Jacques CHAUMERON assisté de Claude MICHAUD la responsabilité des faisceaux hertziens militaires transportables et des faisceaux hertziens à impulsions. Citons quelques matériels destinés à la SEFT : le "CABLE HERTZIEN de l'AVANT" (CHA) dans la bande 70 à 125 MHz de capacité égale à 4 voies téléphoniques, le "CABLE HERTZIEN de CAMPAGNE" (CHC) dans la bande 50 à 600 MHz en 4 sous gammes de capacité 24 voies téléphoniques.

- à Jean ILTIS les faisceaux troposphériques. En ALGERIE la liaison BOUGIE-BENI MANSOUR (85 kilomètres en région montagneuse) fut négociée... entre les PTT d'ALGERIE, M. TREBIAT et, pour la CFTH, Edouard GUIGONIS, Pierre GUEGANIC et Jean ILTIS.

Le matériel TFH 949 avait une puissance d'émission de 1 kW, une capacité de 24 voies et fonctionnait en double diversité avec des antennes de 6 mètres de diamètre. Il fut mis en service en 1957. Etudes, développement et installation étaient de la responsabilité de Boris FOSFOFF et Jacques PELLERIN.



Lucien BOITHIAS (CNET)

De 1957 à 1962 le réseau des PTT Algériens fut complété par les liaisons : CONSTANTINE-TEBESSA, KENCHELA-MEDEA, LAGHOUAT-GHARDAIA, OUARGLA-ORAN et COLOMB BECHAR-HAMMAGUIR.

Signalons aussi qu'à cette époque Lucien BOITHIAS, François du CASTEL, Jean BATTESTI et Pierre MISME du CNET menaient des campagnes de mesures de



Jacques PELLERIN

propagation au delà de l'horizon au SAHARA avec la participation de la CFTH : Jacques PELLERIN et François KERBRAT en étaient chargés (exploration de 5 000 km de liaisons)

En 1961 François du CASTEL (CNET) publia un ouvrage intitulé :

PROPAGATION TROPOSPHERIQUE ET
FAISCEAUX HERTZIENS
TRANSHORIZON
(Chiron PARIS)

5-3 En 1959 la création du Département Communications de Pierre CHAVANCE

Ce département naquit dans le cadre de la DIVISION Radiodiffusion Télévision Télécommunications de la CFTH dirigée par de la BOULAYE.

La nouvelle organisation confiait les activités faisceaux hertziens à Jean ILTIS lequel répartit les responsabilités comme il suit :

- les faisceaux civils à Boris FOSTOFF,
- les faisceaux militaires à Claude MICHAUD.

Par la suite Jean ILTIS sut faire évoluer ses collaborateurs en les changeant d'affectation tout en préservant une organisation qui s'imposait par la spécificité du métier.

En 1962 les responsabilités devinrent les suivantes :

- les faisceaux civils à Stéphane BONHOFF,
- les faisceaux militaires à Boris FOSTOFF,
- une nouvelle activité, les faisceaux spéciaux, à Claude MICHAUD.



Nhu BUI HAÏ

En plus trois laboratoires spécialisés furent créés :

- les antennes à Nhu BUI HAÏ,
- les amplificateurs à grande puissance à Pierre MENDELSON,
- les Hyperfréquences à l'"état solide" à Michel RUPPLI.

Cette organisation développa le THC 954 dans la bande 830 à 960 MHz de capacité égale à 60 voies téléphoniques en propagation troposphérique.

Ce matériel avait comme particularités :

- un amplificateur d'émission 1 kW à tétrode céramique,
- un récepteur avec, pour la première fois, un amplificateur paramétrique en tête,

-une diversité d'ordre 4.

La version TFH 960 dérivée du THC 954 avait un amplificateur d'émission de 10 kW lequel avait été développé par la CGE au laboratoire de MARCOUSSIS par M MANDEL. Avaient participé à l'étude du TFH 960 : Daniel GIRARD et M. PELLETIER.

A la même époque l'équipement du réseau Algérien se poursuivait : liaison ORAN-ALGER-BONE en THC 960

Au MOZAMBIQUE, dans un climat subtropical fut installée une liaison de 1 000 km entre LOURENCO-MARQUES (MAPUTO) et BEIRA en 3 bonds dont 2 troposphériques de 405 et 440 km avec le matériel THC 954 associé à des antennes paraboliques de 18 mètres.

Des liaisons entre îles furent également réalisées : MURUROA-HAO (190 Km), aux ACORES, à la MARTINIQUE, à la GUADELOUPE .. etc..

Au GABON, citons la liaison LIBREVILLE-PORT GENTIL

Les contrats concernant ces liaisons avaient été obtenus par une vigoureuse action commerciale due à SIMOTTEL, LEJEAN et LIGNAC.

En ce qui concerne les faisceaux hertziens militaires, le CHA (déjà cité) était fabriqué pour les armées Française et Belge.

Pour le CHC (déjà cité), la SEFT et le STTA ⁵ coordonnaient les études de la CFTH et de la SAT représentée par Marc LIGER, et une gamme supplémentaire 600 à 900 MHz fut introduite.

Pour le réseau d'infrastructure de l'Armée de l'Air l'étude du matériel "MERCURE" était partagée avec la SAT représentée par Jacques DOCKES et la société TRT représentée par André LAURENS et Jean Daniel KOENIG.

Les caractéristiques du MERCURE étaient les suivantes :

- bande 4 400 à 5 000 MHz,
 - capacité 300 voies téléphoniques,
 - puissance d'émission 1 kW par un amplificateur à klystron développé par la CFTH,
 - amplificateur paramétrique en réception,
 - diversité quadruple,
- antennes paraboliques de 6 et 10 mètres de diamètre.

Dans une gamme de fréquences beaucoup plus élevées (12,75 à 13,25 GHz) la SEFT lança l'étude d'un matériel QRTH 43 pour des liaisons courtes de 10 à 25 km.

Les responsables étaient Boris FOSTOFF, François BURGUIERE, MONTEIL et DELAITRE. L'action commerciale était du ressort de Robert SIMOTTEL, Michel LAFFAIRE et Jean PIOLET.

Quelle était l'activité du service "Faisceaux hertziens spéciaux" dirigé par Claude MICHAUD?

Ce service avait pour mission de créer un matériel de transmission pour les mesures de durées extrêmement brèves effectuées lors des expérimentations nucléaires.

La bande passante devait être extrêmement large, et l'équipement, de technologie "tout à l'état solide"

En outre le service faisceaux hertziens spéciaux étudiait des équipements de multiplexage pour le déport d'informations RADAR.

Un mot de l'activité des laboratoires spécialisés.

⁵ Les ingénieurs d'armement étaient François LE MENESTREL (SEFT) et Jacques CLAVIER (STTA).

Le laboratoire ANTENNES de Nhu BUI HAÏ étudiait les grandes antennes pour faisceaux hertziens troposphériques et les antennes particulières pour faisceaux hertziens militaires. Il utilisait, lorsque cela était nécessaire, les moyens et compétences du centre de BAGNEUX où se trouvaient M TARJUS, Serge DRABOVITCH, Jean SALOMON et WARNERY.

Le laboratoire d'Amplificateurs à grande puissance était animé par Pierre MENDELSON et M. DELAITRE. Il étudiait les amplificateurs pour liaisons troposphériques et utilisait, lorsque cela s'avérait nécessaire, les moyens et compétences du département DRT dirigé par Marcel GUERINEAU et en particulier le service de Roland DEPAILLAT.

Enfin le laboratoire des hyperfréquences à l'état solide de Michel RUPPLI développait des sources d'hyperfréquences, des amplificateurs paramétriques et à diode tunnel. Ce laboratoire collaborait souvent avec le centre de recherches de BAGNEUX et avec HUGHES AIRCRAFT.

5-4 La période 1965-1970

Le département Communications devint la DIVISION TELECOMMUNICATIONS et Jean MENARD fut désigné comme directeur.

L'activité fut répartie en 5 secteurs dont le secteur FAISCEAUX HERTZIENS. Chaque secteur comprenait des services techniques, un bureau d'études et un atelier de maquettage prototype.

A l'occasion de la mise en place de cette organisation les faisceaux hertziens spéciaux furent regroupés avec les faisceaux hertziens militaires.

Le secteur Faisceaux Hertziens eut à effectuer le suivi des fabrications des matériels CHA, CHC, TH 13. Commençaient aussi à cette époque les préétudes du FH MODULAIRE (dont nous aurons à reparler) lequel était destiné à remplacer les CHC et CHA. Ces études, très importantes pour l'avenir, étaient menées par Boris FOSTOFF et François BURGUIERE en collaboration avec la SAT où les responsables étaient Marc LIGER et M. FRANCOIS. Elles aboutirent à un contrat avec la SEFT en 1969.

Quelles étaient les autres études?

On développait le THC 955 troposphérique fonctionnant dans la bande 830 à 960 MHz, d'une capacité de 120 voies téléphoniques avec une puissance d'émission de 1 kW, des récepteurs équipés de préamplificateurs à faible bruit à transistors hyperfréquence et d'une quadruple diversité ! Le THC 955 fut installé par Jacques PELLERIN sur la liaison FRANCE-PORTUGAL entre ARTZAMENDI et SERRA NOGUEIRA (490 km). Etant donné la très grande longueur du bond il fut nécessaire d'utiliser un amplificateur de 10 kW fourni par la CGE et des antennes paraboliques de 27 m de diamètre qui pesaient 110 tonnes pour résister à un vent de 220 km/H.

Le THC 955 devait également équiper les 6 bonds (longueur moyenne de 500 km) du MATO GROSSO (BRESIL) d'une longueur totale de 3 300 km : la plus grande liaison troposphérique du monde (installée aussi par Jacques PELLERIN et Daniel GIRARD).

Les autres activités concernaient ;

- le réseau RITTER pour le CDETAT, réseau d'infrastructure pour l'Armée de Terre,
- le THC 905 fonctionnant dans la bande des 7 GHz, de capacité égale à 300 voies téléphoniques ou un canal de télévision,

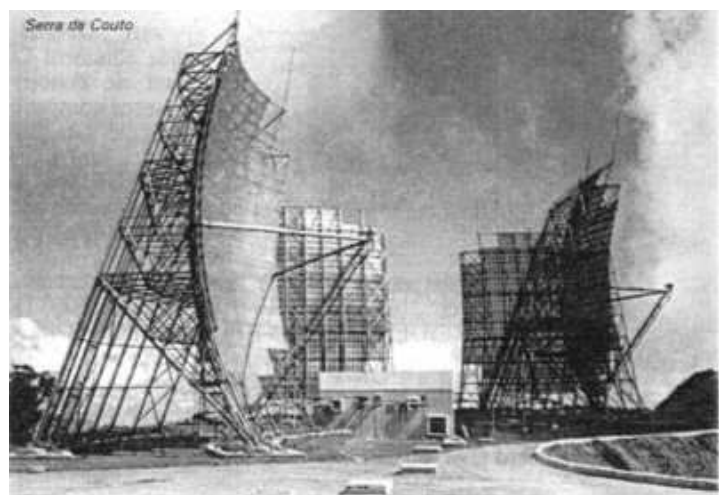
-le THC 906 de plus faible capacité (60 voies téléphoniques) conçu pour être le faisceau auxiliaire du THC 905.

Ces matériels furent installés sur le réseau CHIAPAS au MEXIQUE.
Toutes ces études étaient conduites par Stéphane BONHOFF, Daniel GIRARD, PELLETIER et Jacques PELLERIN.

L'exportation au MEXIQUE et au CHILI était vigoureusement soutenue par Roger VIAL.

Brésil

Avec le réseau EMBRATEL du MATTO GROSSO (3 600 km en 11 bonds) le Brésil possède le plus grand réseau hertzien à diffusion troposphérique du monde fourni par THOMSON-CSF, également responsable d'autres grandes liaisons entre RIO, SAO PAULO et BRASILIA pour le contrôle du trafic aérien



6 LES PREMIERS FAISCEAUX DE LA SFR

A la libération (1945), la SFR située 55 rue GREFFULHE à LEVALLOIS disposait d'un potentiel technique suffisant pour développer ce qu'elle appelait les liaisons multiplex pour plusieurs voies téléphoniques transmises sur une même porteuse radioélectrique.

6-1 Les pionniers : Pierre RIVIERE et Marcel SCHWINDENHAMMER

Les pionniers avaient à leur tête Pierre RIVIERE, les études étaient réparties de la manière suivante ;

- Pour l'émission : Marcel SCHWINDENHAMMER, Roger BAYOT et Jean MAILLET,
- Pour la réception : DECHAMP, DEDIEU et Guy SINGLAS.

L'équipe ainsi constituée expliquait clairement comment était formé le signal multiplex par l'une des deux méthodes : répartition en fréquence (courants porteurs) ou répartition dans le temps (impulsions) et comment on modulait la porteuse.

Jean Pierre VASSEUR déduisait des recommandations du CCITT les spécifications que devaient satisfaire les équipements radioélectriques, voir :

LES FAISCEAUX HERTZIENS A COURANTS PORTEURS DEVANT LES
RECOMMANDATIONS DU CCIF par J. P. VASSEUR
Annales de Radioélectricité janvier 1954

Il imaginait les meilleures approches théoriques pour concevoir les faisceaux hertziens.



Pierre IZARD

L'organisation, à cette époque, prévoyait que le développement industriel des "ébauches" réalisées à LEVALLOIS devait être confié à l'USINE de PROVINCE de CHOLET. Celle-ci avait, à son tour, créé, un Service Technique Multiplex dont Pierre IZARD était le chef. Il eut à embaucher : LANDREAU, GUENE, René CHEZE et Pierre DEJEAN et plus tard Pierre OGER ainsi qu'Elie OGER comme technicien.

Pierre IZARD relate dans un petit historique comment LEVALLOIS et CHOLET, travaillant de concert tentaient d'obtenir des performances compatibles avec les exigences de la Téléphonie. Les difficultés étant très grandes, le personnel, tant à CHOLET qu'à LEVALLOIS ne ménageait pas sa peine, débordant les horaires normaux, acceptant le travail de nuit pour tenir les délais promis aux clients.

Les premiers essais en vraie grandeur se firent en ondes métriques et entre LEVALLOIS et un CENTRE de la DIRECTION DES SERVICES RADIOELECTRIQUES (DSR) des PTT situé à PONTOISE.

Guy SINGLAS relate comment on évaluait la DIAPHONIE en chargeant les voies téléphoniques par des signaux provenant de "tourne-disques" de parole et combien les premières mesures étaient décevantes : diaphonie à -20 ou -30 dB alors que l'objectif était -60 dB.

Avec humour, il raconte que les disques portaient des enregistrements très sérieux de "l'Aiglon", d'"Esther" et d'"Athalie"... Les tirades étaient très belles mais à entendre des dizaines et des dizaines de fois "Est ce toi chère Elise Ô jour trois fois heureux" ou encore "Et sa chute fit dans l'air un foudroyant sillon" le moral des troupes finissait par gravement fléchir, seule la diaphonie respirait une mauvaise santé inébranlable !



Guy SINGLAS

Pierre RIVIERE ayant analysé la gravité de la situation approvisionna d'autres disques : les "Vignes du Seigneur", "César et Marius" qui remontèrent le moral des combattants... mais hélas la diaphonie eut une réponse que l'on prête généralement à la "Marine Française".

Les premières liaisons en ondes métriques en exploitation par la DSR. permettaient de dépasser la visibilité optique par diffraction mais elles souffraient de trajets multiples : ce fut, en 1947, la liaison Continent Corse. Le trajet GRASSE-CALENZANA de 205 km dont 55 km de non-visibilité était exploité en 24 voies téléphoniques sur 3 m de longueur d'onde. A cette époque cette réalisation apporta une amélioration considérable dans le délai pour obtenir un circuit entre la Corse et le Continent : 1 heure avant installation de cette liaison, 1 minute après !

Guy SINGLAS rapporte que lors de la première communication les grands chefs (PTT/DSR et SFR) voulurent se rendre compte de la qualité de transmission et firent de l'écoute téléphonique interdite (après 45 ans, aujourd'hui, il y a prescription libératoire pour ce délit). Ce fut un brave épicier qui engagea la conversation le premier et s'étonna qu'ayant commandé 20 camemberts sur le Continent il en ait reçu 200 ! Cela se passait au mois d'août 1947 et le bateau avait plusieurs jours de retard... il paraît que la conversation, colorée de l'accent Corse d'un côté et de l'accent du Midi de l'autre, valait bien les meilleurs passages de César et autre Escartefigue.

La liaison Continent Corse fut donc inaugurée sous le signe du camembert. Elle préfigurait la liaison GRASSE - LA PUNTA à 24 voies, premier maillon de l'artère FRANCE-AFRIQUE DU NORD via la SARDAIGNE qui fut ensuite réunie au ROME -CAGLIARI.

Jacques BERTRAND et Bernard GORY assuraient la liaison commerciale avec la DSR.

La liaison définitive fut inaugurée en présence du Ministre des PTT M. FERRI et du Ministre de la MARINE M. GAVINI et en présence de Maurice LHERMITE Directeur des Services Radioélectriques des PTT et Jacques GASTEBOIS Directeur des PTT d'ALGERIE (octobre 1953).

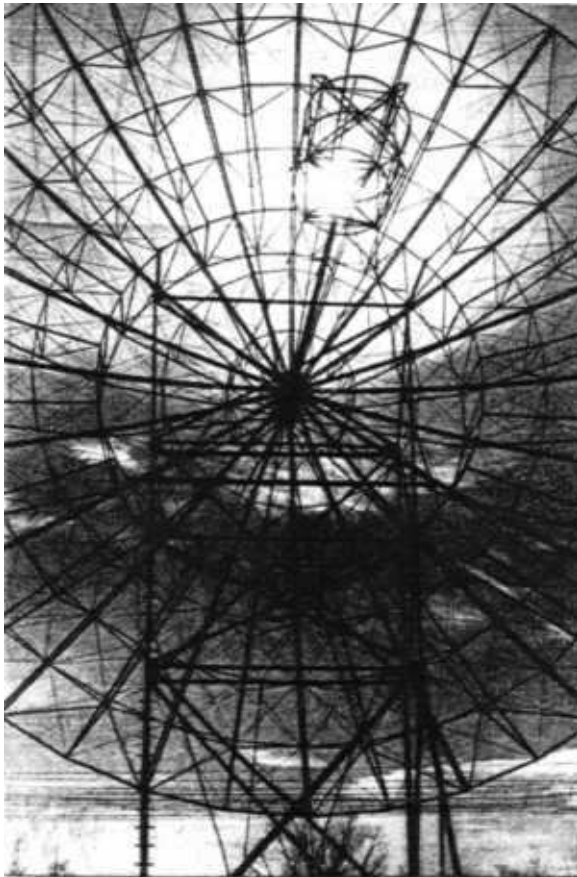
6-2 Les premières EXPORTATIONS

Après furent construits les matériels pour DAKAR-RUFISQUE et PRAGUE-BRNO (ces derniers, pour la TCHECOSLOVAQUIE, ne furent jamais installés).

En 1948-1949 l'installation de la liaison Italienne ROME-CAGLIARI (PONTE RADIO) dut se faire avec comme seul moyen de transport les chevaux élevés dans la région. D'après Guy SINGLAS, ces braves chevaux avaient comme particularités :

- de ne parler que le Sarde,

- de ne monter les pentes que très lentement,
- de descendre les escarpements sans tenir compte des sentiers ni, bien sûr, des cavaliers,
- d'être harnachés de selles de bois.



Antenne parabolique de 16 m initiative de Jean MAILLET pour améliorer les liaisons en ondes métriques au Mexique (installée par Jean DEVOL)



Jean MAILLET

Citons maintenant le matériel FH 650 étudié par LEVALLOIS et CHOLET, construit par SFRA. (à ALGER), matériel à tubes de capacité 36 voies, fonctionnant dans la bande 160 à 180 MHz, de puissance d'émission comprise entre 50 Watts et 1 kilowatt et associé à des antennes panneaux à 8 dipôles. L'installation était de la responsabilité du service SMC de LEVALLOIS, Christian LARRIU en était chargé.

Ce matériel équipa la liaison TANANARIVE, ANTSIRABE, AMBOSITRA, FIANARANTSOA à MADAGASCAR, la liaison BUEA, DOUALA, EDEA, YAOUNDE au CAMEROUN, la liaison LA PAZ, LOS MOCHIS et la liaison VILLA HERMOSA, CHETUMAL au MEXIQUE.

En 1952 la SFR réalisa la liaison DIJON, STRASBOURG en 3 bonds écoulant 60 voies téléphoniques sur une porteuse de 250 MHz.

Toutes les liaisons qui viennent d'être citées fonctionnaient en modulation de fréquence.

Les investigations de la SFR concernaient aussi la modulation impulsionnelle : amplitude, durée et position. Elles furent effectuées à des fréquences plus élevées (2 000 à 3 000 MHz), obtenues par des triodes hyperfréquence ou des magnétrons.

A ces fréquences, la visibilité optique était impérative. Une liaison remarquable pour l'époque fut celle empruntant le trajet AFOURER, BINEL OUIDANCE (MAROC 1951) qui faisait usage de deux réflecteurs passifs pour palier l'absence de visibilité directe entre les deux extrémités du bond radioélectrique.

7 LES PREMIERS FAISCEAUX HERTZIENS DE LA CSF



Pierre BRAILLARD

Maurice PONTE

Le département G d'Henri GUTTON 23 rue du Maroc à PARIS s'était entièrement consacré aux hyperfréquences comme nous l'avons déjà mentionné, plus particulièrement aux matériels, et oeuvrait en symbiose avec le département W de Robert WARNECKE chargé des tubes à modulation de vitesse : klystrons et tubes à ondes progressives si importants pour les faisceaux hertziens.

Cet ensemble qu'on jugerait aujourd'hui modeste quant aux effectifs ⁶ fut le creuset de Maurice PONTE scientifique prestigieux et capitaine d'industrie sachant endosser de lourdes responsabilités financières et humaines. (il fut un des premiers au monde à prouver la diffraction des électrons prévue par Louis de BROGLIE).



Yves LE POLLES

C'est en 1948 que l'Administration Française des PTT se décida à confier à la CSF l'étude et la réalisation d'un matériel baptisé malicieusement "CABLE HERTZIEN" GDH 101 par Maurice PONTE (les câbliers, pour de bon, ont dû se sentir visés). C'était probablement une façon de débouter les détracteurs des faisceaux hertziens, convaincus qu'ils étaient que les fluctuations de la propagation des ondes radio étaient incompatibles avec la TELEPHONIE, ayant conservé en mémoire le fading des ONDES COURTES ou encore mal informés de l'excellente propagation des hyperfréquences dans les conditions de visibilité.

On peut comprendre "l'allergie" à "l'hertzien" de certains responsables des Télécommunications quand on sait leur hantise des conséquences des variations de l'équivalent de transmission : gain ou affaiblissement entre les accès d'un circuit téléphonique qui peuvent provoquer, dès que l'on dépasse certaines limites, l'amorçage "des circuits à deux fils".

⁶ 800 personnes environ. C'était la belle époque où Yves LE POLLES était le chef du personnel de cet ensemble, tâche délicate dont il s'acquittait avec bonne humeur malgré les souffrances qu'il endurait dues aux séquelles de graves blessures de guerre.

Plus tard, les CABLES HERTZIENS prirent le nom patronymique plus convenable de FAISCEAUX HERTZIENS.

Dans les pays anglo-saxons on disait :

MICROWAVE RADIO RELAY SYSTEM
ou plus simplement MICROWAVE LINK.

Les responsables des PTT qui accordèrent leur confiance à la CSF faisaient partie d'un organisme (le SRCT) qui fusionna plus tard avec le CNET

Il s'agissait de : Pierre MARZIN, René SUEUR et Louis Joseph LIBOIS.

Du côté de la CSF les contrats commerciaux étaient négociés par un talentueux directeur commercial René JACQMIN. Les recherches étaient dirigées par Henri GUTTON assisté par Daniel GROBOIS qui avait à concilier l'inconciliable : la gestion, les réalisations acrobatiques des laboratoires, la tenue des délais toujours de plus en plus tendus.

Henri GUTTON partagea le travail comme il suit :

- l'étude des Emetteurs Récepteurs au service de Jean HUGON qui comprenait, pour les faisceaux hertziens, Henri FAMILIER, Paul GENY et Philippe MAGNE lequel consacra par la suite toute sa carrière aux faisceaux hertziens. La suite de cette histoire sera mieux comprise si l'on sait qu'ayant été embauché sur avis favorable de Maurice PONTE, lorsqu'il enseignait à l'Ecole Supérieure d'Electricité, Maurice PONTE m'avait vivement conseillé de choisir les études et développements des faisceaux hertziens pour ma carrière (1949).



Henri GUTTON Philippe MAGNE

- l'étude des filtres hyperfréquence et des antennes au service de Jean ORTUSI dont faisait partie Jean Claude SIMON qui fut, à cette occasion l'auteur d'une antenne directive très originale basée sur une lentille électromagnétique inédite. Il publia ce travail dans un article intitulé :

UN NOUVEAU TYPE DE LENTILLES EN
HYPERFREQUENCES
par J. C. SIMON (ONDE ELECTRIQUE
Avril/Mai 1952).

Victor BIGGI eut à mettre au point la lentille et à relever tous les diagrammes de rayonnement.

Georges BROUSSAUD fut rattaché à ce service et apporta une contribution importante à ces premières réalisations.

Jean Claude SIMON m'expliquait, à l'époque, que le calcul des filtres méplats (maximally flat) résultait des racines 2 nièmes de -1 , perpétuant ainsi les miracles des nombres complexes. Jean Claude SIMON et Georges BROUSSAUD publièrent :

LES FILTRES PASSE-BANDE EN
HYPERFREQUENCES
Annales de Radioélectricité Janvier 1953

Auprès d'Henri GUTTON, Maurice PONTE avait détaché le Professeur Jacques FAGOT (ESE) pour la coordination.

L'objectif était un matériel à 4 GHz ($\lambda = 7,5$ cm) groupant 3 canaux sur les mêmes antennes et pouvant transmettre 240 voies téléphoniques ou la télévision sur chaque canal par modulation de fréquence. Le signal modulant (bande de base) provenait d'équipements à courants porteurs de l'époque ou d'une caméra de télévision. On dirait aujourd'hui que le système était du type FDM/FM (initiales anglo-saxonnes de Frequency Division Multiplex / Frequency Modulation).

Pour l'expérimentation et un début d'exploitation l'itinéraire PARIS-LILLE fut choisi : cette liaison devait comporter 4 relais intermédiaires situés au BOIS de MOLLE, à BELLEUSE, à L'ARBRET et à BOUVIGNY.

Les maquettes du matériel furent expérimentées sur un bond provisoire qui utilisait un pylône au BOIS de MOLLE en attendant que la tour fut construite et un centre d'essais d'antennes situé à CORMEILLES en PARISIS, un ancien fort de la guerre de 1870.⁷



Jean Claude SIMON



Georges BROUSSAUD

⁷ C'est dans ce fort que j'eus à subir un badinage assez drôle ; un soir, assez pressé, je retrouvai ma SIMCA 5 (un luxe à cette époque) sur la terrasse des antennes, me demandant comment j'avais pu la garer dans un tel endroit.



L'équipe du département G chargée des faisceaux hertziens
 CORMEILLES en PARISIS de gauche à droite
 PASSE, FESSARD (tech.), J. C. SIMON, V. BIGGI, Ph. MAGNE, WATSON (tech)
 H. GUTTON, D. GROBOIS, J. FAGOT, J. HUGON, P. BRAILLARD
 (remarquer un vestige : le poteau télégraphique)

C'est là que je fis mes premières armes sur le terrain après 4 ans de LABORATOIRE (1947-1951) en mettant en service cette liaison expérimentale bouclée sur elle même au BOIS de MOLLE, ce qui me permettait d'effectuer les mesures probatoires à CORMEILLES plus proche de PARIS. Lorsque le matériel commença à fonctionner tant en téléphonie qu'en télévision, Maurice PONTE convia une centaine de journalistes pour constater l'événement au grand émoi des tubistes du Département W (comme je l'appris plus tard) qui n'avaient pas encore une grande confiance dans leurs TOP.

Mon inexpérience fit que je n'émis aucun doute sur l'opportunité de cette démonstration : pourtant quel énorme risque avais je pris, sans le savoir ! J'étais heureusement aidé par une petite équipe de techniciens expérimentés : JULIARD, WATSON, FESSARD, PASSE.

7-1 En 1953 un événement stimulant : le couronnement de la REINE d'ANGLETERRE

Le coup d'envoi fut donné en se fixant comme objectif la transmission télévisuelle du couronnement de la REINE ELISABETH II D'ANGLETERRE qui devait avoir lieu le 2 juin 1953.

Redoutable défi tant sur le plan technique (pour l'époque) que sur le plan industriel avec un délai extrêmement tendu. Daniel GROSBOIS y impliqua tout son dévouement et sa foi dans la réussite, pour moi ce fut l'ardeur de la jeunesse et la chance de participer à une très grande première.

Ainsi la République Française allait-elle rendre hommage à la traditionnelle Angleterre dans l'ambiance de l'entente cordiale toujours renouvelée.



M. Maurice PONTE, Directeur Général de la Compagnie Générale de Télégraphie Sans Fil

Ce défi était certainement très cher à Maurice PONTE dont l'épouse, née Nelly ANDREWS était originaire du Pays de Galles ! (Origine confirmée aimablement par sa fille Nicole).

Le signal vidéo était fourni par la BBC au MONT CASSEL (près de LILLE), transmis par un faisceau hertzien Anglais.

Vu l'enjeu considérable de la réussite, Jean Claude SIMON avait imaginé une très grande antenne (dizaine de mètres) fonctionnant en ondes métriques qui fut construite sur place, au MONT CASSEL, pour permettre la réception directe de l'émetteur VHF de LONDRES (le récepteur grande distance avait été réalisé par Victor BIGGI). Il s'agissait de disposer d'un secours d'une absolue sécurité si la liaison Anglaise par faisceau hertzien subissait un fading trop important dû à la présence de la mer ou encore si elle venait à défaillir.

D'autre part, comme il n'existait pas encore de TOUR HERTZIENNE à MEUDON, on avait improvisé un terminal à CORMEILLES en PARISIS. La liaison entre CORMEILLES en PARISIS et l'émetteur de TELEVISION de l'ORTF à PARIS se faisait avec un tout nouveau matériel de reportage TM 110 à KLYSTRONS reflex 7 GHz développé par Joseph POLONSKY éminent spécialiste de télévision. La cheville ouvrière en fut Edmond SAFA.

Ce premier matériel de reportage fut construit à plus de 1 000 exemplaires par l'usine CSF de CHOLET.

Il fut le point de départ d'une importante gamme de matériels développés et transistorisés plus tard par la Division Faisceaux Hertiens de THOMSON CSF

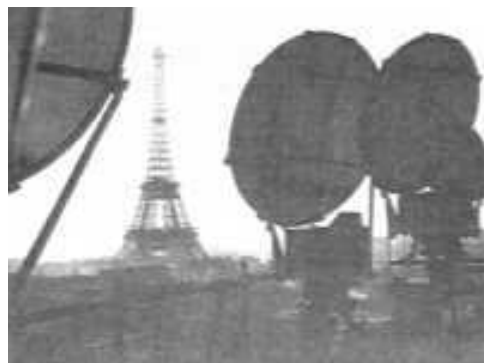
4 000 E/R furent exportés dans 85 pays.



Joseph POLONSKY, Directeur Technique du Département Etudes Télévision de CSF.



Relais mobile de Télévision TM 110





Marc GOLLIET



Rambert DUCROT



André DENIS

Ajoutons à cela l'énorme effort industriel qu'une société récemment acquise par la CSF, la Société Indépendante de TSF (la SIF fondée en 1920), dut déployer pour tenir les délais de fabrication de la liaison PARIS-LILLE.

Le département matériel de la SIF était dirigé par Marc GOLLIET et les ateliers par un directeur industriel, Rambert DUCROT, qui s'impliqua entièrement dans cette tâche avec un exemplaire esprit d'équipe. Un de ses adjoints, Louis PRUNIER, assurait le lancement de la production dans les conditions d'ordonnancement et de rigueur que l'on imagine.

Pour que tous les transferts techniques et industriels entre le Département G et la SIF se fassent au mieux, Henri GUTTON avait détaché à la SIF un de ses chefs de service, André DENIS, qui eut la pleine responsabilité des réglages et des mises en service, ce dont il s'acquitta avec une remarquable efficacité et un dévouement exemplaire. L'amitié et la confiance qui existaient entre André DENIS et Philippe MAGNE avaient motivé cette décision.

André DENIS embaucha à cette époque Sania SCHIRMANN (auparavant à la CFTH) pour superviser les essais en usine dans des locaux situés dans l'ex usine CHARLIN et Henri Marcel JASSIN pour les mises en service et recettes en station PTT



Gaston SAINT ESPRIT

La SIF avait également un département TUBES dirigé par Gaston SAINT ESPRIT. Il eut à fabriquer les klystrons KR 73 et les TOP 851 ainsi que les pentodes 404-A à haut facteur de mérite pour amplificateur à fréquence intermédiaire (105 MHz). Ces tubes bénéficiaient d'une innovation très intéressante pour l'époque ; ils étaient fermés par un procédé à poli optique qui évitait efficacement l'empoisonnement de la cathode.

L'équipe tubes comprenait Roger JOANNAIS, Jean PONTVIANE et Pierre MEUNIER.

Pour la petite histoire, les délais étaient tellement tendus que les dérapages de dernière heure nous avaient contraints à faire usage de l'air comprimé qui provenait d'un marteau piqueur pour refroidir l'anode des TOP 851 de la station du BOIS de MOLLE. On

imaginera sans peine l'émoi du département WARNECKE lorsqu'il apprit la chose et sut l'énorme quantité de vapeur d'eau qui pénétrait dans le focalisateur, risquant d'endommager les premiers tubes qui avaient été si difficiles à construire !

Mais la chance fut avec nous et tout fonctionna à merveille au moment du couronnement, grâce surtout à une fine équipe de techniciens chargés de juguler les velléités des TUBES A ONDES PROGRESSIVES : SAUTAREL, LE SCORNEC, SCIAUX, DAERON, FROLICH, KEBABTCHIEFF, WATSON, BOIVIN et FESSARD. Ajoutons aussi quelques noms ⁸ qui avaient préparé les matériels en usine : LEPRISE, NAULOT, BERNABEL, DELPLANQUE, BROTHELANDE...

Rendons aussi hommage au dévouement du personnel des PTT

Pour cette liaison exceptionnelle et quelques autres les contacts commerciaux avec les PTT était assurés par Edouard. WEYGAND.

Le seul incident qui donna à l'Ingénieur Général des PTT René SUEUR une sacrée "sueur" froide fut une panne du secteur électrique, conséquence imprévisible d'un accident de la circulation : un camion avait percuté un pylône EDF quelques minutes avant l'instant solennel. Fort heureusement René SUEUR avait prévu l'imprévisible et donné en conséquence des instructions à ses services pour qu'un groupe électrogène se substitue au réseau EDF en cas de panne : ce secours fut efficace, néanmoins l'EDF rétablit sa fourniture dans un délai extrêmement bref.

⁸ Peut être ai-je oublié d'autres noms qui auraient tout autant mérité d'être cités... à mon grand regret...



TOUR HERTZIENNE ET LENTILLES HYPERFREQUENCE DE JEAN CLAUDE SIMON



Jacques VERREE (CNET)
ensuite PARIS-LYON-MARSEILLE (10 bonds).

Cette première mise en service fut aussi le début de la carrière de Jacques VERREE qui devint, plus tard, Ingénieur Général des Télécommunications : ce baptême du feu ne fut pas de tout repos mais l'enthousiasme. Sa compétence s'affirma si bien qu'il fut élu en 1974 Président de la Commission d'Etudes 9 du CCIR chargée des faisceaux hertziens. La France fut honorée par cette élection et profita d'une excellente référence pour son exportation.

La carrière du GDH 101 ne devait pas s'arrêter là ; de 1952 à 1954 furent installés PARIS-STRASBOURG (10 bonds) dont la mise en service devait coïncider avec la transmission télévisuelle de la Messe de minuit dans la cathédrale de Strasbourg et

Ces artères furent ensuite transférées à un organisme des PTT pour l'exploitation et qui s'intitulait " LIGNES A GRANDE DISTANCE (LGD).

Jean ICOLE fut le chef du Service Faisceaux Hertiens des LGD et, plus tard, ce fut Robert TARZE.

Ces artères avaient nécessité d'énormes travaux d'infrastructure car les PTT avaient choisi de placer les équipements au sommet de tours ⁹ pour réduire les pertes des feeders en les raccourcissant au maximum.

A cette époque, le personnel d'exploitation et de maintenance logeait avec sa famille dans des logements situés dans les tours, solution favorable pour la continuité du trafic et qui résolvait pour ces privilégiés la crise du logement de l'immédiat après guerre.

L'investissement des tours se révéla plus tard extrêmement bénéfique lorsqu'il fallut faire face à l'augmentation énorme du trafic (il décupla plusieurs fois) en utilisant plusieurs bandes de fréquence sur les mêmes artères.

Après cette grande aventure du GDH 101 s'instaura une période un peu creuse à la CSF, période pendant laquelle le Centre National d'Etudes des Télécommunications (CNET) décida d'étudier dans ses propres laboratoires le GDH 102 à 120 voies dans la bande des 4 GHz.

On notera que, si nous étions un peu oubliés par l'Administration des PTT, des crédits gouvernementaux étaient affectés à la RTF qui s'empessa de faire étudier par nos confrères de TRT des faisceaux hertziens spéciaux de télévision alors qu'il aurait été possible d'utiliser une même génération de matériels indifféremment pour la téléphonie et la télévision comme cela venait d'être prouvé par la CSF

7-2 Industrie et Enseignement : Réflexions personnelles du narrateur, l'importance de publier

Pendant la période de creux que nous venons d'évoquer Jacques FAGOT invita Philippe MAGNE à rédiger, en tant que coauteur, un ouvrage consacré à ;

LA THEORIE DE LA MODULATION DE FREQUENCE.

Le professeur sut convaincre son ancien élève de l'opportunité de cette publication, lequel se mit au travail sans bien se rendre compte de la charge que cela représentait en plus de son laboratoire... mais l'enthousiasme y était !

A cette époque la haute Direction de la CSF, sous l'impulsion de Maurice PONTE soutenait de tels efforts en les publiant, ce qui était la mission de la Société Française de Documentation Electronique SFDE.

Dans le même temps Louis Joseph LIBOIS rédigeait aussi un livre qui fut préfacé par Pierre MARZIN alors Directeur du CNET.

Ainsi sortirent deux ouvrages complémentaires dans les années 1958 et 1959.

Le livre de Louis Joseph LIBOIS faisait suite à un certain nombre de travaux du CNET publiés par Michel TOUTAN, Jacques DOCKES, Marcel THUE... etc... /

1958 FAISCEAUX HERTZIENS et SYSTEMES DE MODULATION
par Louis Joseph LIBOIS
(Editions CHIRON 40 rue de Seine à PARIS 6ème)

1959 LA MODULATION DE FREQUENCE, THEORIE ET APPLICATION AUX
FAISCEAUX HERTZIENS
par Jacques FAGOT et Philippe MAGNE.
préface de Roger AUBERT Directeur Général Technique de la CSF
(Société Française de Documentation Electronique 101 bis boulevard Murat à PARIS 16ème).

⁹ On était en pleine Guerre froide, le parapluie supérieur des tours avait à supporter l'installation d'un canon de défense anti-aérienne. La tour du BOIS de MOLLE en eut un pendant plusieurs années.



Jacques FAGOT

Robert DUPRE était le Directeur de cette Société dont la mission était l'édition de la collection des ANNALES DE RADIO-ELECTRICITE de la CSF

Cet ouvrage fut traduit en Anglais et édité par PERGAMON PRESS (OXFORD) en 1961... 3 000 exemplaires furent vendus.

D'autres traductions furent faites : Espagnole par l'université de MEXICO en 1965, U.R.S.S. (1964), Editia VARSOVIA (1965).

Avec le recul je confesse combien ce travail de rédaction me fut salutaire et m'obligea à dépasser la routine quotidienne... un grand merci à Jacques FAGOT pour cette incitation.

C' est ainsi que j'acquis le goût de l'enseignement et fus sollicité de consacrer une partie de mon temps à l'INSTITUT SUPERIEUR D'ELECTRONIQUE de PARIS dont le Directeur était l'Abbé Jean VIEILLARD de la même promotion de l'X que Louis Joseph LIBOIS.

Plus tard Jacques FAGOT me confia l'héritage de

son cours à l'ECOLE SUPERIEURE D'ELECTRICITE et j'eus encore à rédiger un polycopié concernant les Faisceaux Hertiens et les Télécommunications par Satellite. Cette activité d'enseignant à temps partiel dans la bonne tradition de la CSF me permit de participer à l'embauche de jeunes ingénieurs choisis parmi les meilleurs élèves et d'enrichir les effectifs de la CSF puis de la THOMSON CSF

7 3 Le début de la collaboration CSF SAT SAGEM

Entre 1955 et 1960 un nouveau matériel devait naître, plus conforme aux recommandations du CCIR (Plan de fréquences 3,8 à 4,2 GHz et qualité de transmission) : le GDH 103.

Le partage de la réalisation du matériel se fit sur la base de 1/3 pour la SAT et 2/3 pour la CSF

Pour le GDH 103 le département WARNECKE étudia un nouveau Tube à Ondes Progressives focalisé par un aimant permanent, de sigle TOP 920, qui pouvait délivrer 2 Watts. Sa fabrication fut confiée au Département Lampes de la SIF de Gaston SAINT ESPRIT : Jean PONTVIANE et Pierre MEUNIER en étaient chargés.

Initialement la capacité était de 300 voies téléphoniques par canal et il équipa : PARIS-ROUEN-CAEN-RENNES-NANTES (1956).

La capacité fut ensuite portée à 600 voies puis à 960 voies par la CSF , le matériel prit alors le nom de FH 687 et équipa PARIS-NANCY, RENNES-BREST et PARIS-LYON.

A cette époque Bernard POELLE s'affairait à régler les filtres de branchement hyperfréquence, sa grande taille lui jouait parfois de mauvais tours lorsqu'il heurtait de la tête les structures portantes de ces filtres qui se vengeaient cruellement de cet outrage ! (souvenir de HOLLANDE)

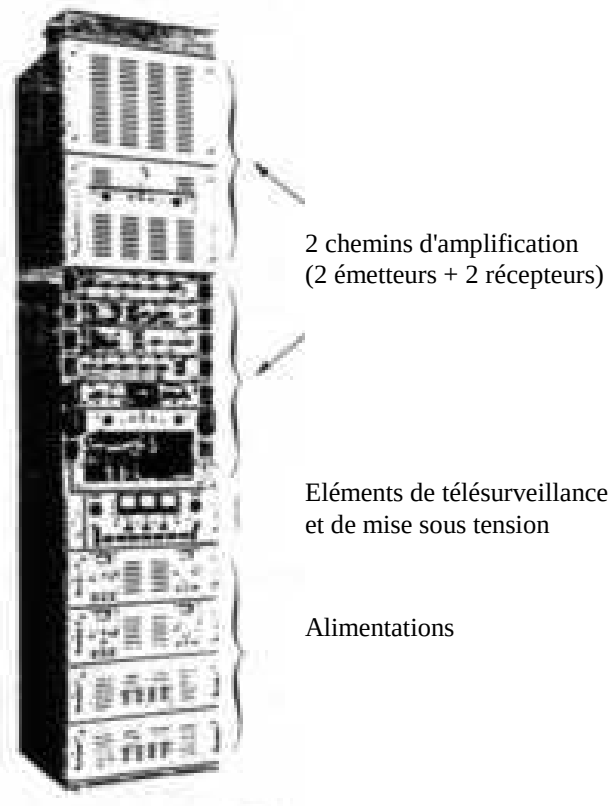
7 4 Le secours de l'exportation et la célèbre affaire CABET

Les commandes Françaises connaissant une période de vaches maigres, la CSF , pour sauver son activité faisceaux hertziens dut cibler son activité commerciale sur l'exportation.

Une analyse du marché international montrait trois usages principaux pour les faisceaux hertziens :

- les réseaux de transmission des programmes de télévision,
- les réseaux de transmission de la téléphonie à grande distance (contrairement à la tendance "câbles enterrés" en FRANCE),
- les réseaux de transmission associés aux pipe-lines et gazoducs (clients : sociétés de pétrole).

Citons une grande réussite de cette stratégie, l'affaire CABET pour l'URSS ; CABET formé d'après les initiales de KROUTCHEV et BOULGANINE. La CSF eut à livrer un grand nombre d'équipements FH 687 pour relier MOSCOU à SVERDLOVSK (Jacques MOULUN était le Chef d'Affaire).



8 FUSION CSF/SFR en 1957 et CREATION du DEPARTEMENT CABLES HERTZIENS (DCH)

Cette fusion fut précédée d'un accord de partage du domaine des faisceaux hertziens basé sur la capacité en voies téléphoniques et la fréquence porteuse :

- à la SFR les moyennes capacités en ondes métriques et décimétriques,
- à la CSF les grandes capacités en ondes centimétriques et millimétriques.

Ce partage était cohérent avec les options de recherche et de développement des deux sociétés.



Michel BLAISE

Le cheval de bataille de la SFR était le FH 625 à 120 voies fonctionnant dans la bande des 2 GHz ($\lambda = 15$ cm).

Au service de Marcel SCHWINDENHAMMER et pour ce matériel, un ingénieur de talent, Michel BLAISE, avait imaginé un procédé de modulation de phase très linéaire (loi en Arc Tangente utilisée au voisinage du point d'inflexion) qui tenait des spécifications de linéarité compatibles avec les Recommandations des CCI. On avait beaucoup de mal à les tenir à cette époque par d'autres procédés.

Michel BLAISE avait par ailleurs participé à toutes les autres études des matériels FH de la SFR : FH 610, FH 650, FH 631... et les MX.

Les travaux de la SFR firent l'objet de publications :

DESCRIPTION ET PARTICULARITES DU MATERIEL A MODULATION DE FREQUENCE FH 610

par M. SCHWINDENHAMMER
Annales de Radioélectricité avril 1957.

LIAISON DE SURVEILLANCE SFR TYPE VS 611

par M. BLAISE
Annales de Radioélectricité janvier 1958.

A ce point, il faut citer une personnalité qui contribua en tant que précurseur à l'exportation des Faisceaux Hertziens.

8-1 Hommage à Roger CHAUX



Roger CHAUX

Il fut embauché en 1946 par la SFR et fut affecté en 1951 au service MULTIPLEX... ingénieur d'un potentiel intellectuel peu commun. Pressentant l'avenir international de cette activité et comprenant que la vente ne serait possible qu'en répondant avec précision et exactitude aux appels d'offres il s'enquit avec méticulosité des spécifications que les Administrations Etrangères déduisaient (1952) des Recommandations du CCIR.

Il prit, au siège, la Direction des Ingénieurs Commerciaux (IC). Roger CHAUX fut celui qui initia les IC à la pratique des "PICOWATTS", unités assez mystérieuses à l'époque pour les débutants en téléphonie et à l'application de cette notion au calcul des liaisons dans les conditions du Circuit Fictif de Référence du CCIR (longueur de 2 500 kilomètres)



René ANASTAZE



Roger BAYOT



Pierre OGER

Sa grande culture linguistique (5 langues) lui permit d'effectuer une promotion efficace des matériels.

Vers cette époque, Jacques BERTRAND participait à de nombreux projets de FH (CABET, ARGENTINE...) sous la direction de Roger CHAUX.

8-2 Affaires à l'exportation

Un appel d'offre international lancé par la TURQUIE fut remporté en proposant le FH 625. Il nous fut attribué grâce à l'action commerciale de Pierre DESGREES DU LOU ; la prospection en fut effectuée par François HOUDARD.

En ARGENTINE on remporta celui lancé par YACIMIENTOS PETROLIFEROS FISCALES (YPF) avec l'action commerciale d'Henry PORRA.

A propos de l'ARGENTINE, rendons hommage à Henry PORRA Colonel de l'Armée de l'Air Française qui se consacra au commerce avec l'Amérique Latine et assura un brillant avenir à notre société dans cette région.

L'action commerciale en ARGENTINE fut soutenue plus tard par Jean LALANNE et la filiale CSF ARGENTINA.

Cette période de l'histoire des Faisceaux Hertiens ne peut être évoquée sans citer la contribution enthousiaste et dévouée de Pierre ARIFON et de son bras droit, Jean MAILLET. On leur doit d'avoir imaginé une installation en cuves enterrées du FH 631, premier matériel transistorisé fonctionnant sur piles et étudié par Pierre OGER à CHOLET. Il fonctionnait dans la bande 156 à 174 MHz et avait une capacité de 6 voies téléphoniques. Il fut installé en 1962-1963 le long du parcours de l'oléoduc de la TRAPSA (ZARZAITINE-MEDITERRANNEE) entre IN AMENAS et LA SKHIRRA (725 km) dont l'Ingénieur Conseil était André PLUCHARD (CNET).

Revenons au FH 625, les appels d'offres ayant été gagnés il ne restait plus qu'à construire le matériel, l'installer, le faire recetter... la Société apprit son métier avec douleurs... comme il se

doi

Le chantier d'ARGENTINE fut confié à René ANASTAZE qui fit une brillante carrière dans ce pays en créant une filiale et à Roger BAYOT qui en fut la cheville ouvrière compétente (CSF ARGENTINA).



André SILHONNET

Pour le chantier de TURQUIE, ce fut André SILHONNET qui fut désigné ; il avait été formé par les chantiers de GRECE (1956-1958) en installant le FH 610 à 400 MHz de capacité 60 voies téléphoniques. Sania SCHIRMANN fut envoyé en renfort en TURQUIE pour négocier les recettes qui étaient difficiles.

André SILHONNET eût, par la suite, de grandes responsabilités d'installation des nouveaux matériels et devint chef du Service Après Vente, promotion des plus méritée et choix extrêmement judicieux de la personne connaissant le mieux les installations à l'étranger et les clients. Son humour et son sens des hommes lui permirent de soutenir le moral de ses troupes. Certains se souviendront d'un télégramme daté d'un 31 mars (au lieu du 1^{er} avril) qui fit grand bruit à Levallois par lequel notre chef de chantier proposait l'embauche d'une esthéticienne pour résoudre certains problèmes techniques des plus

déliçats !

Roger CHAUX fut promu Directeur du Département Câbles Hertzien (DCH) de la CSF SFR en 1959 et, plus tard DCH devint DFH Cette promotion, des plus méritées, confère à Roger CHAUX le privilège d'avoir été le premier fédérateur de l'activité Faisceaux Hertzien au sein de la CSF SFR

En 1961 je rejoins Roger CHAUX en qualité de Chef du Service Technique de DCH pour lui prêter main forte car de grandes mutations techniques se préparaient comme nous allons le voir.

Le responsable commercial était Marcel GAZAN et la gestion de DCH était assurée par Jacques BERTRAND.



Jacques BERTRAND

9 1957 UN NOUVEAU COMPOSANT très IMPORTANT pour les FAISCEAUX HERTZIENS : L'ATTENUATEUR UNIDIRECTIONNEL A FERRITE

Ce composant apportait une solution à un problème jusqu'alors mal résolu, à savoir l'adaptation des extrémités des longs feeders responsables des échos préjudiciables à la modulation (retard d'écho pouvant atteindre une centaine de nanosecondes). Pour minimiser la distorsion qui résultait de cet écho le seul remède était d'adapter au mieux les feeders et de faire la chasse aux réflexions parasites (on retrouve ici la hantise des trajets multiples). Rappelons que la qualité d'une adaptation est caractérisée par le rapport d'ondes stationnaires (ROS) ou encore par l'affaiblissement d'adaptation qui est l'affaiblissement entre l'onde incidente et l'onde réfléchie : il manquait souvent de 10 à 20 dB pour satisfaire les spécifications.

Vers 1956-1957 apparut un nouveau composant capable d'améliorer considérablement l'affaiblissement d'adaptation, de gagner les 20 dB nécessaires sans perdre d'énergie utile (au plus 0,1 à 0,2 dB) : ce fut un soulagement considérable pour les concepteurs de Faisceaux Hertziens.

Ce composant prit le nom d'atténuateur unidirectionnel à ferrite : il était basé sur un effet non réciproque obtenu par un ferrite polarisé par un champ magnétique issu d'un aimant permanent.

Les premiers furent réalisés par Jean ROBIEUX que Jean Claude SIMON avait embauché pour la constitution de son laboratoire.

Citons aussi les travaux de Leo THOUREL à la CSF publiés dans un ouvrage intitulé :

DISPOSITIFS A FERRITE POUR MICRO-ONDES

par Leo THOUREL

Masson et Cie Editeurs 1969 - 120 Brd Saint Germain à PARIS 6ème.



B VALLANTIN

Plus tard, un Département de Ferrites Hyperfréquences fut constitué au sein de la THOMSON CSF, dirigé par B. VALLANTIN., son commerçant était Jean Claude BERLOU.

Il avait pour mission de réaliser tous les dispositifs à ferrite dont la société avait besoin. En plus des isolateurs, ce département réalisa les circulateurs qui jouèrent un rôle très important dans la structure des branchements de canaux de faisceaux hertziens sur les accès des antennes.

Nota : les travaux scientifiques sur le ferromagnétisme à la base des applications des ferrites sont d'origine Française : GUILLAUD (1943), NEEL (1948), BERTAUT et FORRAT (1956), d'après l'ouvrage de Leo THOUREL.

EPOQUE 1958-1969

10 LES CHOIX DES ADMINISTRATIONS

Ce fut une période "charnière" où se joua le sort définitif de l'activité Faisceaux Hertziens en FRANCE.

On décelait trois tendances qui reflétaient le partage traditionnel des responsabilités au sein de l'ETAT.

De façon surprenante elles eurent pour conséquence une atteinte au monopole des PTT

10-1 Les PTT et le CNET avaient pour mission essentielle le TELEPHONE. Ils choisirent



Marc LIGER (SAT)

d'associer la SAT et la CSF La coordination du travail exigée par le CNET se faisait au sein d'un comité qui réunissait :

- pour la SAT : Marc LIGER, Melle CONIL et M. FRANCOIS,
- pour la CSF : Bernard GORY, Bernard POELLE et Philippe MAGNE.

Les rapports des deux Sociétés ne se formalisèrent vraiment qu'à partir de 1964 et se rodèrent progressivement, atteignant une bonne efficacité. On remarquera que cette façon de travailler préfigurait ce qu'il advint par la suite "en grand ", à savoir les ententes et fusions nécessitées par les impératifs du marché et technico-économiques, dominés aussi par le besoin d'harmoniser les Télécommunications de l'EUROPE.



Bernard GORY
(TH CSF)

A ce propos, soulignons, avec le recul, combien les travaux des Comités Consultatifs Internationaux (CCITT et CCIR) furent bénéfiques. Sans ces organismes les exigences divergentes des Administrations Nationales auraient rendu les interconnexions difficiles et les industriels n'auraient pu optimiser leurs coûts par les effets de volume.

Les travaux des CCI avaient aussi pour objet l'interfonctionnement des systèmes de transmission (Câbles et Faisceaux Hertziens) en vue de réaliser les communications mondiales. La référence était une communication mondiale fictive de 25 000 kilomètres comprenant un certain nombre de systèmes de transmission (Câbles souterrains, Faisceaux Hertziens, Satellites) et de commutations en cascade.

10-2 La RTF (sigle de l'époque) avait pour mission essentielle la TELEVISION.

Elle choisit comme fournisseur de Faisceaux Hertziens TRT, filiale de PHILIPS, car les pouvoirs publics avaient décidé la création d'un réseau hertzien spécifique pour la TELEVISION distinct du réseau des PTT qui était utilisé jusque là par la RTF et dont l'équipement fut dès lors fortement ralenti.

TRT développa des équipements suivant des spécifications particulières demandées par la RTF Ce choix fut lourd de conséquences et il fallut attendre 1976 pour que la RTF devenue l'ORTF nous accorde la liaison ROUEN-LE HAVRE, bien forcée de reconnaître nos succès en Télévision à l'exportation.

Les spécifications de l'ORTF reflétaient la particularité du système Français de l'époque à 819 lignes dont la bande vidéo (10 MHz) était beaucoup plus large que celle du système international à 625 lignes (5 et 6 MHz). L'ORTF imposait en plus une fréquence intermédiaire de 115 MHz différente de celle recommandée par le CCIR de 70 MHz.

10-3 Les Militaires qui avaient une grande habitude de la CSF et de la CFTH surent partager leurs commandes en spécialisant les deux sociétés sans aviver exagérément la concurrence : c'est ainsi que la CFTH eut à acquérir le savoir faire en liaisons troposphériques et en Faisceaux de Campagne.

10-4 Quelles furent les conséquences de ces choix ?

La plus désastreuse fut la scission entre les réseaux de la RTF (qui devint plus tard l'ORTF) et celui des PTT

L'ORTF s'empressa de réaliser son propre réseau alors que, sur un même trajet, il aurait été possible de faire coexister la téléphonie et la télévision moyennant des dispositions appropriées.

Pour la petite histoire, la visite de l'itinéraire RENNES-BREST est révélatrice ; PTT et ORTF durent utiliser les mêmes points hauts (le relief l'oblige), en particulier la station de ROC TREDUDON (près de BREST) est curieusement construite suivant une structure où les pylônes PTT et ORTF sont coaxiaux !

En plus cette politique eut des répercussions dans les pays en voie de développement organisés sur le modèle Français qui confiaient aux deux constructeurs Français leurs réseaux de Téléphone et de Télévision séparément... on conviendra que cette politique était ruineuse pour ces pays.



11 TENDANCE PERCUE EN 1960 : UNE FIABILITE EXTRAORDINAIRE EN VUE

Les premiers pas de la CSF n'avaient pas toujours été brillants malgré des prouesses. Il y eut à cette époque une chance inouïe à saisir.

Il s'annonçait dès 1960 que la suprématie des tubes, basés sur l'effet thermoélectronique, allait devoir céder le pas aux semi-conducteurs, d'où la possibilité de renouveler le catalogue de fond en comble. On disait, pour séduire la clientèle, que l'on allait réaliser des matériels "tout à l'état solide".

Rappelons ici que le FH 631 fut le précurseur inspiré de la technologie du portatif MF 911 de DMD bien que les transistors fussent au germanium ce qui avait obligé à imaginer une infrastructure à température constante (cuves enterrées de Pierre ARIFON et de Jean MAILLET).

Il fallait donc parier sur les semi-conducteurs et c'est ce que je fis. Cette décision apparaît aujourd'hui licite dès lors que le silicium remplaçait le germanium qui s'était révélé trop sensible à la température et pas assez fiable.



Pierre AIGRAIN

L'activité semi-conducteurs de la CSF (études avancées) était au sein du Département de Recherches Physico-chimiques dirigé par André DANZIN. Claude DUGAS était le Directeur Technique et Pierre AIGRAIN le Directeur Scientifique qui devint plus tard Ministre de la Recherche.

L'utilisation de semi-conducteurs partout où cela était possible apporta une amélioration spectaculaire de fiabilité corrélative de la baisse de consommation (pour une même fonction) ; en 1962 on pouvait constater que la consommation d'un E/R de faisceau hertzien passait de 800 watts à moins de 100 watts lorsqu'il était transistorisé.

A cette époque, en analysant les comptes rendus d'exploitation des PTT.(ils étaient fort bien tenus) je pus formuler une loi empirique exprimant que le produit de la moyenne du temps de bon fonctionnement (MTBF) par la puissance consommée était de l'ordre de 30 Gigajoules pour la nouvelle

technologie à semi-conducteurs (plus simplement un équipement consommant 100 watts avait une MTBF de 10 ans).

Une explication assez simple peut être donnée par le fait que la plus grande partie de l'énergie fournie à un équipement électronique est convertie en chaleur laquelle, compte tenu d'une résistance thermique non nulle, ne peut être évacuée qu'en tolérant une augmentation de température, cause de l'agitation moléculaire responsable des défaillances (le processus me semblait obéir à la loi d'ARRHENIUS et dépendre de l'énergie d'activation ; la sensibilité de la MTBF à la température ambiante en était une preuve : une augmentation de la température ambiante de 10° divisait la MTBF par 2).

12 UNE NOUVELLE DIRECTION POUR L'USINE DE LEVALLOIS (1962)

Dénigrer l'organisation d'avant 1962 serait mal venu mais il convient cependant d'analyser les causes de la réorganisation.

Avant 1962, les choses étaient ce qu'elles étaient :

- parce que l'industrie électronique émergeait de l'industrie tout court,
- parce que les responsables des moyens de production appliquaient les règles de travail qu'on leur avait enseignées,
- parce que la spécificité du produit faisceau hertzien n'avait pas encore été très bien perçue.

Ces responsables avaient une hantise viscérale des modifications. Comme nous l'avons déjà dit, les réalisations concernant les Faisceaux Hertiens se faisaient dans des ateliers communs qui avaient en charge bien d'autres activités ; émetteurs de radiodiffusion, récepteurs de trafic, radars, calculateurs... etc...

Les délais de réalisation des maquettes ralentissaient les études, les paralysaient même : de mauvais esprits auraient pu croire que c'était une façon de punir les techniciens du péché des modifications... alors que l'étude d'un matériel nécessite un certain nombre d'allés et retours avec un atelier (dans le cas où le service études ne possède pas son propre atelier de maquette) ceci pour que le dossier de fabrication devienne fiable.

En fait, un observateur impartial aurait pu constater que l'organisation "grandes séries" de la maison n'avait à produire que de toutes petites séries de 20 à 200 unités de fabrication... car tel était le marché accessible à cette époque.

Une mauvaise plaisanterie consistait à dire que l'on fabriquait d'abord puis qu'on étudiait ensuite.



Jacques TROUDE

Le grand mérite du Directeur qui fut nommé par Michel BARRE Directeur du Groupement des Activités Professionnelles Civiles et Spatiales de l'Electronique, à savoir Jacques TROUDE, fut de saisir d'emblée cette inadéquation.

Ajoutons qu'avant 1962 la tradition était de transférer la production dans une usine de province (CHOLET) lorsque l'on croyait que les études étaient terminées. La coupure entre les études et la fabrication démotivait les techniciens excédés par les déplacements in situ qui s'avéraient inefficaces... il en résultait que, pour "s'en sortir", les études furent reprises par des équipes à vocation et compétence très différentes.

Jacques TROUDE prit le problème comme il le fallait en adaptant l'organisation à l'apprentissage du métier et à la spécificité du produit et surtout en décidant, dès qu'il le put, de regrouper études et fabrications de tous les Faisceaux Hertiens à Levallois ¹⁰

On lui doit aussi une politique d'investissements courageuse qui permit d'adopter les technologies up-to-date.

¹⁰ Par la suite, la croissance du chiffre d'affaire des Faisceaux Hertiens eut pour conséquence que toutes les surfaces et tous les moyens de l'usine de Levallois furent affectés à cette activité.

La réorganisation ne put se faire que progressivement car les commandes antérieures à 1962 ne pouvaient être menées à terme que selon le processus en vigueur avant son arrivée.

Rappelons qu'en 1960-1962 on était en plein chantier FH 625 en TURQUIE et en ARGENTINE. En FRANCE on installait le FH 687 sur les liaisons RENNES-BREST et PARIS-LYON.

Vers cette époque PARIS-NANCY fut inauguré par le Ministre des PTT Jean MARETTE alors que Jean LEPRINCE-RINGUET était le Directeur des LIGNES A GRANDE DISTANCE DES PTT

Malgré des matériels pas toujours très au point, Michel MONFEUGA (issu de l'équipe d'André DENIS) faisait face aux difficultés en supervisant les essais et recettes avec compétence et habileté. Il eut plus tard la responsabilité de tous les essais en usine des Faisceaux Hertziens de la CSF

12-1 Le bond en avant : Les Faisceaux Hertziens à très grande capacité

12-1-1 Les motivations de l'accroissement de capacité

La première est évidemment le besoin d'écouler un trafic important pour éviter l'attente des usagers.

La deuxième est le retour d'investissement car il est clair que, pour un investissement donné, plus le nombre de voies téléphoniques en service est grand, plus le retour d'investissement est rapide.

C'est donc le savoir faire, la maîtrise de la technique, qui, sans augmenter exagérément le coût des équipements, accélère la rentabilité des artères de transmission.

Vers cette époque citons aussi la prise de conscience de la supériorité du répéteur hétérodyne dont la "transparence" est due à l'absence de démodulation/remodulation mais nécessite un savoir faire en "up-converter"

12-1-2 L'étude du FH 693 à 1.800 voies

En 1962, le CNET lance l'étude d'un nouveau matériel d'une capacité de 1 800 voies téléphoniques par canal dans la bande 5,9 à 6,4 GHz ($\lambda = 5$ cm) pouvant contenir 8 canaux bilatéraux... il prendra le nom de FH 693. A cette époque d'aucuns se demandaient ce que l'on pourrait bien faire d'artères de capacité totale : $8 \times 1\,800 = 14\,400$ voies.

Aujourd'hui cela fait sourire !... car il fallut des capacités encore plus grandes pour satisfaire la demande explosive des circuits à grande distance

D'emblée le projet fut basé sur le circuit fictif de référence du CCIR de 2 500 km divisé en 9 sections de 280 km lesquelles comprennent 5 à 6 bonds radioélectriques de 50 km.

On visait "le grand jeu" avec l'objectif de qualité des 3 picowatts de bruit plus diaphonie par kilomètre défini par l'Avis 393 du CCIR

Quels étaient les atouts dont on disposait pour se lancer dans une telle aventure ?

12-1-3 La connaissance des secrets de la modulation de fréquence

Les problèmes fondamentaux que posaient la transmission d'un grand nombre de voies sur une seule porteuse radioélectrique avaient déjà été analysés par J. FAGOT et Ph. MAGNE dans leur livre " Théorie de la Modulation de Fréquence " (1959). Il s'agissait :

- de la linéarité de modulation et de la démodulation sur toute l'étendue balayée par l'excursion de fréquence provoquée par le signal multiplex issu des courants porteurs,
- de l'égalisation des variations du temps de propagation de groupe TPG (distorsion de phase) des filtres et amplificateurs traversés par le spectre de modulation.

En bref il fallait obtenir une étendue de linéarité de ± 4 MHz et un TPG égalisé sur ± 10 MHz par rapport à la position de la porteuse.

Des que l'on sut visualiser ces distorsions par un processus de vobulation... l'affaire était dans le sac (la contre réaction se révéla inefficace comme procédé de linéarisation de la modulation).

Gain et phase différentiels, pour utiliser un autre langage, étant accessibles de visu, l'optimisation des réglages devenait possible.

Des appareils de mesure spécifiques d'analyse des Faisceaux Hertiens en Modulation de Fréquence furent réalisés par un ingénieur très compétent de la SIF M. COLAS (l'inventeur du stabilidyne) ; il publia un article dans l'ONDE ELECTRIQUE de mai 1958 et, plus tard, la firme Américaine réputée, HEWLETT PACKARD, mit de tels appareils à son catalogue sous la dénomination : "MICROWAVE LINK ANALYSER" ainsi que la Société WANDEL et GOLTERMANN (en RFA).

Les effets d'un phénomène pernicieux, la conversion amplitude/phase, furent également minimisés par un choix judicieux de la position des égaliseurs de temps de propagation de groupe (TPG) par rapport au TOP responsable en majorité de la conversion amplitude/phase dans la chaîne d'amplification. Ce problème fut très bien analysé par Philippe FEVE qui montra que la modulation d'amplitude parasite était due aux distorsions de temps de propagation de groupe, laquelle était convertie en modulation de phase parasite par le TOP (ou autres éléments à conversion amplitude/phase non nulle) et que le phénomène était d'autant plus intense que la fréquence modulante était élevée. Le bien fondé de son analyse fut confirmé par une expérimentation menée par Yves QUERE qui travaillait, à cette époque avec Philippe FEVE.

Plus tard Philippe FEVE fut chargé d'une mission aux USA, à la COMSAT où il eut à mener des études pour cet organisme ce qui lui permit d'approfondir les Télécommunications par Satellite.

Relatons aussi une autre difficulté lorsque l'on faisait des mesures de bruit très fines mettant en évidence des raies parasites dont la cause fut identifiée comme une modulation de phase parasite provoquée par des ions qui perturbaient le faisceau d'électrons des Tubes à Ondes Progressives. Je fus très surpris lorsque je vis Guy CONVERT (du Département W) faire disparaître ce parasite en versant de l'azote liquide sur l'enveloppe des TOP... il s'agissait d'une "histoire de vide" comme disent les lampistes.

Enfin, il fallait également atteindre une grande fiabilité car les objectifs d'une liaison de 2 500 km à 8 canaux de 1 800 voies impliquait le fonctionnement sans interruption de 800 E/R. Pour assurer la continuité de la transmission on dut adopter une organisation redondante en 7+1, ce qui voulait dire que pour 7 canaux en service il y avait toujours 1 canal de secours prêt à se substituer à n'importe lequel des 7 autres venant à défaillir. Il fallut créer des équipements complémentaires appelés "Aides à l'Exploitation" qui comprenaient une "Commutation Automatique Normal/Secours" ultra rapide, des voies téléphoniques de service et une télésurveillance des dérangements se produisant dans les stations sans personnel.

Ce fut une des premières tâches confiées à Jacques BURSZTEJN dont la carrière se poursuivit ensuite brillamment comme on le verra plus loin.

12-2 La fiabilité intrinsèque des E/R améliorée par la transistorisation

En 1962, les performances des transistors, varactors et diodes ne cessaient de s'améliorer... la difficulté principale était la montée en fréquence mais leur fiabilité se révélait toujours excellente. Tous les circuits en fréquence intermédiaire (FI = 70 MHz et 140 MHz) purent être transistorisés rapidement, on eut l'agréable surprise de pouvoir disposer d'un facteur de mérite ¹¹ exceptionnel, ce qui réduisait le rétrécissement de bande provoqué par l'accumulation d'étages sélectifs en cascade (ceci fut explicable par la faible capacité parasite de collecteur des transistors silicium 2N 918 qui s'avéra inférieure à 1 picofarad)

Claude BREMENSON fut un remarquable pionnier de la transistorisation. Philippe LEGENDRE réalisa les premiers modulateur/démodulateur de fréquence transistorisés, Michel DOMALAIN y participait, Jean Pierre BONIN plus tard prit le relais pour la modulation numérique.

Quant aux hyperfréquences elles étaient obtenues par multiplication de fréquence à varactors ; LE CARDINAL, un jeune ingénieur brillant, en prouva la faisabilité.

Les oscillateurs locaux complets furent développés par Lazard ARGINTARU assisté par Henri BROCHET : Ce fut un problème difficile qui fut résolu par une excellente équipe d'ingénieurs et de techniciens.(WARENGHEM souffrit pour fournir les quartz adéquats)

En 1960 les transistors capables de donner un peu de puissance ne dépassaient pas 350 MHz. Pour tourner cette difficulté les chaînes de multiplication à varactors avaient la structure suivante :

$(350 \text{ MHz}) \times 3 \times 2 \times 2 = 4\,200 \text{ MHz}$ soit 4,2 GHz, la puissance de sortie n'excédant pas beaucoup le WATT.

Cette contrainte avait pour conséquence l'existence de deux structures d'émetteur, la raison en était qu'en modulation de fréquence la puissance à émettre est proportionnelle au cube du nombre de voies. Ainsi :

- pour une capacité inférieure ou égale à 960 voies téléphoniques l'émetteur pouvait être entièrement à l'état solide ; l'étage de sortie était un mélangeur à fort niveau délivrant 0,5 W utile au moins. Les matériels concernés avaient pour sigle FH 661/662/663 et plus tard le FH 665 (960 voies à 4 GHz) en 1969.

Alexandre OSIAS fut un des pionniers de ce difficile problème et Michel CARPE effectua toutes les mesures prototype du FH 665.

- pour une capacité de 1.800 voies téléphoniques la nécessité d'une puissance d'émission de 5 à 10 watts obligeait l'utilisation d'un amplificateur de sortie à

Tube à Ondes Progressives. Le matériel concerné était le FH 693 déjà cité. Le TOP avait au moins 35 à 40 dB de gain utilisable de sorte que le "up-converter" n'avait à délivrer que quelques milliwatts ce qui modifiait les optimisations par rapport à la précédente structure.



Michel CARPE

¹¹ Le facteur de mérite est le produit du gain par la largeur de bande ; les transistors apparurent bien meilleurs que les tubes de ce point de vue.

Une telle situation n'était pas très satisfaisante et d'aucuns espéraient la relève des TOP par les transistors.

En 1969 4 GHz semblait une limite très difficile à dépasser par les transistors bipolaires au silicium s'agissant de puissances utiles de plusieurs watts.

12-3 Que révélait l'écoute des signaux faibles ?

Cette expression imagée désigne les informations fragmentaires voire contradictoires pouvant donner à penser qu'une nouvelle technologie était en train de naître.

Cette écoute était de la responsabilité de Jacques GREMILLET, Hervé DEROY et Raymond HENRY au sein d'un Département de Micro-électronique Hyperfréquence (DMH) Ils se demandaient si les transistors à effet de champ à l'ARSENIURE DE GALLIUM ne seraient pas les bêtes rêvées. Toute la question était de savoir à quelle date cette technologie serait mature quelle puissance utile elle pourrait procurer et avec quelle fiabilité ?

En technique il ne faut avoir raison ni trop tôt ni trop tard. L'histoire montra qu'il fallut encore attendre 7 ans pour qu'en 1976 un matériel puisse bénéficier de cette importante nouveauté.

12-4 Quelques affaires de la période 1960-1969

- MADAGASCAR : Téléphonie TANANARIVE-FIANARANTSOA (1961) en FH 650 à 170 MHz,

- CAMEROUN : Téléphonie YAOUNDE-DOUALA (1962) en FH 650 à 170 MHz,

- MEXIQUE : Téléphonie LA PAZ-LOS MOUCHIS en FH 650 et VILLA HERMOSA-CHETUMAL en FH 650 avec paraboles de 16 m (initiative de Jean MAILLET),

- ESPAGNE : Télévision MADRID-VALENCE (1966) en FH 662 à 6 GHz et Télévision SOLLUBE-GAMONITEIRO,

- MEXIQUE : Télévision CORDOBA-MERIDA (1968) en FH 663 à 6 GHz pour les PETROLEOS MEXICANOS,

- ARGENTINE : Télévision + Téléphonie CORDOBA-MENDOZA (1969) en FH 664 à 7 GHz pour la EMPRESA NACIONAL DE TELECOMUNICACIONES et AZUL- MAR DEL PLATA, BAHIA BLANCA- PUNTA ALTA,

- IRAN : Téléphonie GAZODUC TRANSIRANIEN HAWAZ-ASTARA (1970) en FH 664 à 7 GHz ;

- pour mémoire, fin des livraisons à l'URSS de l'affaire Cabet

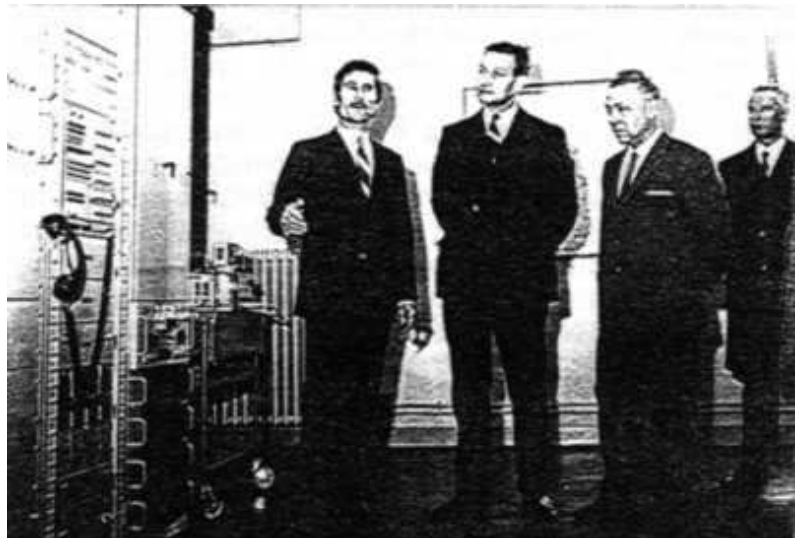
- FRANCE : Téléphonie PARIS-BORDEAUX (1970) en nouveau matériel 1 800 voies FH 693.

NOTA 1 à la gloire d'André SILHONNET : il fut le premier à installer à l'étranger du matériel hyperfréquence transistorisé (ESPAGNE, MEXIQUE, IRAN... etc...)

NOTA 2 : beaucoup de nos affaires à l'exportation étaient achetées par des sociétés de PETROLE installant des Faisceaux Hertiens le long de leurs PIPE-LINES et GAZODUCS ;



Inauguration de
PARIS-BORDEAUX
le 20 Mars 1970
par le Ministre des PTT
Robert GALLEY
et le Directeur des
Lignes à Grandes
Distances
Théophile NOAT



Le Ministre des PTT
Robert GALLEY

Théophile NOAT



Matériel transistorisé de première génération : FH 693 1.800 voies par canal

13 L'EMERGENCE DE NOUVELLES IDEES

Après s'être frotté à l'exportation le Comité de Direction du Département Faisceaux Hertiens présidé par Jacques TROUDE prit vraiment conscience de l'âpreté de la concurrence internationale et de la nécessité d'abaisser de façon drastique les coûts de fabrication en s'obligeant à ce que les performances et la qualité ne soient pas affectées (lois irréfragables de l'économie de marché).

Ce fut l'action permanente de Recherche et Développement qui sauva l'activité Faisceaux Hertiens.

L'opinion selon laquelle les Recherches ne pouvaient être que la source de mutations espacées dans le temps et l'Industrie une source de rentabilité par la continuité fit place à une attitude moins étiquée.

Cherchant des effets de volume, on aboutit à une conception mécanique et électronique basée sur des modules que l'on pouvait associer de plusieurs façons pour réaliser les différentes versions du matériel (fréquence, téléphonie, télévision, capacité... etc...). La structure mécanique du FH 693 ¹² trop coûteuse fut aussi simplifiée. Alors qu'à l'origine le projet de ce matériel prévoyait une version exclusivement à tubes, il fut transistorisé ce qui améliorait considérablement sa fiabilité. Plus tard on adopta pour les E/R une structure en poutre semblable à ce que faisait la majorité des autres constructeurs Européens.

Il fut proposé au Directeur Général des Télécommunications R. CROZE une nouvelle version du matériel 1 800 voies dont le prix était abaissé de 25% par cette initiative... ce qui ne manqua pas de le surprendre agréablement.

13-1 Une prise de conscience de l'aspect plus vaste du concept de "système"

Apparurent plus clairement à cette époque les conditions à remplir pour satisfaire les pays cibles de notre exportation :

- reconnaître in situ l'itinéraire et optimiser l'emplacement des stations relais (en FRANCE ceci était de la responsabilité de l'Administration et non des Constructeurs),
- faire construire les bâtiments adéquates devant abriter les équipements et parfois le personnel d'exploitation (même remarque que ci dessus)
- ériger les pylônes support d'antennes
- faire aménager les routes d'accès
- fournir les stations d'énergie (autonomes pour la plupart)
- installer et faire recetter les liaisons
- assurer un après vente efficace.

Ce qui devint flagrant était que le poids financier du matériel radio était très minoritaire, par contre que sa consommation pouvait avoir des répercussions considérables sur les ateliers d'énergie, que la fiabilité exprimée par la moyenne des temps de bon fonctionnement (MTBF) en dépendait, donc le nombre d'interventions pour remédier aux dérangements, donc le coût de possession.

Toutes ces remarques paraissent d'une évidence criante, mais à l'époque, la décision d'exporter massivement bouleversait les habitudes de l'entreprise contractées au service de son unique client (les PTT).

¹² Le FH 693 fut construit en un assez grand nombre d'exemplaires pour le Réseau National, en particulier les grandes artères comme PARIS-BORDEAUX, PARIS-LYON-MARSEILLE-NICE...etc.. Ce fut cette première génération qui fluidifia enfin le trafic et permit l'extension du téléphone en FRANCE.

En clair la compétitivité du Département allait dépendre de sa compétence système, de son aptitude à résoudre le dilemme : faire, acheter, sous-traiter.



Jean BRASART



Michel HERMELIN



Michel DOUCET

Pour se faire la main, il fut décidé en 1963-1964 de réaliser le prototype d'une station relais complète et autonome en énergie électrique, sur crédits internes.

Les crédits furent accordés par Michel BARRE alors Directeur du Groupement des Activités Civiles et Professionnelles (Levallois, Cholet, Issy les Moulineaux, Sartrouville, La Garenne-Colombes) avec avis favorable du PDG de CSF Maurice PONTE ; ces responsables à haut niveau avaient compris le renouveau des Faisceaux Hertziens.

C'est ainsi qu'on put expérimenter le matériel FH 661 sur un bond de 45 km environ entre l'usine de Levallois et un village de la grande banlieue parisienne : SERANS.

Cette liaison nous permit d'expérimenter, entre autre, un système périscopique d'antenne avec miroir plan en champ proche. Je me souviens que lors du pointage des antennes, Michel HERMELIN avait été "oublié" au sommet du pylône dans une position assez périlleuse alors que je m'affairais au sol avec une équipe de techniciens, très absorbés que nous étions par les équipements. Il tentait désespérément de nous joindre par une petite liaison radio s'inquiétant de savoir s'il pouvait redescendre car le froid du mois de janvier commençait à l'engourdir.

Ô ingratitude de ceux qui sont dans le confort pendant que d'autres se gèlent dans les rigueurs de l'hiver !

A partir de ce "mini système" Michel HERMELIN qui dirigeait un Service Technique Réseaux et Chantiers put commencer à élaborer une stratégie pour l'infrastructure des Faisceaux Hertziens... pylônes et antennes, feeders, bâtiments en surface ou souterrains, ateliers d'énergie... etc...

Le terrain que nous avions loué à SERANS lui permit, plus tard, d'effectuer une étude thermique concernant des cuves métalliques enterrées qui auraient à contenir les nouveaux matériels transistorisés ; on reprenait une idée dont l'origine datait du déploiement du FH 631 sur le projet ZARZAITINE-MEDITERRANEE (déjà évoqué).

Pour le nouveau matériel à grande capacité, bien qu'à faible consommation, cependant nettement plus importante que celle du FH 631 à 6 voies, Michel HERMELIN dut imaginer des systèmes de refroidissement pour que la température ambiante ne s'élève pas trop et ne dégrade la MTBF.

Cette expérimentation aidant, nous nous aperçûmes que l'attribution de contrats était facilitée par la compétence système qui pouvait "transparaître" à travers les réponses aux appels d'offres.

La rédaction des réponses aux appels d'offres devint un métier qu'il fallut maîtriser. Jean BRASART, Michel HERMELIN et Michel DOUCET devinrent des experts en la matière.

14 LES FAISCEAUX HERTZIENS MILITAIRES DE LA SFR CSF

On sait toute l'importance qu'ont pris les transmissions dans le domaine militaire, elle fut perçue par les achats de plus en plus importants en liaisons classiques " monovoie ". Il devait s'ensuivre que les Armées eurent, en fin de compte, besoin de réseaux téléphoniques assez semblables à ceux des civils avec cette particularité que les liaisons devaient être préférentiellement radioélectriques pour des raisons de non vulnérabilité, ceci aussi bien pour les installations fixes que mobiles.

On verra dans la suite de ce récit que la tendance qui s'affirma conduisait inéluctablement à des matériels extrêmement sophistiqués.

Les Faisceaux Hertziens militaires utilisent en gros les mêmes procédés (notamment pour la modulation) que les Faisceaux Hertziens civils mais doivent être en plus agiles en fréquence et d'une robustesse mécanique à toute épreuve pour les versions mobiles du champ de bataille.

Revenons à l'aspect historique. Les premiers marchés d'études de "câbles hertziens" lancés par les Administrations militaires remontent à 1950. A cette époque, les constructeurs Français n'avaient pas encore à leur catalogue ce genre de matériels et pour quelques liaisons en visibilité on utilisait un matériel PHILCO cédé à notre pays dans le cadre du plan MARSHALL.

La SEFT, très consciente des besoins de l'Armée de Terre (en particulier le Colonel WEINIS) notifia un marché d'études à la SFR (pour l'usine de Levallois) ayant pour objet la réalisation de deux liaisons en visibilité d'une capacité de 6 voies téléphoniques. Elles furent expérimentées, l'une entre la tour RADAR de Levallois et le fort d'ISSY les MOULINEAUX et l'autre au MAROC.

Le matériel fonctionnait dans la bande des 400 MHz et était modulé par des courants porteurs fabriqués par la SAT Il n'atteignit jamais tout à fait le stade opérationnel mais ce travail eut le mérite de susciter la création d'un Service à vocation militaire au sein du Département Câbles Hertziens (DCH).

Ce service fut confié à R. CASSE par le Directeur de l'époque en l'occurrence Pierre RIVIERE qui se trouvait être, en plus, son beau père : ainsi commença la grande épopée qui devait conduire la SFR puis la CSF à s'affirmer comme l'un des leaders mondiaux de ce domaine. Le premier matériel opérationnel qui fit la notoriété de la Compagnie fut le MX 641 dont la maquette avait pour sigle MX 640. On peut s'interroger sur les initiales MX désignant plutôt un "multiplex" : elles s'expliquent par le fait que ce que l'on appelait alors la "STATION HERTZIENNE" comprenait à la fois un coffret vraiment " multiplex " du type 6 voies PPM (Pulse Position Modulation) et un coffret E/R radio proprement dit qui couvrait les bandes 1 700 à 2 100 MHz et 2 300 à 2 700 MHz.

L'innovation très appréciée des militaires était le réglage de la fréquence porteuse en quelques secondes et ceci, sans faire usage d'appareils de mesures.

Une extension de capacité à 12 voies téléphoniques était rendue possible par un jeu de coffrets à courants porteurs. Une autre particularité de cet équipement était l'antenne en forme de cigare (poids de l'ordre de 6 kg) qui fut dérivée d'une étude publiée dans les Annales de Radioélectricité

UN NOUVEAU TYPE D'AERIEN A RAYONNEMENT LONGITUDINAL

par J. C. SIMON et G. WEIL

Annales de Radioélectricité (tome 8, n°3) de juillet 1953.



Paul GENY

Cette antenne fut militarisée par Paul GENY, ingénieur de grand talent, qui orienta la deuxième partie de sa carrière vers l'usine de Cholet, laquelle en fabriqua plus de 3.000 exemplaires pendant une vingtaine d'années.

La station complète MX 641 avec son mât de 7 mètres réalisé par la Société MORS pouvait être installée en moins de 6 minutes par un seul opérateur. S'agissant de la station complète ce furent 1 200 exemplaires qui furent vendus aux Armées de Terre, de Mer et de l'Air tant Françaises qu'Etrangères (EUROPE, AFRIQUE et AMERIQUE).

Les MX 641 réalisés en coffrets furent surnommés les petits MX de la SFR ;



Jacques BERTRAND

Jacques BERTRAND assisté de Daniel BOIDRON eurent à les présenter dans plusieurs pays (BELGIQUE, HOLLANDE, NORVEGE) puis Gilles de GALLARD, ingénieur commercial à l'époque au sein d'une Direction patronnée au siège de la CSF par Roger CHAUX, devint une sorte d'ambassadeur de la compagnie pour la vente de ces équipements.

Les présentations et démonstrations donnèrent lieu à une foule de faits anecdotiques dont l'un d'eux valut à notre compagnie une commande immédiate de 25 appareils lorsqu'un général Autrichien réussit à lui seul à mettre en service une liaison devant ses hommes stupéfaits !

1956 est la date de la transistorisation du MX 641 qui devient alors le MX 645. Le nouvel équipement était basé sur les mêmes principes que son prédécesseur, l'étude fut menée sous la Direction compétente de Marcel SCHWINDENHAMMER. Les prototypes furent développés et militarisés par les ingénieurs et techniciens de Cholet. Citons : Pierre IZARD, Pierre OGER, Roger ROY, Elie OGER, Louis FERAUD, Joël TASSE, Boris TCATCHENKO, Robert PICHAVANT et pour le développement Bernard HUMEAU (noms aimablement communiqués par Georges LENGLET pour aider ma mémoire, merci à lui).

L'usine de Cholet acquit une grande maîtrise des problèmes militaires en se spécialisant dans ce domaine qui avait la faveur de l'équipe de Direction : Marcel CAUCHY, Robert PELE, Jean-Yves LABATUT, Raymond LEPEYTRE et le Directeur Technique, Alphonse NONNET.

Le MX 645 qui pouvait fonctionner sur batteries et était très léger fut utilisé pour toutes sortes de problèmes dont on n'aurait pas imaginé qu'ils pussent être résolus de cette façon :

- une liaison entre le porte avions CLEMENCEAU entrant en rade (sans rester à quai) et l'Amirauté de BREST, performance très appréciée par l'équipage pour communiquer avec les familles à terre. Ceci fut présenté au Contre Amiral SANGUINETTI, à l'Ingénieur Général LACROZE et à Jacques TROUDE Directeur de DFH ainsi qu'à de nombreuses autorités civiles et militaires.

- déclenchement de tir d'un poste avancé à partir d'un centre de commandement à l'arrière, ou encore à partir d'un hélicoptère équipé d'une antenne omnidirectionnelle. Cela fut appliqué aux engins SS 12.
- stations mobiles MX 645 sur véhicule 4/4 qui furent largement utilisées par l'Armée de Terre tant en FRANCE qu'en ALGERIE : ce type de station fut appelé ECUREUIL.
- expérimentations de missiles MER/MER entre la base navale de TOULON et un bâtiment de guerre spécialement équipé.
- liaisons entre les postes isolés dans les DOUARS ou en montagne avec leur PC pendant la guerre d'ALGERIE.

L'Armée de l'Air et le STTA confièrent aussi à la SFR CSF en 1954 l'étude d'un Faisceau Hertzien semi fixe qui prit le nom de TRUXMY puis de MX 620 dont les caractéristiques étaient les suivantes :

- bande de fréquences : 1,7 à 2,1 GHz et 2,3 à 2,7 GHz,
- capacité ; 12 et 24 voies PPM
- puissance d'émission : 10 Watts
- transportable sur camion et en shelter.

Les prototypes furent expérimentés concurremment avec ceux de LMT entre le Ministère de l'Air et la base aérienne d'ETAMPES, liaison qui comprenait deux relais. Les deux concurrents mirent tout en oeuvre pour obtenir le marché de série dont dépendait tout leur avenir. Ce fut la CSF qui l'emporta et LMT cessa dès lors de s'intéresser aux Faisceaux Hertiens.

Le MX 620 fut réalisé en 240 exemplaires, les premiers équipements furent affectés aux bases aériennes du Midi Côte d'Azur : AIX, HYERES, NICE, CORSE.

Dès 1956, le MX 620 associé au MX 645 équipa les liaisons en ALGERIE et en TUNISIE.

Cholet s'organisa pour pouvoir sortir rapidement la série de MX 620 et créa pour cela un service ESSAIS dirigé par MAUCUIT puis par Lucien BAUMIER. Citons aussi Jean Louis MOREAU, Yves COUTANT, Christian ROBERT, Antoine ROGNONI... etc... L'exploitation était assurée par Lucien GOBERT, André RENOULT et Bernard BEUNIER (ma mémoire aimablement aidée par Georges LENGLET).

Au moment de l'indépendance de la TUNISIE une station relais située entre BIZERTE et KELIBIA, en pleine montagne, fut attaquée par les adversaires du Gouvernement en place. Par bonheur nos techniciens venaient de terminer leur installation, le terminal de BIZERTE put être alerté ! Après quelques heures de pourparlers la Défense Aérienne Française put intervenir et dégager la station. C'est ainsi que le MX 620 reçut le baptême du feu.

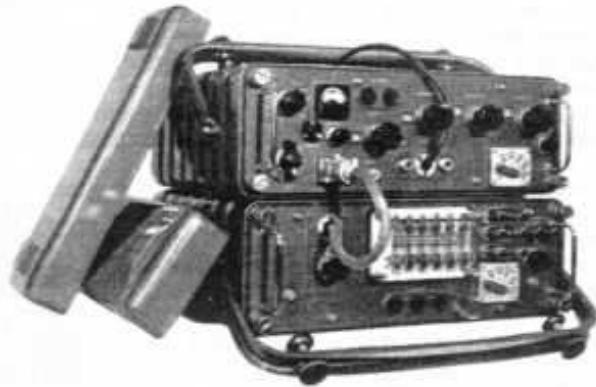
par Gilles de GALLARD à lui seul, en moins de deux semaines (ne disposant d'aucune personne parlant Français il dut demander à son épouse de rester dans l'île de manière à pouvoir parler sur la liaison pour essais !). La fin du chantier tint la date contractuelle et l'inauguration eut lieu en grande pompe en présence du Ministre des PTT, de



Gilles de GALLARD



Aérien cigare pour MX 641



Multiplex à impulsions MX 641

nombreuses personnalités, avec fanfare et défilé de majorettes dans une ambiance très folklorique. Le MX 620, sous tension depuis la veille, se comporta magnifiquement mais hélas vers 16 heures la liaison fut subitement brouillée sans que l'on puisse en donner la raison. Convoqué dès le lendemain par le Ministre très mécontent, Gilles de GALLARD dut enquêter pour découvrir que le brouillage était provoqué par un sous marin Soviétique qui, ayant fait surface à 10 km de l'île de VIGRA, émettait exactement sur la fréquence du MX 620 et face à l'antenne : on frisa l'incident diplomatique, tout rentra dans l'ordre lorsque les Soviétiques acceptèrent de quitter les eaux territoriales de la NORVEGE.

Le MX 620 marque la fin des Faisceaux Hertiens à modulation par impulsions.

En 1963 le Bureau des Programmes Militaires (BPM) notifia à une Société Spécialisée l'étude théorique d'un réseau hertzien d'infrastructure pour l'Armée de l'Air La raison en était que l'Armée de l'Air était tributaire des PTT pour ses transmissions à qui elle devait louer des circuits qui lui coûtaient fort cher et que des besoins de plus en plus importants s'annonçaient, non seulement en téléphonie, mais aussi en données émanant de très nombreux RADARS venant d'être mis en service. En conséquence, le STTA lança un appel d'offres en 1965 concernant des Faisceaux Hertiens à vue directe pour les liaisons secondaires de son réseau que l'on appelait déjà RA 70.

Un autre appel d'offres concernait les Faisceaux Hertiens transhorizon (à diffusion troposphérique) pour les liaisons principales.

La CSF obtint le marché des liaisons secondaires (300 équipements) et la CFTH celui de l'étude et de la réalisation des 30 liaisons principales.

C'est ainsi que naquit au sein de la CSF le nouveau matériel MX 621 à 120 voies téléphoniques qui devint le MX 622 après transistorisation. Pierre BELARD connût bien la transition entre ces générations de matériel lorsqu'il était ingénieur technico-commercial et apportait à la compagnie sa compétence militaire. Il est par ailleurs l'auteur d'un ouvrage sur l'histoire des Transmissions Militaires qui rappelle de façon pertinente leur définition justifiée par les besoins des Armées.

MX 621 et MX 622 furent l'oeuvre de Robert AGIER et de ses excellents techniciens : PRADIER, SAGLIET, BIBOLET, BARANZELLI, VEIGNEAU.

Par rapport aux Faisceaux Hertiens civils le matériel devait être agile en fréquence dans une large bande et posséder une réserve de puissance très importante. Le problème fut résolu en introduisant pour la première fois des Tubes à Ondes Progressives (TOP) dans les matériels militaires : on utilisa un tube de la CSF développé par MORVAN qui couvrait l'énorme bande 1,35 à 2,7 GHz en délivrant une puissance de sortie toujours supérieure à 5 watts. En plus, pour certains cas très difficiles, un étage 1 kilowatt développé par Guy BENARD pouvait être utilisé.

En ce qui concerne la modulation de fréquence on fit usage de klystrons reflex à cavité extérieure accordable dans la bande 1,35 à 2,7 GHz. Le problème qui surgit fut que, à cette époque, ne maîtrisant pas encore les synthétiseurs de fréquences, la fréquence porteuse se baladait un peu, ce qui faisait dire avec humour à Gilles de GALLARD que ça devait tromper l'ennemi !



Robert AGIER

Pour être certain que les récepteurs restassent accordés, on mit au point une commande automatique de fréquence (CAF) qui agissait sur la tension reflex des oscillateurs locaux également de type klystron reflex. Le dispositif savait rechercher et se caler sur la fréquence à recevoir, identifier qu'il s'agissait de la bonne émission par la détection d'un pilote de fréquence particulière. Lors de la transistorisation du matériel TOP et klystron furent conservés.

Les Ingénieurs d'Armement qui étaient responsables de ce matériel se nommaient : Jacques CLAVIER, FOURASTIER puis Michel SCHELLER. Citons aussi d'autres personnalités concernées par ces matériels : VAN DEN HOVE, CARLIER, MOREAU et le Capitaine HENRI.

Les recettes étaient de la responsabilité de M. PEREZ (STTA) très compétent et dynamique. Les essais probatoires sur le terrain furent effectués à MONT de MARSAN par le Capitaine CARRE.

L'installation du réseau AIR 70 fut déclenchée de façon impromptue par les événements de mai 1968. Robert AGIER et ses techniciens PRADIER et SAGLIET furent invités sur le champ à relier en catastrophe la base Aérienne de TOURS SAINT SYMPHORIEN à SAINT AIGNAN d'où les communications pouvaient être acheminées vers le Ministère de l'Air. Cette prestation ne demanda que quelques heures et le MX 622 fut immédiatement opérationnel. Par la suite on devina que cette installation urgente avait peut être à voir avec la décision du Général de GAULLE de se rendre auprès des forces Françaises en ALLEMAGNE.

Les installations du MX 622 ainsi commencées en 1960 se poursuivirent jusqu'en 1972. Une desserte de la CORSE fut réalisée entre le MONT AGEL et TORRICELLA puis BASTIA, ce qui impliquait une liaison directe de 180 Km. Tout le territoire Français fut finalement couvert. Les installations étaient de la responsabilité de Jean Robert PICON ingénieur d'affaire.

Le MX 622 se révéla d'une excellente fiabilité et est encore opérationnel de nos jours après plus de vingt années de service militaire.

Les relations commerciales avec le STTA. furent entretenues par le très persévérant Jacques CHARRON.

Au palmarès de Robert AGIER ajoutons le MX 647 (120 voies FDM et 2 Mbit /s) dont le développement fut déduit du MX 646 qui avait été financé par la SEFT. La décision de développer le MX 647 fut prise par Jacques TROUDE et financée sur fonds propres avec comme consignes d'aboutir à un matériel économique et léger valable pour les trois armes. Ce fut aussi le premier matériel agile en fréquence dont les oscillateurs hyperfréquence étaient transistorisés. Le transistor de l'époque avait une structure coaxiale ce qui impliquait que la cavité accordable fut aussi de cette structure. Ce matériel remporta un très vif succès à l'exportation auprès des Administrations Militaires et Civiles.

Le Commandement et la Direction des Transmissions de l'Armée de Terre (CDTAT) délèguèrent à l'IP BOILIVEAU la responsabilité de choisir le MX 647 pour équiper les bretelles du réseau RITTER.

La Marine retint également le MX 647 pour l'équipement des sémaphores et des réseaux Marine.

Enfin l'Armée de l'Air compléta les maillages de son réseau RA 70 en CORSE et en ESPAGNE avec le MX 647 moins coûteux que le MX 622 ; le MX 647 remportait de grands succès à l'exportation.

Plus tard, la THOMSON CSF fut à l'origine du fameux réseau JUPITER ; le maître d'oeuvre en fut J. R. PICON.

15 ESPACE ET TELECOMMUNICATIONS

Ce paragraphe relate l'atmosphère qui régnait en EUROPE vers les années 60 après les exploits spatiaux des superpuissances. On verra plus loin dans le récit (chapitre 19) comment l'option prioritaire "TELECOMMUNICATIONS" pour les applications de l'espace (année 1970) engendra une activité qui revenait de droit au savoir faire "FAISCEAUX HERTZIENS".

La première satellisation d'un SPOUTNIK de 84 kg le 4 octobre 1957 fit une immense sensation et quelques années plus tard, en 1960, l'espace avait acquis un grand prestige après que les sondes lancées par les Américains et les Russes commençaient à explorer le système solaire... QU'ALLAIT ON TROUVER ?...

Citons l'exploration lunaire par les RANGERS (1963-1965) puis les SURVEYORS et les LUNAR ORBITERS (1966-1968), MARINERS, PIONEERS... etc... et les sondes Soviétiques dont ZOND lancée par la fusée PROTON et LUNA, VEGA...

D'aucuns se demandaient si l'Europe pourrait un jour rivaliser avec les deux superpuissances (ils avaient tort) et il en résultait une attitude contemplative et pour certains que tout cela ne servait que le prestige et qu'ils n'en avaient rien à f....e.

Ce qui secoua l'apathie des Européens (dont les Français) ce furent les expériences de faisabilité concernant les satellites d'application : Télécommunications, Météorologie, Surveillance écologique... etc... Les Administrations et les Industriels se sentirent concernés (rappelons cependant que l'idée d'utiliser les satellites pour les Télécommunications fut évoquée pour la première fois en 1945 par Arthur CLARKE devant la British Interplanetary Society).

Après les satellites passifs dont ECHO (ballon de 30 mètres de diamètre en orbite) ce furent les satellites actifs à défilement en orbite basse RELAY et TELSTAR en 1962.

Pour ce dernier l'ATT réalisa pour le segment terrien une extraordinaire antenne de type cornet réflecteur ¹³ à très faible spill-over et de ce fait à très faible température de bruit. L'invention en était due à H. T. FRIIS et A. BECK des BELL LABS vers 1942 pour les Faisceaux Hertziens. L'antenne faisait 50 m de long et était associée à un MASER CRYOGENIQUE en réception à 4,1 GHz

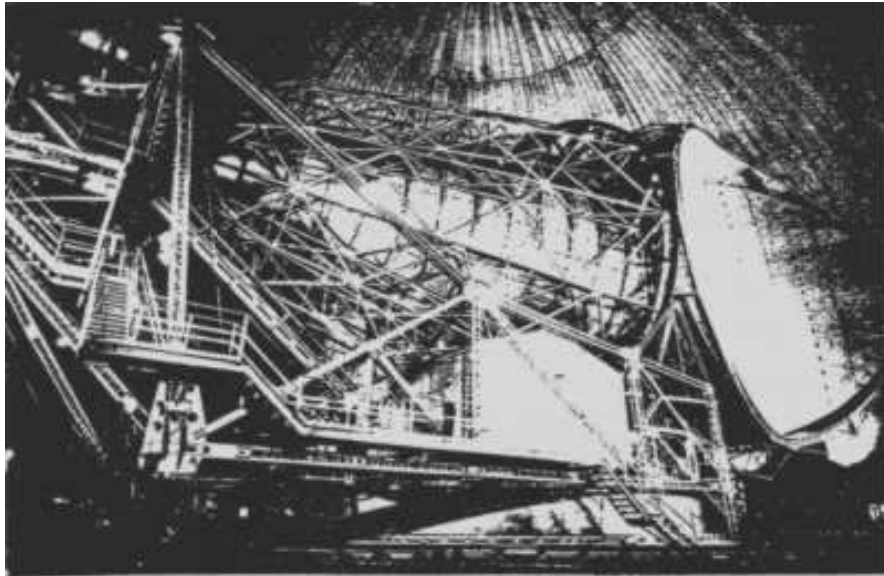
Un exemplaire fut installé en FRANCE à PLEUMEUR-BODOU en BRETAGNE et fit l'admiration des spécialistes d'hyperfréquences (il est encore visible sous son radôme à PLEUMEUR-BODOU). L'infrastructure à PB fut confiée à la CGE qui avait embauché Daniel GROBOIS pour ce travail, un ancien du Département G de la CSF déjà cité.

Une image de télévision provenant des USA fut reçue à PB via le satellite TELSTAR le 11 juillet 1962

TELSTAR était encore un satellite à défilement en orbite basse de sorte que l'énorme antenne de l'ATT devait être orientée en permanence pour suivre le satellite. Ceci effrayait un peu les ingénieurs des télécommunications qui s'interrogeaient sur les possibilités qu'offrirait un système rendu plus simple (pas de poursuite) si le satellite pouvait apparaître immobile par rapport à la terre, c'est à dire accompagner la rotation de la terre sur une orbite géostationnaire à 35 800 km de la surface de la terre... mais la propulsion et la précision de guidage ne le permettait pas encore.

Pierre CHAVANCE avait pressenti que ce serait possible, bien informé des projets de HUGHES AIRCRAFT par Serge JDANOVSKY (voir au chapitre 19-2-3 la mission dont ce dernier était chargé).

¹³ C'est ce type d'antenne qui permit à A. PENZIAS et R. WILSON de découvrir en 1964 l'existence du bruit cosmique 3 K fossile de la naissance de l'univers.



CORNET REFLECTEUR BELL LABS
50 mètres de longueur (pupille de 72 m²)

Ce n'est qu'en 1965 qu'on put disposer du premier satellite en orbite géostationnaire "EARLY BIRD" encore appelé INTELSAT 1, l'ancêtre de la famille INTELSAT, nom donné aussi à une organisation sous tutelle Américaine créée en 1964 pour définir, réaliser et exploiter le segment spatial d'un système global de Télécommunications, cette organisation allât jusqu'à compter plus de 100 pays membres.

Constatation : les Etats Unis ayant les lanceurs, les satellites en orbite, le prestige pouvaient négocier en position de force. L'Europe hésitante ne pouvait que s'incliner après les échecs d'EUROPA 1 et d'EUROPA 2... on était encore loin du lanceur L3S qui devint ARIANE.

EARLY BIRD échangeait des signaux avec la terre par un faisceau à 6,3 GHz pour le trajet montant et par un faisceau à 4,1 GHz pour le trajet descendant. On comprit alors l'étroite parenté des Télécommunications par Satellite avec les Faisceaux Hertziens terrestres (remarquer que ces premières expériences se faisaient à des fréquences normalement attribuées aux Faisceaux Hertziens et qu'ainsi l'ATT avait gagné un temps précieux en utilisant son savoir faire " MICROWAVE LINK ").

DFH ne pouvait pas ne pas s'intéresser à cette application de l'espace si prometteuse... ses ingénieurs se mirent donc à échafauder des projets "papiers" tandis que Bernard GORY nouait des contacts fructueux avec FRANCE CABLE ET RADIO, le CNET et d'autres industriels, ce qui préparait la création du GIE TELSPACE. Le Président de FRANCE CABLE ET RADIO (FCR) Maurice LHERMITE nous soutenait ainsi que René COLIN de VERDIERE.

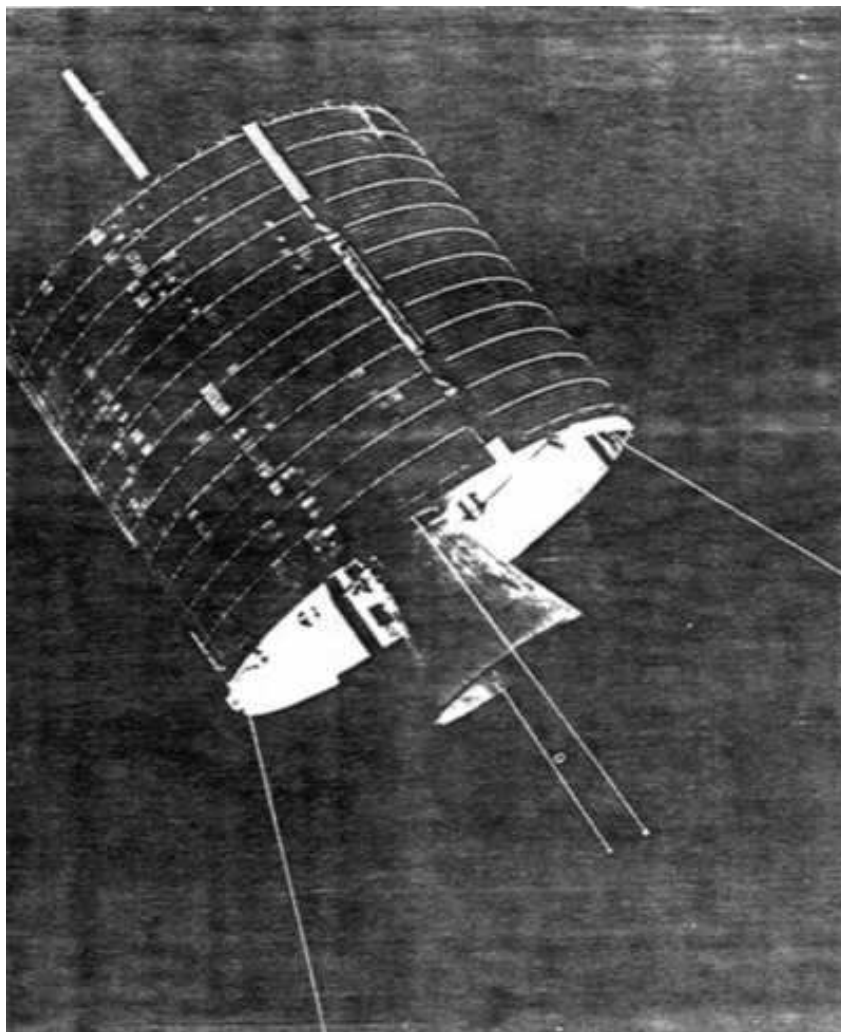
Claude BREMENSON évaluait le handicap du bilan de liaison à 78 dB compte tenu de la distance à l'orbite géostationnaire mais concluait que notre savoir faire de

l'époque pourrait le combler. Par contre le délai de transmission de deux fois 250 millisecondes pour un aller et retour entre correspondants était inéluctable ¹⁴ étant données la vitesse finie de la lumière (300 000 Km/s) et la distance entre les stations terriennes et le satellite en orbite géostationnaire (37 500 km en moyenne).

Ces travaux de réflexion qui occupaient aussi Guy PLOTTIN du Laboratoire de Jean Claude SIMON permirent à la compagnie de prendre une place honorable dans la compétition internationale lorsque le moment fut propice.

Au cours de la période 1960-1969 CSF obtint la commande des équipements de Télécommunications de PLEUMEUR BODOU II (contrat passé en 1966 et installation en 1968).

Par ailleurs, ne désespérant pas d'avoir un jour à réaliser des charges utiles de satellites, le Comité de Coordination des Télécommunications (CCT) et le Centre de Fiabilité du CNET élaborèrent le programme CONCERTO en 1969 pour composants à très haute fiabilité.



¹⁴ Aujourd'hui, en 1.992, il est envisagé de réduire ce délai à 20 millisecondes en utilisant à nouveau des satellites en orbite basse (500 et 1.500 km) mais qui, de ce fait, défilent par rapport aux stations terriennes, ce qui nécessite une poursuite asservie des antennes au sol.

16 LA FUSION THOMSON CSF en 1968-1969

La décision de fusionner la THOMSON et la CSF semble dater de la fin de l'année 1967. Jean Pierre BOUYSSONNIE en devint le Président

Quelles furent les conséquences de cette FUSION aux endroits où se trouvaient les éléments qui devaient ensuite constituer l'entité FAISCEAUX HERTZIENS ?

Ceux ci se trouvaient dans des ensembles réunissant les activités de Télécommunications, de Radiodiffusion et de Télévision réparties géographiquement comme il suit :

- à LEVALLOIS et CHOLET dans le Département des Télécommunications Fixes (DTF) de la CSF
- à LA GARENNE COLOMBES dans le Département des Matériels à Grande Diffusion (DMD) de la CSF
- à ISSY les MOULINEAUX dans le Département Télévision (DTV) de la CSF
- à GENNEVILLIERS dans la Division Radio Télévision (DRT) de CETH.
- à GENNEVILLIERS et LAVAL dans la Division Télécommunications (DTC) de CETH.

Les restructurations concernaient les domaines suivants :

- les Transmissions par Radio, Civiles et Militaires, Fixes et Mobiles,
- la Télévision et la Radiodiffusion Sonore et Télévisuelle,
- les Faisceaux Hertziens Civils et Militaires, Fixes et Mobiles,
- les Télécommunications par Satellites.

La fusion THOMSON CSF eut pour conséquences :

- Pour la Télévision et la Radiodiffusion un regroupement à GENNEVILLIERS dans le cadre DRT
- Pour les Télécommunications Civiles, émetteurs et récepteurs BLU/BLI et Militaires CP 225, RS 560, MYOSOTIS... etc... un regroupement dans le cadre DTC (ainsi se retrouvèrent rattachés à DTC les centres de LA GARENNE COLOMBES et de CHOLET)

Enfin les Faisceaux Hertziens à LEVALLOIS.

16-1 Naissance de la Division Faisceaux Hertziens (DFH) de la THOMSON CSF

Les Faisceaux Hertziens Civils et Militaires ainsi que les Relais Mobiles de Reportage de Télévision qui appartenaient à DRT et à DTV furent regroupés à LEVALLOIS où fut créée une nouvelle DIVISION ¹⁵ intitulée : DIVISION FAISCEAUX HERTZIENS (DFH).

Elle se constitua pendant l'année 1969.

En 1970-1971 la DFH se voyait attribuer en plus les STATIONS TERRIENNES DE TELECOMMUNICATION PAR SATELLITE dont la parenté avec les FAISCEAUX HERTZIENS a déjà été maintes fois soulignée. Elle se justifiait dès lors que la FRANCE avait opté de façon prioritaire pour les applications "Télécommunications" de l'espace, l'organisme officiel responsable étant le CNET.

La division prit le nom de DIVISION FAISCEAUX HERTZIENS et LIAISONS SPATIALES après que le secteur charges utiles de satellites (DSP) lui fut attribuée à la suite de la disparition de BOUDIGUE Directeur d'AVS (1974).

Pour la petite histoire, il faut savoir que d'aucuns considéraient que l'autonomie d'une telle activité était téméraire... il n'en fut rien... car DFHLS. devint l'un DES PLUS BEAUX FLEURONS de la THOMSON CSF

¹⁵ Les unités responsables d'un domaine prirent le nom de DIVISION au sein de la Société fusionnée THOMSON CSF.

17 LA DIVISION FAISCEAUX HERTZIENS 1969



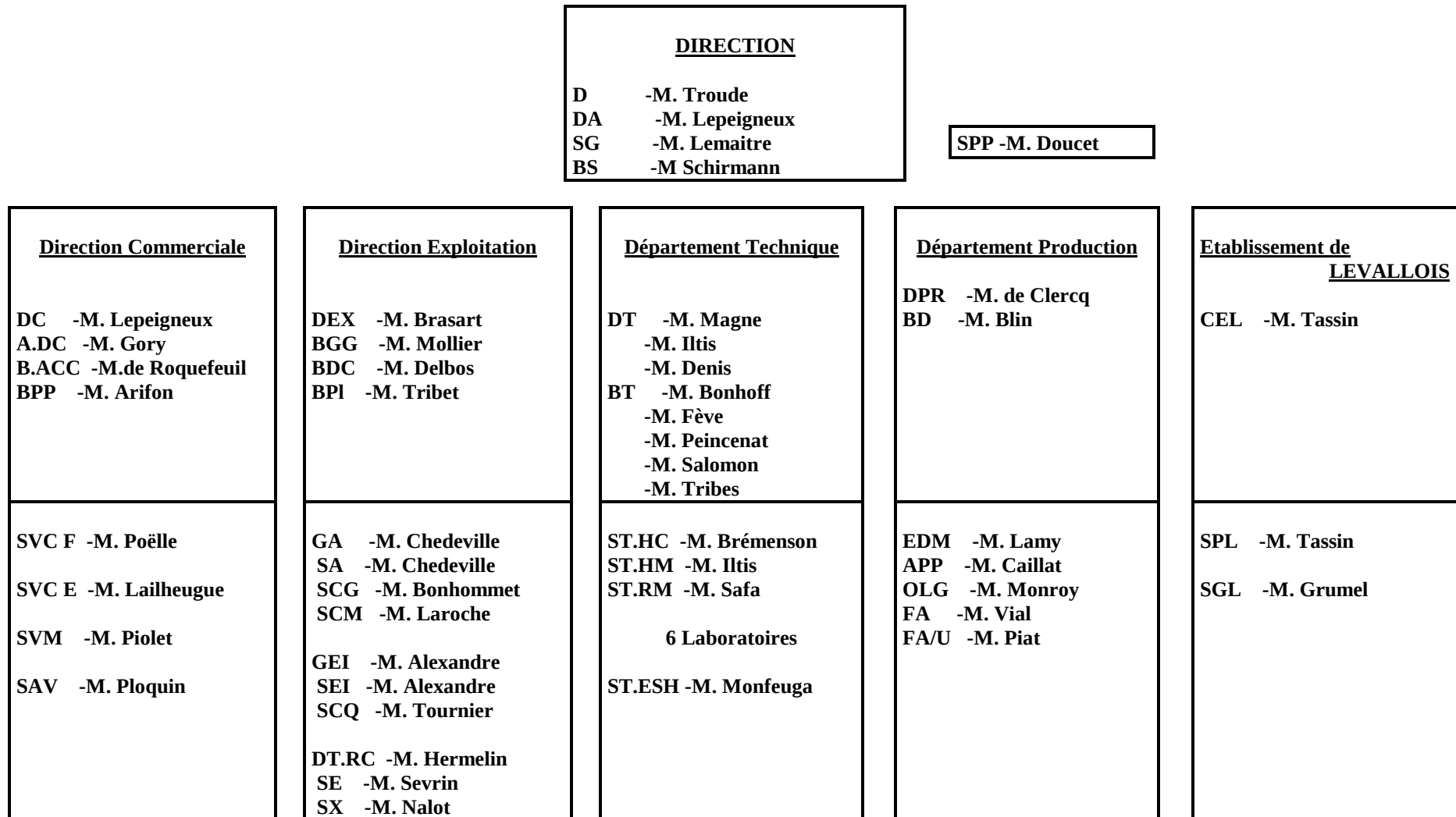
Jacques TROUDE

Après que la fusion eut été prononcée, le Directeur de la Division Jacques TROUDE put enfin concrétiser ses idées. Elles mettaient l'accent sur les avantages des organisations matricielles encore peu communes en FRANCE. Comme les matrices, elles eurent des colonnes et des lignes, en clair certaines étaient verticales, par exemple, la Direction Commerciale, la Direction Technique, la Direction de la Production, la Direction Administrative alors que d'autres étaient horizontales.



Jacques TROUDE présidait un Comité de DIRECTION qui se réunissait le Lundi matin. Le secrétariat de ce Comité était assuré par Georges SALOMON, un ancien de la SFR qui avait vécu maintes aventures sous l'occupation entre 1939 et 1945. La mise en forme des comptes rendus du Comité était effectuée par Gilberte RACHEL dont l'activité se poursuit aujourd'hui au sein de l'AICPRAT.

Gilberte RACHEL



17.1. Une Direction de l'Exploitation (horizontale)



Jean BRASART

Son responsable était Jean BRASART qui eut pour adjoint, par la suite, François MASSOT. Cette Direction désignait les CHEFS d'AFFAIRES et les CHEFS d'ETUDES dont le rôle était de suivre les opérations résultant des ordres ouverts au sein de la DIVISION. Cette Direction n'avait pas à proprement parler autorité sur le Personnel Technique ou de Production ou d'Essais mais se tenait en permanence informée du déroulement des travaux et des dépenses comptabilisées, suscitant l'intervention de la Direction concernée lorsque cela s'avérait nécessaire.

La mise en place de cet organisme eut pour conséquence (après rodage), une clarification des comptes, une meilleure tenue des délais et l'assainissement de la situation financière de la DIVISION.

La gestion de l'exploitation était du ressort de Gilbert ALEXANDRE avec Georges RAYMOND ; citons aussi Robert REMY;

17-2 Un Service Technique des Réseaux et Chantiers (STRC)



Michel HERMELIN

Son responsable était Michel HERMELIN, son adjoint était Maurice SEVRIN. Plus tard Jean NALOT rejoignit ce service. STRC avait pour mission l'ingénierie des réseaux, à savoir la reconnaissance topographique, le choix des itinéraires minimisant les troubles prévisibles de propagation, les installations, les travaux de génie civil (si nécessaire) et la présentation en recette clef en main.

STRC fut doté de personnel compétent pour suivre la sous-traitance, tâche qui avait à voir, comme déjà souligné, avec l'image de marque de la DIVISION :

- pylônes métalliques (René BOURGEAY),
- ateliers d'énergie autonomes pour les pays en voie de développement n'ayant pas de réseau électrique,
- bâtiments dans certains cas. STRC proposa quelques fois la solution originale des cuves enterrées.

Sous l'impulsion de Michel HERMELIN, STRC sut imaginer quand il le fallait des solutions originales :

pylône démontable pour reconnaissance radioélectrique sur le terrain et le matériel de mesures, tracé de profils terrestres par l'avion de l'Institut Géographique National, utilisation de thermogénérateurs d'électricité, de turbines en circuits fermés chauffées au propane... etc... Michel HERMELIN avait, en plus, la Direction totale de toutes les équipes de chantier, tâche difficile à cause du déploiement de nos effectifs à l'échelle de la planète et qui nécessitait de fréquents voyages de sa part ! Rendons aussi hommage à Jean QUINQUE qui fut responsable de cette activité à l'époque héroïque de la SFR.

Citons quelques chefs de chantier (liste alphabétique) :

Jean ASMAR, Noël ASPA, François BARJOU, Guy BENARD, Roger BERNARD, Jacques CARRE, Jean Pierre CRETAZ, Jean DEBUSIGNE, Jean Paul DELMON, Jean Claude DELOMENIE, Yves DEVINEAU, Jean DEVOL, Georges DEVUNS, Raymond DUJARDIN, Michel DURAND, Daniel GIRARD, Jean GUERANGER,



Philippe MAGNE

Plus tard, Jean SALOMON rejoignit DFH venant de DRS où il avait acquis une grande compétence en hyperfréquences ; il assistait Philippe MAGNE dans ce domaine. Plus tard sa carrière fut orientée vers les applications spatiales, il devint l'Ingénieur en Chef du GIE TELSPACE : en plus, la Commission d'Etudes 4 du CCIR lui confia la Présidence du Groupe chargé de rédiger un Manuel sur les Télécommunications par Satellite.

Cette mise en place se passa au mieux grâce à l'esprit d'équipe de Jean ILTIS et parce que lui-même et ses collaborateurs apportaient des compétences et des activités complémentaires. Il s'installa un climat de confiance réciproque tout à fait salubre à une fusion réussie.

La philosophie de l'organisation de DTFH était inspirée par la diversité des problèmes à résoudre¹⁶ nécessitant des entités spécialisées.

Jean GRZECZKOWICZ, Jean Jacques HETZLEN, Gérard JACOT, Grégoire KEBABTCHEFF, François KERBRAT, Marcel KERBRAT, Alain KERNIVINEN, Dominique LAFARGUE, Gilbert LAGARDE, Christian LARRIU, Philippe LEBORGNE, Roger LEJEUNE, Jean LEPRISE, Marcel LE QUERE, Jean LE SCORNEC, Augustin MANCEAU, Marcel PIRABEAU, Claude RONSIAUX, Jean Dominique ROSSI, Jean Claude ROUSSEAUX, Jean Paul SIGWALT, André SILHONNET, Benoît SION, Pierre THOMAS, Jean Charles THOMAS, Claude THOMAS et Pierre WUILMART... et tous ceux dont le nom ne figure pas mais qui auraient dû être cités...

17-3 La Direction Technique DTFH et l'apport de THOMSON

Cette direction de type vertical me fut confirmée et le personnel technique THOMSON affecté.

L'organisation que je mis en place était conforme aux directives de Jacques TROUDE recommandant les structures matricielles déjà évoquées.

L'état major de cette Direction comprenait : Philippe MAGNE, Jean ILTIS, André DENIS, Stéphane BONHOFF, Claude BREMENSON et René TRIBES.



Jean ILTIS



Stéphane BONHOFF

¹⁶ D'où l'adage : Qui fait quoi ?

Une telle façon de voir les choses n'avait, en soi, rien de très original, tout lecteur attentif de la bonne littérature pouvait dès cette époque se rendre compte que la profession travaillait de cette façon.

Il m'apparaissait qu'il fallait des spécialistes de la spécialité et des spécialistes de la généralité, un peu comme en médecine. Ceci n'impliquait pas la nécessité de contraindre certains responsables à une activité spécialisée "ad vitam aeternam", je souhaitais même une mobilité du personnel, dans la mesure du possible, en conservant des entités spécialisées, le métier étant ce qu'il était. Il s'établit d'ailleurs assez spontanément des mouvements de personnel corrélatifs des variations des charges d'études et des besoins en extension des essais, des installations, des projets et des réponses aux appels d'offres. La conséquence (peut être surprenante) en fut une continuité de responsabilité pour ceux qui eurent la chance de pouvoir accompagner un matériel depuis sa conception jusqu'à sa recette en station.

DTFH fut constituée dès 1969.

17-3-1 Des laboratoires spécialisés

- Antennes et Feeders : Nhu BUI HAI qui avait aussi une importante délégation de pouvoir en tant que correspondant brevets ¹⁷ de la DIVISION,
- Hyperfréquences, Guides d'ondes, Filtres S.H.F., mélangeurs etc : Pierre de BAYSER à qui succéda Jean FOUILLET puis C. DEPRET.
- Oscillateurs locaux : Lazard ARGINTARU,
- Amplificateurs S.H.F. à transistors : Roland GIRARDAT et Monique ANDRE-BLANCHANDIN,
- Amplificateurs F.I. et Modem F.I. : Philippe LEGENDRE puis Jean Marie NEF et Michel CAMAND,
- Amplificateurs à grande puissance : Guy BENARD, Pierre MUREZ, DEFOSSEZ,
- Alimentations régulées à découpage : Raymond JACQUET et Gérard RUBINO,

Cette découpe était le reflet des problèmes à résoudre, sans ordre de préférence, tous étant fondamentaux pour la réussite de la DIVISION.



Nhu BUI HAÏ



Pierre de BAYSER



Raymond JACQUET



Jean FOUILLET

¹⁷ Au milieu des années 80, DFH avait un portefeuille de 350 brevets dont 37 déposés au nom de Nhu BUI HAÏ.

-3-2 Des services techniques

Ils avaient pour mission de définir et d'assembler les sous-ensembles que les laboratoires spécialisés étudiaient. Ceci n'impliquait aucune hiérarchie particulière des services techniques par rapport aux laboratoires spécialisés ; il y eut parfois des malentendus qu'il me fallut dissiper.

Toute organisation contient des contradictions génératrices de petites difficultés mais aussi de vitalité.



Philippe MAGNE

- FAISCEAUX HERTZIENS CIVILS : Alexandre OSIAS ¹⁸ qui eut avant à mener le laboratoire Hyperfréquence,

- FAISCEAUX HERTZIENS MOBILES ET DE REPORTAGE T.V : Jacques BURSZTEJN qui eût avant à étudier les aides à l'exploitation,

- FAISCEAUX HERTZIENS MILITAIRES : François BURGUIERE et Alain RIOPEL,

- FAISCEAUX HERTZIENS TROPOSPHERIQUES : Claude COLLIN

- TELECOMMUNICATIONS PAR SATELLITES : fondé par Pierre LUGINBUHL puis Vincent MAUREL,

- TRANSMISSION NUMERIQUE A GRANDE CAPACITE : Vincent MAUREL.



Alexandre OSIAS



Jacques BURZTEJN

¹⁸ Alexandre OSIAS, décédé prématurément, fut regretté de tous pour ses qualités humaines et sa compétence.

SOUTIEN A L'ACTION COMMERCIALE ET A L'IMAGE DE MARQUE DE LA THOMSON CSF : DTFH et les chefs des services techniques avaient aussi à soutenir l'action commerciale par des conférences d'information dans les pays cibles de nos exportations. De nombreuses missions eurent lieu ; en SUISSE, en HOLLANDE, en ESPAGNE, dans les pays de l'EST, RUSSIE, POLOGNE, HONGRIE, ROUMANIE, en AMERIQUE, ARGENTINE, MEXIQUE, CHILI, PEROU et en AFRIQUE, CAMEROUN... etc. Il s'agissait de présenter les récentes évolutions techniques des Faisceaux Hertiens et les nouvelles générations de matériels que la SOCIETE mettait à son catalogue ; Ajoutons que cette action s'accompagnait de publications à caractère technique (dans la revue THOMSON CSF) ou technico-commercial qui donnaient tous les paramètres pour calculer les liaisons dans le but d'orienter les appels d'offres.



Alexandre OSIAS présentant les sous-ensembles du FH 250 à BUENOS AIRES.



Jean LALANNE détaché par la Direction Commerciale à MADRID puis à BUENOS AIRES organisait les conférences de DTFH

17-3-3 Un service essais

Il avait pour mission les réglages et la présentation en recette usine. Il fut longtemps sous l'autorité de Michel MONFEUGA ; Pierre GIRAULT en hérita lorsque son prédécesseur fut promu responsable de la qualité et directement rattaché au Directeur de DFH

Avec la croissance du chiffre d'affaires de la Division, les essais durent se structurer. Pierre GIRAULT soucieux de ses comptes désigna Mme DIEUDONNE pour les tenir.

Les Faisceaux Hertziens militaires étaient sous la responsabilité de Serge KOBALIAN et Gerard DARNAY se consacrait plus particulièrement aux Faisceaux tactiques tandis que M^{me} Bernadette GRASSET s'occupait de la gestion.

Les essais des Faisceaux Hertziens civils étaient menés avec maestria par Raymond DUJARDIN, LAURENT travaillait avec lui et Paul MOUCHNINO y participait de façon efficace et persévérante. Les Aides à l'Exploitation étaient confiées à Z.I. BOUSSO.

L'équipe de relais mobiles de TV était placée sous la responsabilité du très regretté DEROUT.

Pour les matériels de stations terriennes de Télécommunication par Satellites, c'était DEGREMONT qui en était chargé.

D'une manière générale, la quantité de matériel à sortir ne cessant de croître il fallut optimiser les réglages et les présentations en recette en vue d'aboutir à une AUTOMATISATION des PROCESSUS par l'INFORMATIQUE c'est à dire développer les méthodes d'essais, Michel ORLOWSKI et SCACHE s'y consacraient.

Le problème de l'ordonnancement prit aussi une grande importance, on le confia à Jean EUSEBIO qui fut, aux temps héroïques, au sein de l'équipe d'André DENIS.

Quant au parc d'appareils de mesures qui représentait un investissement considérable il fallait l'entretenir, l'étalonner, le dépanner, Robert NAULOT en fut responsable.

Bien d'autres noms devraient être cités, Pierre GIRAULT eut la très bonne idée de publier un trombinoscope que d'aucuns possèdent peut être encore. On y voit Gérard CANU qui eut la responsabilité des amplificateurs à grande puissance et les noms qui suivent : Madame BOURT, COURTOIS, POTTIER, GUILLOUX, Mademoiselle JONET, Madame LOUISFERT, QUEMERE, VILLEFRANQUE, CUFF, HEBRARD, SAVAL, DELMAS, EUDELIN, MARTY, PERRIN, NOURY, P. THOMAS, EL FASSI, DEWEZ, ROGER, POCCHIOLA.



Michel MONFEUGA



Pierre GIRAULT



Serge KOBALIAN



JOURDAIN



DEROUT



Vue du service Essais de Michel MONFEUGA (3^{ème} à partir de la gauche)
Derrière lui, le regretté DEROUT fauché par une grave maladie.

Comment procédait-on à l'essai des liaisons ?

Les débuts difficiles de l'activité Faisceaux Hertziens nous avaient enseigné que ce qui n'est pas préalablement essayé en usine avant d'entrer en service a peu de chances de répondre au cahier des charges sur le terrain. Cette constatation était tout à fait semblable à ce qu'apprirent à leurs dépens les pionniers des fusées (EUROPA 1 et 2).

On sait aujourd'hui tous les contrôles à effectuer avant une mise à feu... Et bien il en est de même, toutes proportions gardées, pour les matériels électroniques terrestres... et bien sur spatiaux... telle fut la leçon de l'histoire.

En conséquence, on assemblait en plate-forme d'essais tous les relais des sections hertziennes conformément au plan de fréquence du projet et on simulait la propagation par des atténuateurs, vérifiant que toutes les spécifications étaient tenues. JOURDAIN qui avait une grande expérience des Faisceaux Hertziens (sa carrière avait débuté au CNET) organisait ce regroupement avec COHEN et BIOJON.

Cela permit d'éviter les regrettables déboires des premiers chantiers où l'on s'apercevait, trop tard, que certains défauts de fabrication et même de conception se manifestaient en station et qu'il fallait les rectifier à plusieurs milliers de kilomètres de l'usine.

Ayons aussi une pensée pour Paul CROCOMBETTE qui eut un rôle important aux essais (FH 687) puis fut affecté au Service Projets et Produits où il apporta sa grande compétence avant d'être, malheureusement, fauché par une grave maladie. Son poste à SPP fut confié plus tard à Michel JOUBERT.

17-3-4 Un service Formation et Notices



René TRIBES

Le responsable était René TRIBES qui fut par ailleurs Professeur à temps partiel à l'INSTITUT SUPERIEUR d'ELECTRONIQUE DE PARIS puis, plus tard, à l'ECOLE SUPERIEURE d'ELECTRICITE.

Ses collaborateurs furent M. BERGER, (un ancien de la SFR), Michel DONZEL qui organisait les stages pour le personnel de l'Administration des PTT, Magdalena VAN CAENEGHEM, Basile GINGER, Alain LECLERCQ, Michel QUINARD, Pierre COURBOULAY et, plus tard, André BENSUSSAN.

Les ingénieurs récemment embauchés étaient confiés à René TRIBES avant d'être opérationnels.

En plus, les personnels de maintenance de nos clients venaient suivre des stages organisés au sein de l'entreprise à leur intention, ou bien, un instructeur possédant la connaissance du matériel et de la langue du pays était envoyé en mission chez le client

Cet investissement se révéla bénéfique pour la compétence du personnel technique de la division et contribua à développer une bonne image de marque de la THOMSON CSF car René TRIBES et ses collaborateurs savaient très bien inculquer à leurs élèves la rigueur d'esprit nécessaire à notre métier.

Soulignons une nécessaire prise de conscience de l'importance de la formation que seule l'entreprise peut dispenser tant à son personnel qu'à ses clients.

Les notices étaient rédigées par les instructeurs et leur édition était confiée à Henri CHOPY assisté :

-pour la frappe par Georgette RIEFFEL et Odette PERAN,
-pour le dessin par Claude PICHOT, Jean MERMET, Alain LIBER, Alain SAUDIN, Jean-Pierre DUFAY.

17-3-5 En résumé : A quoi se bornait le rôle du Directeur technique ?

D'abord prévoir le moyen et le long terme tout en se tenant informé des délibérations du CCIR qui étaient suivies par Stéphane BONHOFF et des nombreuses publications qui paraissaient dans les revues techniques, elles m'étaient signalées par le Service de Documentation Automatique de Madame Lucette TAMMAN du LCR CORBEVILLE après qu'un profil de recherches eut été mis au point d'un commun accord.

Pour le quotidien, arbitrer les petits conflits et trouver rapidement des solutions à des problèmes surgissant inopinément.

Gérer le personnel avec Daniel TASSIN.

Soutenir et encourager les entités spécialisées indispensables à la poursuite du progrès technologique tout en surveillant que les hommes ne séjournassent pas trop longtemps dans le même poste, ceci dans le but de dégager une petite élite relativement polyvalente.

A tous les échelons de la DT il existait une entente tacite avec les autres services de la Division (Production, Réseaux, Chantiers, Projets, Commercial...) pour que le personnel compétent puisse circuler aux moments opportuns.

Enfin le Directeur Technique, aujourd'hui narrateur, eut l'honneur de contribuer à l'insertion de cadres féminins.

Lorsque les Ecoles d'Ingénieurs commencèrent à avoir parmi leurs diplômés de jeunes femmes Ingénieurs, DTFH encouragea les laboratoires et les services techniques à les accueillir. parmi celles-ci citons Marie Christine HENRIOT qui obtint par sa compétence des responsabilités de commandement, ainsi que Monique ANDRE BLANCHANDIN qui réalisa les premiers amplificateurs hyperfréquence à transistors.



Marie Christine HENRIOT



Station Hertzienne du Mont Valezan

Construite à 1820 mètres d'altitude sur la commune de Mont Valezan, cette station terminée en 1975 a permis l'établissement de liaisons vers les centres de haute montagne (Bourg Saint Maurice, Val d'Isère).

17-4 La Direction Commerciale : Un nouveau style

Après la fusion et comme nous l'avons déjà indiqué, les Divisions eurent leur propre Direction Commerciale. André LEPEIGNEUX fut nommé Directeur Adjoint de la Division et Directeur Commercial (DCFH).

Il apportait un nouveau style marqué par son dynamisme et un dévouement exemplaire. Les sacrifices personnels qu'il s'imposait révélaient son attachement sentimental à la Division.

L'état major comprenait Henry PORRA et Bernard GORY assisté de Henri BENAÏM.

Un bureau de Promotion et de Publicité était animé par Pierre ARIFON déjà cité comme l'un des pionniers des Faisceaux Hertiens à la SFR

La responsabilité des ventes était répartie comme suit :

- Service Ventes FRANCE : Bernard POELLE assisté de René ASSOUS, de Jean Claude PICHOT, de Olivier AUBOINT VERMOREL et de BONVALOT. Citons aussi Paul GROUSSET, Jacques d'ALENCON, Jean Paul BERNES...

- Service Ventes EXPORT : Jean LAILHEUGUE assisté de Michel FENA, Henri TURMEL, Jean

LALANNE, Jean ASMAR, Jean LABOUE, Maurice CLOCHEZ, FOGLIA et, pour les Stations Terriennes André DUBOIS, Gabriel PAPON .

- Service Ventes MILITAIRES : PIOLET, CHARRON, Michel LAFFAIRE et Michel FRONTY.

- Service Après Vente : R. PLOQUIN puis, plus tard, André SILHONNET dont la parfaite connaissance des liaisons en raison de son activité sur les chantiers justifiait pleinement cette responsabilité. Il fut aidé par Gérard LESERVOISIER, Jacques PETIT, Jean CHARLES.



André LEPEIGNEUX



Bernard GORY



Bernard POËLLE

Au cours des années qui suivirent, cette structure fut en gros maintenue, mais des promotions donnèrent de plus amples responsabilités à Jean LAILHEUGUE, Michel LAFFAIRE, Michel FENA et Paul GROUSSET.



René BEDOURA

Un Bureau des Relations Extérieures et de la Promotion (BREP) revint à René BEDOURA en 1972, il s'employa : d'une part à rédiger et à diffuser les documents commerciaux destinés à accompagner nos offres et à valoriser notre image de marque, d'autre part à assurer la promotion de nos équipements et services en participant à des conférences, colloques, salons et expositions en FRANCE et à l'ETRANGER, en particulier à GENEVE et en AFRIQUE, AMERIQUE DU SUD, USA, URSS, EXTREME ORIENT.

Angelo MASUTTI était la cheville ouvrière du BREP

Monique BOULNOIS assurait avec gentillesse et efficacité le secrétariat du BREP

Après le départ en retraite de René BEDOURA, le BREP revint à Daniel GUERET



Monique BOULNOIS

En ce qui concernait les attributions de la Direction Commerciale, Jacques TROUDE décida que le MARKETING lui soit confié ce qui eut pour effet de responsabiliser et de dynamiser le personnel commercial : Michel LASSALE en fut chargé plus tard et coordonnait les analyses de marché.

Cette décision se justifiait par le fait que les fonctions commerciales permettaient de recueillir des informations précoces pour prévoir à long terme les produits exportables dans un certain nombre de pays cibles.

S'ajoutait à cela la participation de la Division aux Commissions du CCIR dont on sait que leurs Recommandations deviennent bien souvent les bases des spécifications des appels d'Offres Internationaux (Stéphane BONHOFF se dévoua beaucoup à cette tâche).

Citons enfin une belle devise du Commercial due à Bernard GORY :

Nous sommes les Ambassadeurs de la Société et aussi les meilleurs défenseurs de nos Clients.

L'effort commercial fut d'une extrême efficacité puisque le chiffre d'affaires quadrupla en peu d'années.

17-5 La Direction Industrielle

Cette Direction de type verticale fut confirmée à André de CLERCQ.

Sa carrière avait débuté en Juillet 1951 à l'USINE de LEVALLOIS et après une éclipse il revint en Avril 1967 pour prendre la responsabilité d'un Groupe de Production (GPR) nouvellement crée qui comprenait 600 personnes. En 1974, GPR devint une Direction de la Production (DPR) et en 1980 la Direction Industrielle et de la Production (DIPR) dont les effectifs atteignirent jusqu'à 1 500 personnes.

La DIPR était constituée de 6 services que nous allons décrire.

17-5-1 Le Développement (encore appelé EDM)

Le responsable en fut jusqu'en 1972 Michel LAMY (c'était un de mes camarades de promotion) dont nous aurons à reparler plus loin pour ses initiatives techniques bénéfiques.



André de CLERCQ

Le Développement, à partir de 1972, fut placé sous la responsabilité de René DASSONVILLE qui savait très bien exprimer la spécificité de cette entité que l'on désignait aussi par le sigle EDM (explicité plus loin).

Traditionnellement l'activité de ce Service concernait le DESSIN INDUSTRIEL comme dans la grande métallurgie et la mécanique mais dont la vocation s'était précisée au cours des avatars de l'USINE de LEVALLOIS. Nous n'évoquerons que la période contemporaine à DFH

EDM avait pour interlocuteurs les spécialistes des Techniques déjà évoqués précédemment et les spécialistes des différentes Technologies¹⁹ nécessaires pour constituer les équipements de Faisceaux Hertziens et de Télécommunications par Satellite. Il se trouvait donc que ce Service était au CONFLUENT de contradictions dont la résolution était un "dossier de dessin" exécutable.

Par suite d'un choix historique revendiqué par l'usine de LEVALLOIS (ex SFR) EDM était considéré comme la PORTE d' ENTREE de la PRODUCTION et, de ce fait, en dépendait hiérarchiquement.

Venons en maintenant au sigle-**EDM**-dont les trois initiales étaient diversement interprétées.

¹⁹ On notera que, contrairement aux Pays ANGLO-SAXONS, les termes TECHNIQUE et TECHNOLOGIE ont des significations beaucoup plus distinctes en FRANCAIS.



René DASSONVILLE

L'unanimité s'était faite sur le **E** pour "ETUDES" mais la dichotomie de leur organisation au sein de la DIVISION (existence de Laboratoires spécialisés et de Services Techniques) provoquait parfois quelques états d'âme .

Le **D**, il se réduisait pour certains à DESSIN et pour d'autres à DEVELOPPEMENT plus conforme à ce que proclamait la philosophie industrielle pragmatique des ANGLO-SAXONS symbolisée par le jumelage des initiales R et D (Recherches et Développement)... jamais séparées

Enfin le **M** pour MECANIQUE, MATERIEL ou même METHODES, relents historiques d'anciennes organisations.

Rappelons que les Directives de Jacques TROUDE étaient que le BUREAU d'ETUDES et les LABORATOIRES avaient à travailler de concert, plutôt que l'un après l'autre. C'est une consigne dont on put constater l'efficacité par une diminution sensible des arbitrages et par une réduction des coûts.

QUELLE ETAIT LA MISSION d'EDM?

André de CLERCQ faisait très justement remarquer que la difficulté majeure à laquelle ce Service était confronté était le lien qu'il devait assurer entre ce qu'il appelait :

"la Technique et l'Industrie"

Avec humour il avait rédigé une note faisant savoir que EDM était une "CHARNIERE", ce que de mauvais esprits traduisaient immédiatement par "ESPECE de GOND" !!

André de CLERCQ confronté avec des problèmes industriels soulignait que les exploits de l'Atelier Maquette aboutissaient parfois à d'extraordinaires pièces mais qui se révélaient irréalisables en série à un prix convenable.

Il fallait donc qu'EDM "pense" série même s'il apparaissait de prime abord que le nombre d'E/R à construire était faible en regard de ce que la grande industrie avait à faire dans d'autres domaines.

On comprendra mieux cet aspect si l'on rappelle qu'en 1978, pour satisfaire les commandes de 4 000 FH 664, 2 000 FH 665 et 800 FH 693, on dut, entre autre, lancer 40 000 cavités hyperfréquence d'un même type (à la suite de l'adoption de modules standards déjà évoqués précédemment).

Pour ce qui est des aspects technologiques il fallait venir au secours des Laboratoires qui ne percevaient pas toujours très bien les procédés à utiliser, on se souviendra du problème des "chips" qui ne dépendait pas d'un tour de main, contrairement à ce que pensaient les techniciens, mais de la réussite d'une métallisation.

Revenons maintenant à la description de la mission d'EDM décrite par René DASSONVILLE lui même.

Elle comprenait les fonctions suivantes :

DEFINIR.

Concernait la décomposition des équipements en sous-ensembles et unités de fabrication en accord avec un Service Technique et le Service Projets et Produits (SPP).

Pour EDM les définitions résultaient de trois points de vue :

Mécanique, Technologique, Environnemental.

C'était un compromis entre les contraintes suivantes : les spécifications, l'électronique, les normes et standards, les procédés de fabrication qui découlaient des choix d'investissements, les lois de la physique, l'ergonomie, la sécurité, l'esthétique ... etc. ... et enfin les coûts et les délais.

RENDRE REALISABLE.

Imposait un choix d'unités de fabrication, voire d'opérations élémentaires de fabrication.

TRADUIRE

Parce que les langages des Services impliqués étaient différents et que le dossier devait être compréhensible de tous avec des volets identifiables par chacun : Production, Approvisionnements, Commercial, Notices, Essais, Chantiers, Après vente...

Il en résultait le besoin de répertoires hiérarchisés. Cette tendance fit l'objet, plus tard, d'Instructions Générales de la Direction Industrielle de THOMSON CSF (IGDI).

ARCHIVER.

Les informations contenues dans les dossiers EDM avaient à être mémorisées pendant de nombreuses années jusqu'à l'obsolescence et bien au delà, pour l'après vente en conformité avec les contrats (10 à 20 ans).

Cette tâche n'était pas aussi facile qu'il pouvait y paraître car elle nécessitait une grande vigilance quant aux répercussions des évolutions des composants par exemple et une accessibilité rapide. L'Informatique fut bénéfique pour simplifier les procédures.

QUELLES ETAIENT LES QUALIFICATIONS DU PERSONNEL ?

EDM disposait d'Ingénieurs dont la compétence était industrielle, mécanique et technologique, (Arts et Métiers par exemple), et de Dessinateurs de toutes qualifications et enfin d'Archivistes.

Dès lors que la spécificité des produits de la DIVISION se précisait, la spécialisation du personnel d'EDM s'imposa : Antennes, Micro-électronique, Hyperfréquences, Circuits imprimés ... etc ...

QUELS ETAIENT LES MOYENS ?

A l'origine l'outil de base était la table à dessin et les machines de tirage de plans.

Une évolution importante se produisit vers la fin des années 70 avec l'apparition de la CAO/DAO et de nouveaux procédés d'Archivage : Cartes à fenêtre, logiciel AÏFA pour les approvisionnements.

D'autre part EDM eût à utiliser des moyens appartenant soit à DFH soit communs aux autres unités de THOMSON CSF, par exemple, les simulateurs d'environnement, climatique, vibratoire, de chocs, d'efforts ... etc ...

EDM et le COUT DES MATERIELS

L'opinion selon laquelle la connaissance d'un coût n'est possible que lorsque le dossier de dessin est complet s'avéra des plus nuisibles pour l'optimiser et eût pour conséquence perverse que l'on attribuait à tort la responsabilité de coûts trop élevés à EDM.

René DASSONVILLE faisait très justement remarquer que le coût d'un matériel se fige très tôt au cours de sa conception car 80% de ce coût résulte de 20% en types d'articles qui le composent, lesquels sont choisis au moment de la faisabilité ou de la réalisation des maquettes.

L'Analyse de le Valeur, sorte d'examen de conscience, apparut comme une règle dont l'application devait être permanente et surtout pas "in fine" ou trop tardive.

Les recommandations de Jacques TROUDE rappelées au début de ce paragraphe s'avérèrent vraiment prémonitoires !

Ne terminons pas ce paragraphe sans rendre hommage à EDM pour avoir su optimiser la structure mécanique des E/R sous forme de poutres accolables ce qui permit une standardisation des E/R quelle que soit leur position et des extensions rapides en station.

LES PERSONNALITES

Bien qu'incarnant une tradition industrielle au sein de l'usine de Levallois, le "turn-over" d'EDM était assez important, la raison en sera mieux comprise dans ce qui suit.

EDM recrutait comme toute la Division, de jeunes Ingénieurs attirés par le prestige de son activité, trouvant dans les postes à pourvoir une expérience professionnelle enrichissante. Malheureusement, il s'avérait qu'EDM ne pouvait leur offrir à terme qu'une évolution de salaire et, plus difficilement, une évolution hiérarchique. Ayant acquis une bonne référence, ils trouvaient facilement ensuite une situation chez d'autres employeurs. Malgré cela quelques uns firent carrière dans la maison et contribuèrent aux succès de la Division de façon significative .

Citons les :

Roger BONVALLET qui eût, avant qu'EDM ne se consacre aux Faisceaux Hertiens, à résoudre les problèmes que posaient les RADARS lorsque l'usine avait à en construire.

Son expérience fut des plus profitable à cette nouvelle activité, forte de sa connaissance de la technologie des hyperfréquences. Son dynamisme, son efficacité, son pragmatisme, son intelligence astucieuse furent d'un grand secours pour la Division.

Michel LAMY qui eut la responsabilité d'EDM vers les années 1970 comme nous l'avons déjà signalé. Il proposait des solutions "très en avance" et fut le promoteur de l'utilisation intensive des profilés en alliages légers qui procuraient des structures à moindre coût et de surcroît esthétiques .

René CHEVALLIER spécialiste de la grande ferraille, des calculs de charpente, sa compétence fut utilisée avec succès pour l'antenne multibande CM 467, les énormes antennes durcies destinées à la Force de frappe Française, les grandes antennes de stations terriennes de Télécommunications par Satellite.

Philippe MOUTET qui avait des convictions industrielles solidement ancrées et qui fut affecté au développement du Faisceau Hertzien Modulaire (RITA), un des grands succès de la DIVISION. Signalons que son père, Louis MOUTET, eut jadis la responsabilité d'EDM auquel il avait inculqué des habitudes de développement industriel régies par des instructions très précises (Louis MOUTET contribua à l'époque à l'affaire CABET déjà citée).

Henri ASSALI qui débuta dans l'industrie comme technicien de Laboratoire, apporta rigueur et continuité à la gestion des matériels "catalogue" . Les matériels FH 664 et FH 665 gardèrent son empreinte.

René DESRAISSES qui fut d'abord un Ingénieur d'Etudes dans un Service Technique puis s'orienta ensuite dans le Développement. Il eut à industrialiser la troisième génération de Relais mobiles de TV.

Christian BEAU acquit son savoir faire à propos des Stations Terriennes. Il eut le soutien expérimenté de Robert BRICQUET et de Roger BONVALLET.

Georges GRUYELLE fit ses premières armes à EDM. Son envergure, associée à beaucoup de flegme, lui permit de faire une brillante carrière lorsqu'il devint responsable du Centre de CHERBOURG.

Pierre BLESSMANN, brillant élément qui fut remarqué à l'époque où l'Usine de Levallois construisait les grands émetteurs : ALLOUIS, ISSOUDUN... Le changement d'activité de l'Usine le laissa un peu dépité mais n'empêcha pas sa compétence de s'adapter à la nouvelle activité.

Denis CHAIGNOT chargé des circuits imprimés était aidé efficacement par la patience de Pierre SOULHOL et par une équipe de dessinatrices de très bonne volonté. L'introduction de la CAO et de la micro-électronique hyperfréquence eut pour conséquence une refonte de ce métier.

Michel MORISSEAU dont on put dire qu'il était le digne successeur de BONVALLET. Il possédait, en plus de sa compétence, une aisance relationnelle des plus utiles pour les démarches un peu diplomatiques dont EDM avait besoin. Son nom est à associer à tous les FH Militaires : HADES, VESTALE, RITA, SYRACUSE, CARRY ...etc ...

MIALARET avait la tâche ingrate des mises à jour et s'en acquittait avec une grande conscience professionnelle.

Jean François GLEIZES, réputé pour son efficacité à gérer les équipes et les affaires complexes.

Marcel NARZUL dynamique et créatif, très ouvert d'esprit et très persévérant pour les mises au point "mécaniques".

17-5-2 Service achats des approvisionnements

Nous avons eu l'occasion de souligner la prise de conscience du dilemme : faire, acheter, sous-traiter. Il y avait donc, comme on peut s'en douter, à approvisionner la DIVISION en composants et sous ensembles entrant dans le matériel : les fournisseurs étant étrangers à la Compagnie ou encore étant d'autres Divisions de la THOMSON CSF.

Cette tâche ne pouvait être confiée qu'à une personne sachant de quoi elle parlait : elle fut confiée à Robert CAILLAT dont on put, par ailleurs, apprécier le sérieux, la fidélité à l'entreprise et le dévouement pour aider les autres responsables de la DIVISION.

Sa compétence venait de l'expérience acquise au sein de l'usine de Levallois où il avait eu des tâches d'études dans le Service des Grands Emetteurs puis des responsabilités en Vidéo Radar après avoir séjourné auprès de Guy LE PARQUIER rue du MAROC à PARIS. Après ces différents travaux techniques, il eut la responsabilité de tous les essais concernant les matériels produits par l'ancienne organisation.



Robert CAILLAT

Lorsque l'entité "Câbles Hertiens" commença à émerger, il eut à en diriger le Service Industriel. Un tel passé lui permettait d'endosser la lourde responsabilité des Achats d'approvisionnements.

Il eut à mener de délicates négociations avec les fournisseurs en général, plus particulièrement avec les JAPONAIS pour les transistors hyperfréquence si importants pour les E/R les plus modernes.

Robert CAILLAT était et est toujours un "mordu" d'informatique, son goût pour cette discipline fut bénéfique pour simplifier et rationaliser la fonction ACHAT.

S'agissant de l'approvisionnement d'une importante DIVISION, on comprendra pourquoi l'informatisation des ACHATS s'imposait si l'on rappelle que DFH était en rapport avec 2 000 fournisseurs pour 18 000 articles faisant l'objet de 6 000 commandes "en cours" (statistiquement chaque commande concernait 2 articles).

On doit à Robert CAILLAT la mise en place du système informatique AÏFA fonctionnant en temps réel (TEXAS INSTRUMENT, aux USA, travaillait aussi de cette façon). Il était assisté, pour cette tâche très importante pour DFH de Hubert de la BROISE et par la très enthousiaste Brigitte BERTHOUX.

Ce fut une première en FRANCE dont la réussite fit tache d'huile puisque sept usines de THOMSON CSF adoptèrent le système AÏFA rodé par Robert CAILLAT.

Citons ses autres collaborateurs :

- la Secrétaire du Service, Jeannine JACQUOT, rouage essentiel des relations externes et internes,

- les techniciens qui aidaient les laboratoires pour le choix des composants et des fournisseurs dans le but d'optimiser les listes (recherche d'un dénominateur commun).

C'étaient Ernest RECHER, Jean JAILLET, Rolande MARGUILLARD, puis, plus tard, Germain VERDIER, Jacques FLOUR-BOURRIL et Alain WATHLE.

- la gardienne du cahier des standards Denise MOURONVAL héritière de cette responsabilité longtemps assurée par Pierre AUSSANT.

- enfin les acheteurs André FAHY, William CARMICHAËL, René DODAIN, Adrien COMMECY, Juliette FAUROUX, Gisèle ZITKO, André BOUROTTE, Jean SARRATO, Gilbert ALEXANDRE, Jean de ROSNY, René AUVRAY ²⁰ et enfin Daniel BOURGEOIS.

17-5-3 L'ordonnancement (OLG)

Ce fut Florentin MONROY qui en eut la responsabilité lorsqu'André de CLERCQ revint à LEVALLOIS. Il avait alors la difficile mission d'assurer la synchronisation des tâches de fabrication pour que les délais contractuels de fabrication soient tenus !

Il était secondé par GRASSELLI à l'usinage, la tôlerie et la finition et par Roger FOUGERE au montage, citons aussi Henri DELANEAU.

A cette époque, ordonnancement et lancement relevaient d'une sorte d'alchimie dont l'équipe MONROY avait le secret ; elle réussissait, sans



Florentin MONROY

²⁰ Le nom de René AUVRAY est connu au MUSEE de la MAISON de la RADIO comme donateur d'un premier Téléviseur datant de 1947, qu'il avait construit avec un TUBE CATHODIQUE de 11 cm à déviation électrostatique.

ordinateur, à obtenir, sans trop d'éclats de voix, que les délais fussent tenus. On comprendra le miracle si l'on sait qu'en 1975, 50 000 pièces étaient dans le tuyau (d'une centaine de types différents au moins) comme disait Florentin.

En 1978, GASTINNE et DODU lui succédèrent et commencèrent la mise en place d'un système de conduite de production informatisé mieux adapté au produit Faisceau Hertzien.

André de CLERCQ eut à résister aux pressions de la Direction de l'Informatique (DIS) qui voulait lui imposer des systèmes obsolètes destinés au RADAR (quel combat !)

Pour fixer les ordres de grandeur, il faut savoir qu'en 1977, 1 200 000 heures de travail furent exécutés pour DFH dont 500 000 à l'extérieur (par comparaison il y en avait 350 000 en 1967).

Elles étaient confiées à Cherbourg, Cholet, Sartrouville et à des sous traitants ce qui nécessitait une mise au courant de ceux ci à propos de nos technologies et compliquait l'ordonnancement et le suivi des affaires.

17-5-4 La fabrication

Avant 1970 et dans le cadre de l'organisation précédente Henri ASTRUC avait la responsabilité de la fabrication des faisceaux hertziens.

Après 1970 elle fut confiée à Michel VIAL ; à cette époque elle souffrait d'un manque cruel d'investissements.

Jacques TROUDE mena une politique courageuse pour obtenir les crédits d'investissement nécessaires au redressement de la situation.

L'Atelier de finition électrolytique, argenture, dorure, fut entièrement refait sous la houlette de VAN DEN ABELLE, notre sorcier ingénieur, chimiste talentueux assisté de MONTAGNAT. Ils obtinrent par "électro forming" des pièces hyperfréquence atteignant la perfection.

Une fabrication de circuits imprimés pour amplificateurs à 800 MHz fut mise au point malgré certains avis défavorables. Ce fut une réussite grâce à la maîtrise de trous métallisés assurant des retours de masse très efficaces.

On créa un atelier de peinture électrophorèse.

Des moyens modernes d'usinage : machines à commande numérique, fraiseuses, tours, enfin centres d'usinage reçurent des dotations en investissements considérables.

Le montage câblage fut complètement réorganisé et confié à SPIRIDONOFF, des centres spécialisés furent créés pour les oscillateurs locaux et les filtres hyperfréquence.

Les hommes qui aidèrent Michel VIAL furent : PIAT, PRUDHON, BERTHOMIEU, LEONE, ANDRE ...La sous traitance usinage était du ressort de Edouard FARRUGIA.

17-5-5 Le contrôle qualité (SCQ)

Ce service fut dirigé par TOURNIER puis par DESRAISSES. Il avait peu de moyens lors de son rattachement à André de CLERCQ, un gros effort d'investissement lui fut consenti : appareils de mesure et de contrôle.

On constata de façon pragmatique que ce n'était point la valeur absolue des cotes qui importait mais plutôt leur "répétabilité"

17-5-6 Les Devis

Ils étaient de la responsabilité de BLIN qui connut des heures "chaudes".

L'expérience montra qu'un devis dans l'absolu n'a pas de signification. Le coût dépend des quantités à produire, de la technologie et des moyens dont on dispose.

L'évolution à laquelle nous étions confrontés était si rapide et les prévisions en quantités à fabriquer si aléatoires qu'un devis à peine entamé se révélait inexact. On se souviendra qu'ayant eu à calculer un coût pour 48 FH 693, il en fut construit 800 et que, de ce seul fait, le prix de revient baissa de 30%.

17-5-7 Les Méthodes Générales



Van Den ABELLE Jean Pierre CHENU
micro-électronique : BAZILLAIS, DELARGILLE, CARAMIGEAS et l'incontournable VAN DEN ABELLE.

Ce service avait à prévoir les moyens du lendemain.

Il était sous la responsabilité de Jean Pierre CHENU qui, ayant débuté à la SFR en 1945 comme apprenti, avait gravi tous les échelons jusqu'à la position d'ingénieur III B.

André de CLERCQ lui confiât la délicate mission, après avoir visité BRIGHTON, de créer un atelier de micro-électronique en couche mince, pressentant l'énorme importance de cette technologie pour l'avenir de DFH.

Jean Pierre CHENU put former à la

Enfin Jean Pierre CHENU mit en place au développement la CAO sans laquelle notre micro-électronique n'aurait pu réussir.

17-6 Bureau de Gestion de la Qualité (BGQ)

Il fut créé par Michel MONFEUGA et rattaché au Directeur de la Division pour que la gestion de la Qualité atteigne une dimension suffisante pour être efficace.

Le Laboratoire d'analyse des défaillances de Alain DEVILLIERS qui dépendait au début d'André DENIS lui fut rattaché. l'existence de BGQ devint d'une absolue nécessité lorsque la Division eut atteint un chiffre d'affaire tel que tout dérapage de la qualité aurait entraîné une catastrophe.

Pour gérer la qualité nul n'était plus compétent que Michel MONFEUGA qui avait vécu les essais pendant les années difficiles et connaissait parfaitement les genres de défauts constatés lors des premières mises sous tension au sortir de la fabrication. D'autre part parmi nos clients, surtout les PTT, nous obtenions de précieux renseignements sur les dérangements et sur les Moyennes de Temps de Bon Fonctionnement (MTBF), ceci à partir des cahiers des Agents de Maintenance : Michel MONFEUGA pouvait en déduire les actions correctives nécessaires.



Michel MONFEUGA

Quelques anciens du Département G de la rue du MAROC furent affectés au BGQ. Claude HARTMANN et Lucien VEIGNEAU entre autres.

17-7 Autres organismes de DFH

17-7-1 Direction de l'Etablissement et Gestion du Personnel

Avant de quitter l'organisation de DFH citons la Direction de l'établissement de Levallois sous la responsabilité de Daniel TASSIN qui avait succédé à André MALAPERT pour la gestion du personnel mais avait en plus hérité de la gestion de l'établissement.

Ils étaient les successeurs de Pierre VIENNOT qui sauva de nombreuses personnes pendant l'occupation et fut déporté par les nazis.

Daniel TASSIN avait une grande expérience du "milieu Ingénieurs et Techniciens" acquise lorsqu'il gérait le personnel du Département WARNECKE à CORBEVILLE.

Sa franchise et sa loyauté furent favorables à un climat social assez calme qui permit aux cadres de la Division de travailler efficacement à l'édification de DFH.



Daniel TASSIN

Il était assisté de Bernard FAYET, successeur de Madeleine JAULIN ZAVRIEW, plus particulièrement chargé du recrutement, accueillant et présentant aux Chefs de Service les jeunes Ingénieurs, certains, diplômés de l'ESE ou de l'ISEP étaient de mes anciens élèves.

Dépendait également de Daniel TASSIN le Service ENTRETIEN dirigé par Fernand GRUMEL puis par Leslie ATKINSON lesquels apportèrent beaucoup à l'amélioration et au fonctionnement des installations très dispersées dans des locaux "pas très modernes".



Madeleine JAULIN
ZAVRIEW

Enfin, aides et conseils pour le personnel en difficulté, préparation à la retraite étaient dispensés par le SERVICE SOCIAL grâce au dévouement de Mademoiselle SAUVAGNAC puis de Madame Denise JOSSE.

La surveillance médicale était assurée par le Docteur Michel COMBAZ.



Bernard FAYET

17-7-2 Direction du Budget et du Contrôle de Gestion



Jean LEMAITRE

Cette Direction était confiée à Jean LEMAITRE qui fut mon camarade de promotion à l'ESE. Voisins de palier dans l'Usine de Levallois durant de longues années, la porte de communication entre nos deux bureaux permettait de fructueux et rapides échanges d'informations.

Sa formation d'Ingénieur complétée par quelques années d'activité technique puis industrielles lui permirent d'appréhender le domaine de la gestion avec bon sens et simplicité.

Après avoir eu des responsabilités de Gestion au Centre de Recherches Techniques de la CSF Rue du Maroc à PARIS, puis à MALAKOFF, il apporta à la DFH une grande expérience en cette matière.

Jean LEMAITRE savait prévoir à temps les dérapages possibles, anticiper les mesures conservatoires indispensables et surtout garder la sérénité nécessaire dans les moments difficiles.

Après une carrière technique puis technico-commerciale Jean MAILLET devait le rejoindre et le seconder, citons aussi Henri DELBOS, Guy DUBOST.

Jean CHEDEVILLE prématurément disparu le jour de son départ en retraite avait l'importante responsabilité du bon fonctionnement du GROUPE ADMINISTRATIF.

Rappelons aussi l'inlassable et discrète obstination auprès de nos clients de Jacques LAROCHE et Paule GENTY nécessaires au financement de la DIVISION.

Roger BONHOMMET était le chef de la comptabilité, citons aussi Yves LOUET, Jacques MICHEL...etc...



Paule GENTY

1971 - 1974

18 L'ESSOR de la DIVISION FAISCEAUX HERTZIENS

18-1 Faisceaux Civils en visibilité - Grandes Capacités

La nouvelle organisation mise en place par Jacques TROUDE allait porter ses fruits, ce furent les premiers succès remportés à l'exportation (MEXIQUE, IRAN, ARGENTINE ...) et l'exploitation d'un matériel bénéficiant de la nouvelle technologie "tout à l'état solide", le FH 661, installé sur une petite liaison entre PERPIGNAN et FONT ROMEU qui convainquirent les PTT Français des progrès considérables en fiabilité et qualité obtenus par la transistorisation des matériels entreprise par DFH.

C'est aussi l'époque où le Gouvernement Français décida un effort sans précédent pour rendre le téléphone accessible et utilisable à tous les Français, prévoyant un Réseau de 20 millions d'abonnés.. Le ministre des PTT Robert GALLEY, compétent et dynamique accomplit cette tâche entre 1969 et 1973 : ce ministre avait une formation d'ingénieur, ce qui explique bien des choses ! Devant l'ampleur du programme et la rapidité avec laquelle il fallait mettre en service les artères nationales et les liaisons régionales, pour écouler l'énorme trafic qui allait résulter de l'initiative gouvernementale, la solution Faisceaux Hertziens eut enfin la faveur de l'Administration qui avait soutenu financièrement l'étude et le développement industriel du FH 693 à 6 GHz/1 800 voies, point de départ des nouvelles générations de matériels : ceux ci s'étaient, en effet, révélés compétitifs tant du point de vue économique que du point de vue qualité et fiabilité avec les systèmes de transmission établis sur paires coaxiales.



Jacques VERREE (DGT)

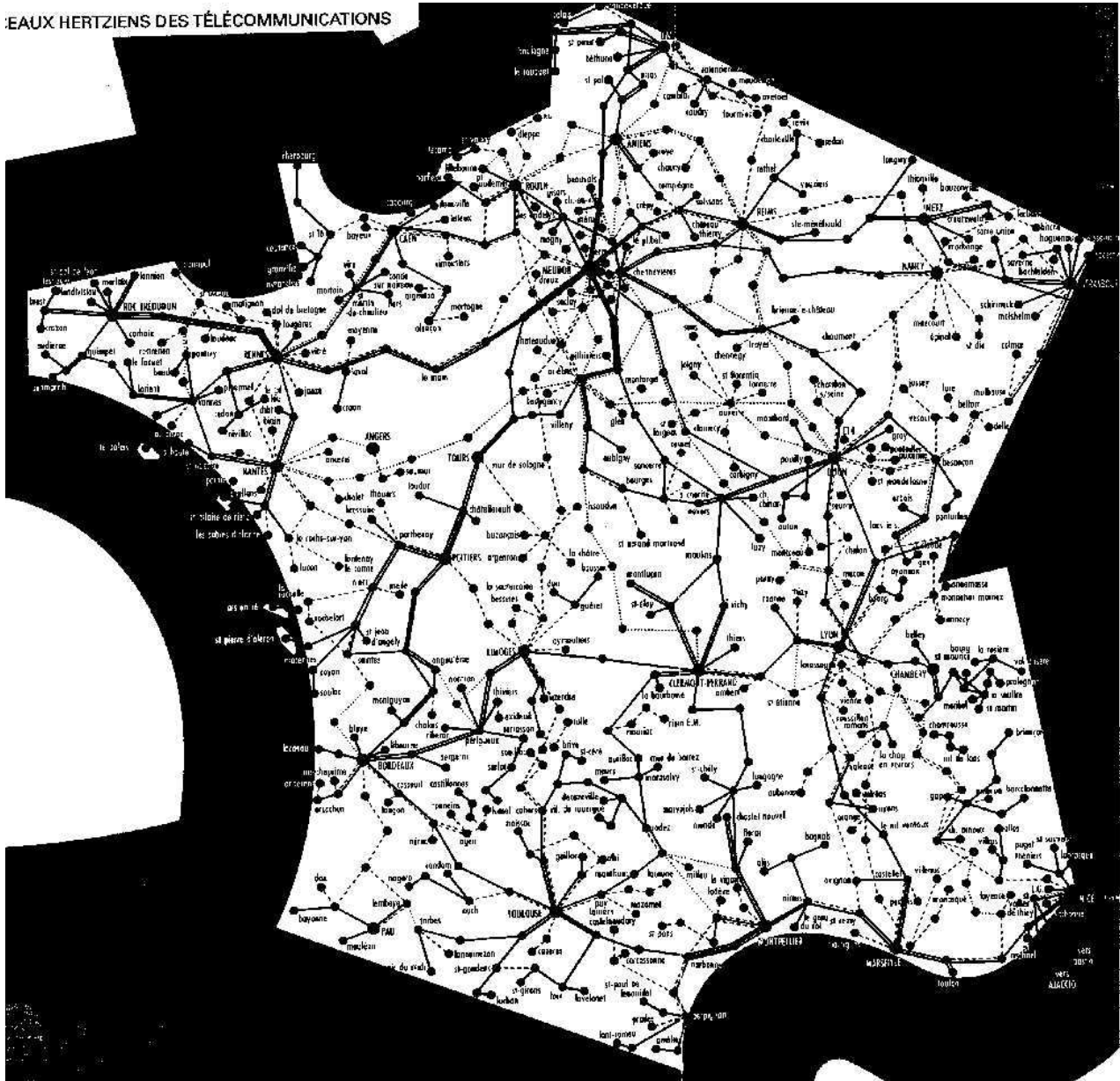
A cette époque, Jacques VERREE devenu responsable de la TRANSMISSION à la DIRECTION GENERALE des TELECOMMUNICATIONS, puis INGENIEUR GENERAL des TELECOMMUNICATIONS, entreprit la reconstruction du RESEAU HERTZIEN des TELECOMMUNICATIONS en liaison étroite avec :

- au CNET ,Jean Pierre POITEVIN, Daniel CHATAIN et leurs collaborateurs Jean DELTORD et Georges RAYNAUD,

- au Département FAISCEAUX HERTZIENS des LGD devenues la DTRN sous la Direction de Maurice du MESNIL, Roger DUBERNARD-LAURENT assisté de Maurice GRANDGERARD pour les études d'itinéraires et des infrastructures, Jean LAMY de la CHAPELLE et son équipe pour la mise en service des équipements.

Pour réussir ce pari "HERTZIEN" une politique des fréquences porteuses fut définie associée à une gestion rigoureuse du spectre radioélectrique pour l'économie des fréquences et la réduction du brouillage entre stations hertziennes. Signalons que la gestion des fréquences avait à tenir compte du REGLEMENT des

RESEAUX HERTZIENS DES TÉLÉCOMMUNICATIONS



Carte des stations relais Faisceaux Hertziens en France (vers 1976)

Nota : la densité du réseau nécessitait une planification et une gestion des fréquences porteuses des plus rigoureuse.

RADIOCOMMUNICATIONS établi par les CONFERENCES ADMINISTRATIVES MONDIALES des RADIOCOMMUNICATIONS tenues sous l'égide de l'UNION INTERNATIONALE des TELECOMMUNICATIONS (UIT) .Ceci nécessitait de définir des zones de coordination des fréquences non seulement à l'échelle Nationale, mais également avec les pays voisins. L'International Frequency Registration Board (IFRB de l'UIT) enregistrerait les accords entre pays et arbitrait les litiges en cas de brouillages. Sur le plan National la coordination était assurée par un organisme interministériel appelé Comité de Coordination des Télécommunications (CCT).

Du côté de DFH, on réfléchissait aux solutions à proposer pour une réutilisation intense des fréquences. On pourra trouver l'essentiel dans un article intitulé :

FAISCEAUX HERTZIENS à MODULATION de FREQUENCE
par Philippe MAGNE
LES TECHNIQUES de l'INGENIEUR (Article n° E 3173)
21 rue CASSETTE 75006 PARIS.

Une intrusion aussi importante des Faisceaux Hertziens dans le réseau des Télécommunications ne se fit pas sans que des esprits chagrins n'évoquassent une hypothétique insuffisance de la capacité des Faisceaux Hertziens ... due à une rapide saturation du spectre..., on parlait d'attendre l'avènement du GUIDE d'ONDE CIRCULAIRE enterré véhiculant les ondes MILLIMETRIQUES ou encore la FIBRE OPTIQUE. Aussi fut-il décidé par DFH de mettre au clair l'évaluation du nombre de voies téléphonique que pourrait évacuer un point nodal de Télécommunications équipé d'une tour hertziennne ou de deux tours hertziennes, comme celles de MEUDON et de CHENNEVIERES, au départ de PARIS. Tenant compte des plans de fréquences recommandés par le CCIR, de la directivité des antennes, et des contraintes spécifiques des FH ²¹, on aboutit à un total de 500 000 circuits téléphoniques (voir l'article cité ci-avant où il est fait mention à 14 directions de départ/arrivée possibles). Ajoutons pour comprendre ce total, qui pourrait surprendre, que l'Europe dispose, pour ses artères à grande capacité, en plus du plan à 5,9 à 6,4 GHz à 8 canaux de 18 00 voies (utilisé aussi par les USA) du plan 6,4 à 7,1 GHz exploitable en 8 canaux de 2 700 voies que le CCIR réserve pour les Administrations des PTT. Cela procure en plus, par rapport aux USA et par direction $8 \times 27\,00 = 21\,600$ voies.

On se rendit compte à cette époque, combien la gestion des fréquences était primordiale et, comme conséquence, combien le rendement spectral des modulations l'était. Une façon de l'évaluer est de calculer la largeur de bande occupée, rapportée en moyenne à 1 voie téléphonique transmise. On peut l'exprimer de différentes façons, une qui est simple à comprendre consiste à diviser toute la bande occupée par les canaux bilatéraux hertziens par le nombre total de circuits téléphoniques que procure le système.

²¹ Fondamentalement en un même point, on ne peut jamais émettre et recevoir avec une même fréquence contrairement au RADAR

Au cours de la période 1971-1974, le rendement spectral passa de plus de 71 kHz par voie téléphonique à moins de 35 kHz, lorsque fut décidé l'étude du FH 750 à 2 700 voies.

18-2 Le passé du FH 693 à 1 800 voies au service du FH 750 à 2 700 voies

Lorsque fut mis en service le FH 693, par Guy BENARD, sur la liaison PARIS BORDEAUX, on eut la désagréable surprise de constater que le bruit d'inter modulation ne croissait pas comme le nombre "n" de répéteurs traversés, mais plutôt suivant la loi :
picowatts de bruit de diaphonie = $a n + b n^2$

avec b un coefficient petit, mais qui ne peut plus être négligé lorsque "n" est grand.

Ainsi la contribution de bruit de diaphonie qui avait été déduite d'un essai tronqué en usine :
 $1E_{\text{terminal}} + 1E/R_{\text{relais}} + 1R_{\text{terminal}}$

ne pouvait-elle être prise en compte à cause de la loi ci-dessus découverte sur le terrain. En effet PARIS BORDEAUX est constitué de n=12 relais, de sorte que "b" même très faible,



Philippe LEGENDRE

indécelable lorsque n=1 (dans les erreurs de mesure) se trouve multiplié par $n^2=144$ et devient plus grand que le premier terme $a \times n = a \times 12$. C'est ainsi que l'on percutait la règle des 3 pw/km.

La cause de ce phénomène fut identifiée comme provenant de distorsions systématiques trop importantes, la cause en étant une largeur de bande passante de canal hertzien trop étroite. Le problème fut résolu par une meilleure optimisation du filtrage.

Philippe LEGENDRE fit une étude d'optimisation qui aboutissait à un meilleur compromis, Bruit de diaphonie/Brouillage entre canaux hertziens de sorte que la règle des 3 pw/km n'était plus percutée même lorsque "n" était grand.

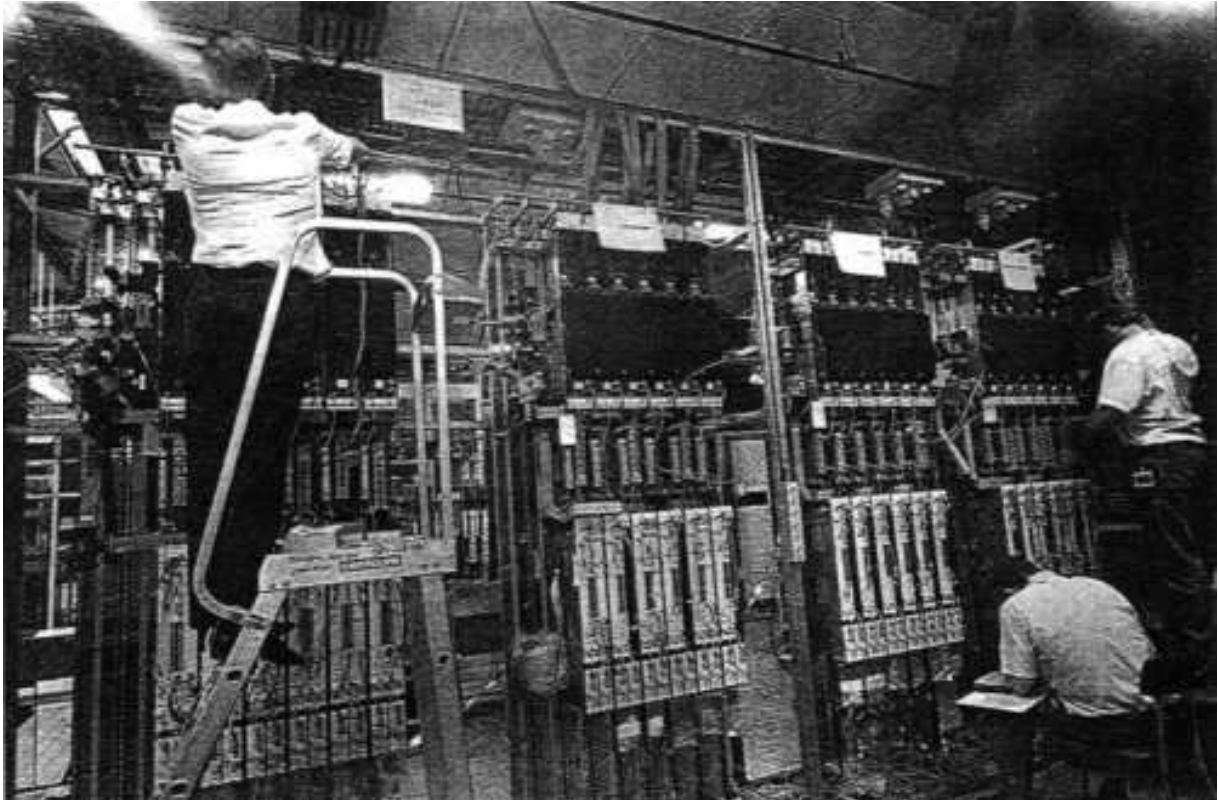
On trouvera l'essentiel de ce travail dans :

TECHNIQUES SPECIFIQUES des FH à GRANDE CAPACITE
par Philippe LEGENDRE

ARTERES à très GRANDE CAPACITE par Faisceaux Hertziens
par René TRIBES.

Revue Technique THOMSON CSF Volume 7 n°3 septembre 1975.

Un autre optimisation technico économique fit adopter une structure modulaire et un assemblage en poutre comme le montre la photographie ci-dessus, ceci facilitait les extensions, canal par canal (de 1 à 8) et abaissait le coût du matériel. Cette technologie fut finalement adoptée pour une nouvelle version du 1 800 voies dans la bande 5,9 à 6,4 GHz sigle FH 740 et pour le 2 700 voies dans la bande 6,4 à 7,1 GHz sigle FH 750.



Association d'Emetteurs Récepteurs en poutre

Différentes publications relatent l'état de l'art en FH analogiques.

CABLES ET TRANSMISSION, L'ONDE ELECTRIQUE et REVUE TECHNIQUE
THOMSON CSF (Années 1973 à 1976)

Auteurs : DALLE (CNET), LIGER et FRANCOIS (SAT), BREMENSON, OSIAS,
BURSZTEJN, LEGENDRE, TRIBES, (THOMSON CSF).

18-3 Une solution originale de THOMSON CSF pour les antennes

Comme nous l'avons indiqué, les PTT disposaient de tours au sommet desquelles une plate-forme protégée par un parapluie était réservée aux Antennes. De ce fait, le volume disponible se trouvait limité. Avec l'utilisation intensive de toutes les bandes de fréquences et dans des directions multiples se posa alors le problème du logement au sommet des tours de toutes les antennes nécessaires.

C'est à cette époque que Nhu BUI HAÏ déjà cité comme chef de Laboratoire étudia une antenne multibande qu'il breveta pour son originalité sous le titre Antenne hyperfréquence à capot sous le n° 7214251. Elle était basée sur l'apériodicité du cornet réflecteur associé à une optique "Cassegrain" repliée pour pouvoir tenir dans l'espace disponible et avait le sigle CM 467.(C et M pour rendre hommage à CHIREIX et MESNY pionniers de la directivité des antennes)



Nhu BUI HAÏ

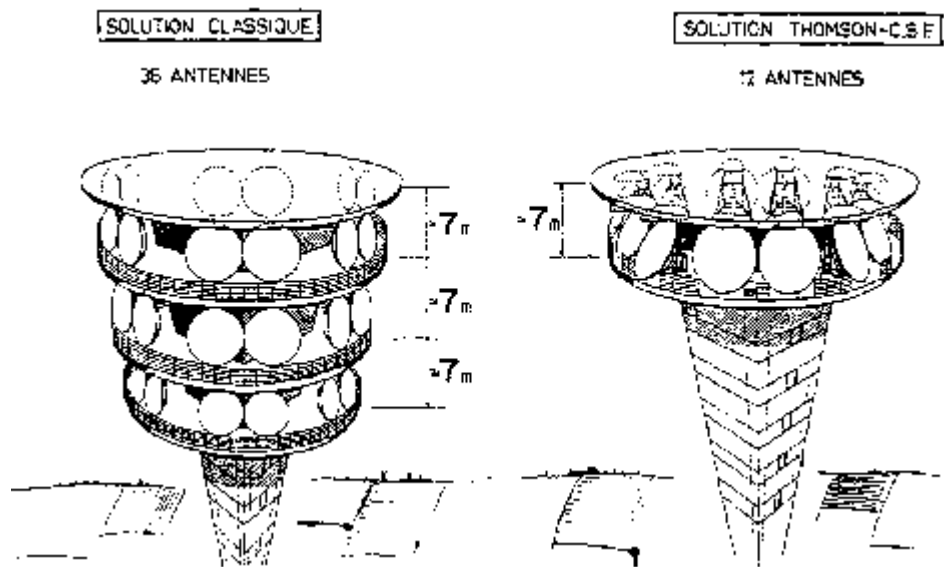
Cette antenne exploitable dans deux polarisations orthogonales (V et H) couvrait la bande 3,6 GHz à 7,1 GHz. Elle fut ensuite perfectionnée pour passer aussi la bande 10,7 à 11,7 GHz (brevet Nhu BUI HAÏ n° 7427765 intitulé "Grille de filtrage d'ondes électromagnétiques").

Les différentes bandes étaient séparées ou regroupées par un astucieux multiplexeur, dont la technologie avait été choisie de manière à ne pas produire de raies parasites par l'effet non linéaire des contacts, les accès de ce multiplexeur pouvaient être raccordés à du guide elliptique à faible perte utilisé en feeder.

Pour cette étude Nhu BUI HAÏ eut à ses côtés deux fidèles collaborateurs CAUDAN et LEPEE qui travaillaient avec lui depuis de nombreuses années.

La technologie de fabrication de cette antenne fut réalisée en utilisant le savoir faire en STRATIFIE de la Société "ATELIERS de MOULAGE PLASTIQUE" (AMP) dirigée par Gilbert et Gérard BONY. Ce procédé conférait aux réflecteurs une grande rigidité et une très bonne résistance à la corrosion.

Toutes les mesures probatoires furent effectuées avec le plus grand soin par Jean. DELTORT (CNET).



Remplaçant 6 antennes classiques, l'antenne multibande permet aux PTT d'économiser d'énormes travaux de génie civil notamment au PUY de DOME noeud de Télécommunications très important.

D'autres administrations comprirent aussi l'intérêt de cette Antenne, c'est ainsi qu'elle fut exportée en SUISSE pour la JUNGFRAU et en HOLLANDE grâce à l'action commerciale de Jacques MONTAGNE. D'autres structures d'antennes multibandes furent également imaginées par Nhu BUI HAÏ, dont l'une fut proposée avec succès aux Etats Unis à la société MCI (Washington).

Nhu BUI HAÏ étudia bien d'autres problèmes dont nous aurons à reparler. Il publia ses travaux dans un livre intitulé :

ANTENNES MICRO ONDES
Applications aux Faisceaux Hertziens
édité par MASSON, ISBN 2 225 49654 4 en 1978.

On trouve dans cet ouvrage ce qu'un ingénieur doit connaître de la spécificité des Antennes pour FH terrestres et également des grandes Antennes pour Stations terriennes de Télécommunications par satellite.



Antenne multibande pour Faisceaux Hertziens (CM 467)

18-4 Les Faisceaux Hertiens de reportage de télévision

Comme nous l'avons déjà dit, les relais mobiles de reportage de Télévision furent attribués à DFH à la fusion. Saluons Joseph POLONSKY qui eut l'heureuse initiative de développer ce produit (TM 110) dès 1953. Edmond SAFA en fut la cheville ouvrière.

Une des applications de ce matériel en version fixe avait été affectée à la TV éducative (sigle TF 120) du CNAM dont la partie technique fut organisée par l'Ingénieur en Chef des Télécommunications Gérard DOYON (début d'exploitation le 4 novembre 1963).

Quel était-il ? C'était un mini faisceau hertzien, fonctionnant à 7 GHz (longueur d'onde égale à 4,2 cm) dont l'émetteur ou le récepteur accolé à l'antenne parabolique offset était supporté par un trépied permettant un pointage rapide et stable. Quant à la modulation de fréquence, elle était obtenue directement en hyperfréquence par un auto-oscillateur, klystron reflex dont la tension reflex était modulée par le signal vidéo.



Jacques BURSZTEJN

A DFH, ce fut Jacques BURSZTEJN qui hérita de cette activité, avec pour mission de faire profiter ce matériel du savoir-faire de DFH : modulation, filtrage, mélangeurs, antenne, etc. Deux aspects contradictoires étaient à concilier :

- le matériel devait être agile en fréquence pour pouvoir être accordé sur une fréquence disponible dans le lieu du reportage,
- la fréquence porteuse devait être stable, comme celle d'un quartz, pour ne pas dériver avec la température et risquer de brouiller d'autres liaisons,
- aucun réglage ne devait être nécessaire après un accord sur une nouvelle fréquence.

Dans la version initiale (1953), ces objectifs n'étaient pas très bien maîtrisés. Le meilleur compromis fut atteint en adoptant une structure hétérodyne ²² tant pour l'émission que la réception, ce qui permit d'effectuer la modulation et la démodulation en fréquence intermédiaire, comme pour les grands FH, on notera l'intérêt qu'il y avait alors à pouvoir interconnecter en FI, les grands FH et les mini FH de reportage. L'agilité en fréquence et la stabilité requises furent obtenues à l'échelon des oscillateurs locaux par synthétiseurs.

²² Rappelons que cette structure permet, par ailleurs, de réaliser des relais sans démodulation/remodulation, avantage indéniable pour des reportages qui nécessitent plusieurs bonds en cascade.

L'étage de sortie était constitué par un oscillateur à diode GUNN synchronisé, l'injection du signal se faisant par circulateur.

Pour faciliter l'exploitation, le matériel fut réparti en deux coffrets interconnectés par un câble coaxial souple qui pouvait atteindre 50 à 100m, lequel véhiculait le spectre de modulation en fréquence intermédiaire ainsi que le courant continu d'alimentation et un petit multiplex de télésurveillance et de télécommande. Cette disposition nous était inspirée par ce qui se faisait pour les grosses caméras de TV, procédé imaginé par mon camarade de promotion Raymond CAHEN.



Ainsi devenait-il possible de placer la partie rayonnante sur une terrasse ou un toit d'immeuble, tout en effectuant l'exploitation à distance, au niveau du sol, près de la CAMERA de prise de vue.

Les diverses versions 7 GHz, 11 GHz, 13 GHz, 22 GHz (sigles TM 210, TM 308, TM 313, TM 400, etc.) eurent un énorme succès à l'exportation.

Citons quelques collaborateurs de Jacques BURSZTEJN à cette époque :

Michel PART, JEAN-FREDERIC, Jean Pierre MARSAC, Patrick de CORLIEU, Serge SZCZEPANOWSKI... et quelques anciens de l'équipe SAFA : M. BAUVY qui avait acquis une aisance remarquable dans les pays où les TM étaient exportés... Gérard WIEDERKHER...etc...

4 000 exemplaires furent vendus dans 85 pays. THOMSON CSF devint le premier fournisseur mondial de ce type de matériel grâce à l'action commerciale de Elie BENDAYAN, Jean Loup GRUMEL, Jacques MONTAGNE, Jean LABOUE et de FOGLIA pour l'ITALIE où le succès fut considérable.

18-5 En 1974, l'acquisition de surfaces pour accroître les moyens de production : l'usine de CHERBOURG

A la fin de 1974, le Centre de Levallois commençait à être saturé et sans possibilité d'extension. La Division fut amenée à prendre en charge une petite usine qui n'avait plus de charges industrielles; elle était située à CHERBOURG. Sa direction fut confiée à Maurice JEANNE. La mission de ce centre était de fabriquer des sous-ensembles "absolument mûrs".

18-6 Faisceaux Hertziens Militaires et Faisceaux Hertziens Transhorizon

C'est la partie de l'activité de la Division qui bénéficia plus particulièrement de l'apport de THOMSON lors de la constitution de la division.



Jean ILTIS

Jean ILTIS et son équipe étaient porteurs de ce savoir-faire lorsqu'ils rejoignirent LEVALLOIS en 1969-1970 . Jean ILTIS put alors coordonner les travaux de CSF et de THOMSON qui par bonheur se complétaient presque parfaitement grâce à la politique menée par les responsables techniques des différentes Armes.

Le Secrétariat de Jean ILTIS était tenu par Maguy BLIN, après la FUSION elle eut la responsabilité de celui de la DTFH.

Entre 1971 et 1985 le programme industriel fut consacré :

- à la fabrication du QRTH 43 qui fonctionnait dans la bande 12,7 à 13,25 GHz. Cette bande était à l'origine affectée aux PTT qui demandèrent par la suite aux ARMEES de la libérer progressivement ce qui obligea à une refonte de l'équipement à

une autre fréquence. Dans la pratique un accord fut pris, permettant aux ARMEES de conserver certaines liaisons compatibles avec les installations des PTT Le matériel fut livré à la SEFT entre 1970 et 1973



Maguy BLIN

- à l'installation des réseaux JUPITER et HEPHAÏSTOS pour la région parisienne, équipée du FH 640, matériel STTA dans la bande 12,7 à 13,25 GHz pouvant transmettre 300 voies téléphoniques. Le FH 664 à 7 GHz vint compléter certaines liaisons pour des raisons d'allocation de fréquences et pour transmettre en plus de la télévision.

- à la continuation de l'installation du réseau MERCURE (4,4 à 5 GHz) pour l'Armée de l'Air en collaboration avec la SAT et TRT et destiné à son infrastructure. Jacques CLAVIER (STTA) était l'Ingénieur d'Armement responsable.

- à la continuation du réseau RITTER, réseau maillé pour l'Armée de Terre assurant la couverture du territoire. Le matériel était le FH 955 à 900 MHz, 120 voies téléphoniques, 1kW convenant pour des bonds radioélectriques transhorizon de 200 à 300 km.

D'une manière générale les travaux d'installation étaient coordonnés par Gilles de GALLARD et Jacques PELLERIN.



J.BILLARD

Le MX 647, 2 GHz et 2 Mbit/s (dont l'étude avait débuté avant la fusion) poursuivit une belle carrière tant en France qu'à l'exportation, au Maroc en particulier.. Après Robert AGIER, ce fut J. BILLARD qui en eut la responsabilité. Gilles de GALLARD en faisait l'intégration dans les réseaux.

Quant aux études nouvelles, l'arrivée de Jean ILTIS et de son équipe coïncida avec la fin de la préétude engagée par le STTA et la SEFT (Ingénieurs d'Armement Michel SCHELLER et Jean Claude PELISSOLO) pour remplacer les matériels transportables et fixes (CHA,CHC,MX 622...etc...) utilisés par les Armées de TERRE et de l'AIR. Cette préétude aboutissait au démarrage du FH MODULAIRE. Il était destiné à assurer les liaisons du RESEAU INTEGRE des TRANSMISSIONS de l'Armée de Terre (RITA). A la SEFT l'ingénieur responsable était Jean Pierre BENATAR.

Pour l'Armée de Terre utilisatrice le Général Jacques DEYGOUT exprimait les avis compétents et suggestions importantes. Les relations commerciales étaient remarquablement entretenues par Michel LAFFAIRE qui avait suivi ce projet dès l'origine (avant la fusion). Les objectifs étaient très ambitieux (ils furent atteints) tant du point de vue de la technologie concernant la résistance aux contraintes les plus sévères des matériels transportables, que du point de vue performances:

- on s'imposait de transmettre le PCM à 1 152 kbit/s par modulation de fréquence tout en optimisant l'occupation spectrale, l'agilité en fréquence tout en s'imposant une stabilité de porteuse de l'ordre de grandeur de celle d'un quartz (10^{-5} à 10^{-6}). Le synthétiseur qui réalisait cela était commandé par clavier.

Les ingénieurs qui développèrent le FH MODULAIRE étaient François BURGUIERE, Alain RIOPEL (1970-1978). La SAT collaborait aussi à cette étude, Marc LIGER et BERCHER en étaient chargés.

Les gammes de fonctionnement du FH Modulaire s'étendaient de 225 MHz à 2 700 MHz.

Citons les particularités importantes de certains sous-ensembles de ce matériel :

- les amplificateurs d'émission 5 à 20 watts à transistors hyperfréquence et à large bande,
- les filtres hyperfréquence à cavités multiples, accordées par une commande unique programmée,
- enfin l'introduction de tests intégrés permettant l'automatisation des essais assistés par ordinateur et la maintenance. Ce fut l'oeuvre de Bruno BEZARD FALGAS et de Serge KOBALIAN (1977).



Bruno BEZARD FALGAS

Vers 1976-1977 on put constater la prise de conscience que les matériels d'infrastructure exploités par les militaires en stations fixes pouvaient être facilement déduits des matériels civils moyennant des études d'adaptation modestes. C'est ce que l'on fit en développant le FH 150 M à 2 GHz, déduit d'un matériel civil qui fut étudié par Jacques BURSZTEJN : l'agilité en fréquence indispensable pour les militaires fut introduite en incorporant un synthétiseur, des tests intégrés, et en effectuant quelques adaptations technologiques.

Parmi d'autres études, citons :

- les transmissions numériques à faible et moyen débit,
- le matériel HADES dont LEFORT fut le CHEF d'AFFAIRE dans le cadre de la Direction de Jean BRASART. Il était destiné au réseau VESTALE qui comprenait, entre autres, un bond radioélectrique exceptionnel d'une longueur de 700 km. On dut porter la puissance d'émission à 40 kW ! (on pouvait facilement faire rôtir un poulet devant l'antenne, ce qui impliquait le respect des zones de sécurité indispensables). Les antennes de ce réseau furent étudiées par Nhu BUI HAÏ, elles devaient pouvoir résister à une explosion nucléaire. La société AMP les réalisa en adoptant une technologie originale pour les radômes en stratifié de grande épaisseur (1972).
- EVATROP 900 MHz, 2 et 10 Mbit/s, elle fut menée par M. MONTEIL, Basile GINGER et Claude COLLIN. Elle était destinée au STTA.
- TROPOMIL : elle fut menée par Alexandre OSIAS, Basile GINGER et Claude COLLIN avec la collaboration de la SAT. Elle était destinée à la fois à l'Armée de Terre et à l'Armée de l'Air (1973-1977). Ce matériel fut utilisé pour l'axe NORD-SUD du réseau AIR 70 et par la Marine pour la liaison BREST CHERBOURG. Nhu BUI HAÏ étudia un système rayonnant durci et à très hautes performances radio électriques, quant au rendement de surface exceptionnel de plus de 85%, grâce à un jeu de 3 miroirs judicieusement profilés.



Basile GINGER

- un petit FH transhorizon pour quelques voies téléphoniques. Il avait la particularité d'être transportable pour pouvoir établir des liaisons dans des conditions géographiques difficiles. Elle fut menée par Claude COLLIN et Léon ALFANDARI.

- dans un domaine très particulier, DFH prêta son concours pour réaliser un FH spécial (LLIV) qui permettait de relier entre elles les unités du CROTALE et de connaître leur position respective. Ce perfectionnement fut essentiel pour l'Affaire SHAHINE dont DSE avait la responsabilité. Participèrent à cette étude : François BURGUIERE, André. AVISSE, Alain RIOPEL vers 1972.

En recherche, la DRET ²³, en l'occurrence l'Ingénieur d'Armement Claude BERGER finança à DFH une étude de la sélectivité du milieu de propagation troposphérique. On sait que les mécanismes de diffusion sont mal connus et que l'on en est réduit à des hypothèses invérifiables.

On se fixa comme objectif de faire apparaître sur un écran d'oscilloscope, par vobulation, la réponse Amplitude/Fréquence (A) et de Temps de Propagation de Groupe (TPG) du milieu de propagation couplant deux antennes placées aux extrémités d'un bond radio électrique transhorizon.

Le dispositif de mesure fut installé à SERANS et à LE BAHOT, points situés à 135 km l'un de l'autre et en non visibilité.

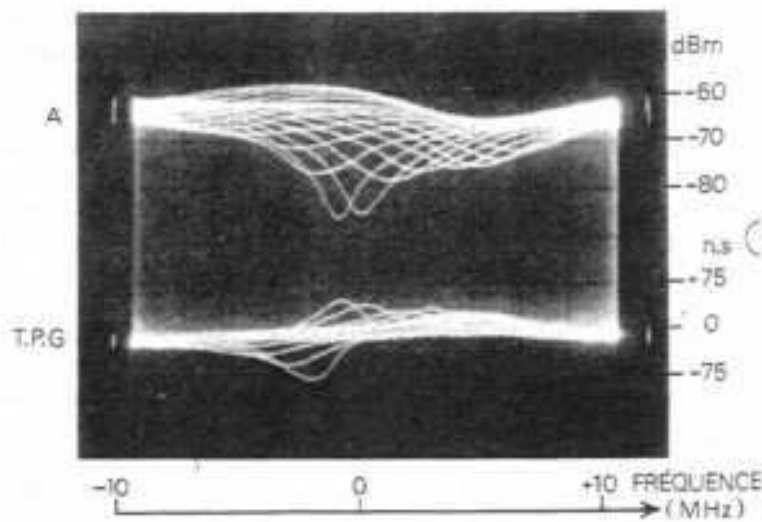
Pour que la mesure soit valable, il fallait que l'équipement radio électrique proprement dit (émetteur et récepteur) puisse être considéré comme apériodique dans une bande de fréquences supérieure à celle que les méthodes habituelles de calcul prévoyaient.

On utilisa pour cela, un équipement de station terrienne à large bande (étage d'émission à TOP) fonctionnant à la FREQUENCE de 6375 MHz qui pouvait être considéré comme apériodique dans une bande de ± 10 MHz.

La mesure proprement dite était effectuée à l'aide du MICROWAVE LINK ANALYSER (MLA) de HEWLETT PACKARD. Les échantillons de sélectivité étaient prélevés toutes les 10 millisecondes, ce qui permettait de se rendre compte de l'évolution temporelle de cette sélectivité (constante de temps du milieu de propagation = celle de l'atmosphère terrestre).

On put enfin connaître la fonction de transfert d'une diffusion troposphérique et la bande de cohérence.

²³ DRET= Direction des Recherches Etudes et Techniques.



La description de cette expérimentation et les résultats furent publiés dans l'article :

EVALUATION EXPERIMENTALE DE LA SELECTIVITE D'UNE LIAISON PAR DIFFUSION TROPOSPHERIQUE

par Claude COLLIN et André MARGUINAUD

Revue Technique THOMSON CSF Volume 11 n° 1 mars 1979

Nota : on notera la parenté de cette approche avec celle que Raymond VILLEM proposait jadis pour la propagation ionosphérique des ondes courtes (voir le chapitre 2). Malheureusement à cette époque, on ne disposait pas de ce merveilleux instrument qu'est le MLA de HP. Raymond VILLEM avait déjà parfaitement compris que le phénomène du fading devait être représenté dans un espace à 3 dimensions (Amplitude, Temps, Fréquence), que les observations habituelles (Amplitude en fonction du Temps) n'étaient que des coupes de la surface représentative.

19 LE DEMARRAGE DE L'ESPACE

Après que les plus hautes instances eurent décidé que la priorité était donnée aux Télécommunications, le CNET devint le pilote des Affaires Spatiales. Jean Pierre POITEVIN et Didier LOMBARD furent les interlocuteurs compétents à qui devait s'adresser dorénavant DFH.

Comme on le sait, le domaine spatial comprend :

- le segment terrien, il s'agit des stations terriennes de Télécommunications
- le segment spatial, il s'agit, en ce qui concernait TH CSF des charges utiles (transpondeurs) embarqués à bord de satellites.

Le segment terrien ne pouvait échapper aux PTT, son monopole l'exige, quant au segment spatial, les plates-formes satellisées dépendaient du CNES, tandis que les transpondeurs embarqués dépendaient du CNET.

19-1 Stations Terriennes de Télécommunications

En 1969, fut constitué un groupement d'intérêts économiques : le GIE TELSPACE réunissant CIT ALCATEL, CGE NEYRPI et THOMSON CSF.

Il était présidé par Antoine BLANCHI, Ingénieur Général des Télécommunications, Alain le BIHAN en fut le Directeur et Fred HAMMER (TH CSF) en devint le Directeur des Opérations en 1974.

Δ

Les Administrateurs étaient : Marc de SAINT DENIS, Vladimir ALTOVSKY, François MERLIN et Robert COULOT.



Vladimir ALTOVSKY

Un peu plus tard Jean SALOMON qui avait eu des responsabilités fonctionnelles au sein de DTFH rejoignit TELSPACE, en devint l'Ingénieur en Chef, il reçut en outre du CCIR la mission de rédiger un manuel concernant les Télécommunications par Satellite (Service fixé par satellite). Il fut aidé par Victor BIGGI et le MANUEL sortit en 1985.

Le GIE TELSPACE avait à répartir les tâches et à centraliser les informations nécessaires aux Sociétés Fondatrices, pour décider des programmes d'études ou encore d'éventuelles actions correctives.

Du côté de DFH, la Direction Technique fut renforcé par Sania SCHIRMANN dont l'expérience Faisceaux Hertiens était idéale pour démarrer l'espace.

Comme nous l'avons déjà laissé entendre, la parenté flagrante des Télécommunications par Satellite avec les Faisceaux Hertiens pouvait permettre de gagner un temps précieux par une optimisation particulière de sous-ensembles de FH.

Le personnel compétent de DFH était tout désigné pour ce travail. Dans un article intitulé : Télécommunications par Satellite, Claude BREMENSON (TH CSF) et Etienne PENICAUD (ALCATEL), paru dans Câbles et Transmission, les deux auteurs montraient quels étaient les handicaps des liaisons par satellites géostationnaires par rapport aux liaisons terrestres (en fait par rapport à un bond radio électrique typique). Se posait aussi le problème de l'accès multiple pour les diverses Administrations utilisatrices d'un même satellite.

Les trajets montant et descendant au Satellite

Au début les investigations se firent en adoptant la fréquence de 4 GHz pour le trajet descendant et la fréquence de 6 GHz pour le trajet montant.

Trajet descendant à 4 GHz

C'était le plus critique, le point important étant le bilan de puissance émise par le satellite et de puissance reçue à terre : il fallait gagner 78 dB, chiffre déjà signalé à propos des premières évaluations. L'article cité ci-avant montrait que l'on pouvait combattre ce handicap par :

- l'utilisation d'une très grande antenne à terre d'un gain de 61dB (soit un diamètre de l'ordre de 30m). La construction mécanique allait à NEYRPIC.

- l'utilisation d'un préamplificateur à faible bruit (température de bruit $\cong 50$ K). L'amplificateur paramétrique fut préféré au MASER ²⁴ dont les performances étaient surabondantes et surtout trop coûteux et complexe. D'abord étudiés au



Jean SALOMON



Sania SCHIRMANN



Claude BREMENSON

²⁴ Aujourd'hui (en 1992) l'Amplification à faible bruit basée sur les transistors à effet de champ à l'ARSENIURE de GALLIUM a supplanté l'Amplification paramétrique à son tour.

Laboratoire de la CGE à MARCOUSSIS, les amplificateurs paramétriques furent ensuite transférés à DFH LEVALLOIS.

Trajet montant à 6 GHz

Disposant d'une grande antenne indispensable pour le trajet descendant, celle-ci fut bien évidemment utilisée aussi pour le trajet montant en la duplexant. Il fallut en plus, un émetteur à grande puissance. Dans un premier temps, ne disposant pas encore de klystrons et de TOP assez puissants dans cette bande, DFH eut recours à un artifice pour pouvoir utiliser ce dont la Société disposait, à savoir d'auto-oscillateurs puissants à très large bande. On adopta un tube carcinotron dont l'usage était tout différent puisqu'il était destiné aux contre-mesures. Ce tube fut inventé très longtemps avant l'avènement des Télécommunications par Satellite par Bernard EPSZTEIN qui en déposa le brevet, hommage à cet inventeur !

Pour l'adapter au problème du trajet montant on synchronisa l'auto-oscillateur carcinotron (qui prit le nom de CARPITRON) par injection d'une puissance d'une dizaine de watts qui provenait d'un petit tube à ondes progressives pour FH terrestre : le fonctionnement fut très satisfaisant...

Ensuite la Division TUBES ELECTRONIQUES (DTE) de THOMSON/CSF dont le Directeur Technique était Robert METIVIER harmonisa son plan produit avec celui de DFH

Des réunions de coordination organisées par son Directeur Commercial Jean Claude FRETEAUD permettaient de préparer le moyen terme et de résoudre les petites difficultés du moment. La DTE put alors fournir des TOP et des klystrons amplificateurs de plusieurs KILOWATTS. Pierre BRICON et FLEURY en étaient les responsables.

Le Laboratoire "Grande Puissance" eut la responsabilité des alimentations, de leurs sécurités, des circuits de refroidissement.

L'accès multiple au satellite, dans l'un de ses canaux, par plusieurs accès provenant d'une même station terrienne, obligeait à ce que l'amplificateur d'émission ait un niveau de saturation très élevé à cause du "BACK OFF" important à prévoir pour réduire les produits d'intermodulation générés par les non linéarités. La situation de ce point de vue fut très sensiblement améliorée après que DFH eut imaginé et réalisé les premiers dispositifs de contre distorsion non linéaire (amplitude et phase).

L'article suivant en témoigne :

RESEAU LINEARISATEUR pour TUBES à ONDES PROGRESSIVES

par Claude BREMENSEN et P. JAUBERT

Revue Technique THOMSON CSF Volume 6 n° 2 juin 1974.

Voir également le Brevet déposé par Claude BAREYT en 1972 sous le n° 7 237 262 .

Plus tard, l'accès multiple par répartition dans le temps changea la face du problème en ne nécessitant plus une puissance de saturation aussi élevée (on en reparlera à propos de TELECOM 1).

Ajoutons aussi que DFH étudia aussi des modulateurs de fréquence à très grande excursion et des démodulateurs à seuil amélioré ²⁵, des transpositions de fréquence agiles en fréquence, etc. Ces sous ensembles et l'assemblage de tous les équipements radio pour stations terriennes étaient de la responsabilité de Pierre LUGINBUHL déjà cité dans l'organigramme de DFH. Jean Pierre DEHAENE, Pierre MENARD, Kleber JEAN travaillaient aussi dans ce domaine.

Toutes ces réalisations étaient majoritairement destinées aux stations terriennes qui trafiquaient avec la trentaine de satellites dont les performances ne cessaient de croître. Ils furent lancés à partir de 1964, il s'agissait d'INTELSAT I (120 circuits téléphoniques) II, III, IV et IVA (6 000 circuits téléphoniques) en 1975 et finalement INTELSAT V (13 000 circuits téléphoniques) en 1979.

Les bandes de fréquences utilisées étaient 4 GHz et 6 GHz (partagées avec les FH terrestres) et plus tard de nouvelles bandes 11/12/14 GHz. La crainte d'une saturation du spectre et des positions de satellites sur l'orbite géostationnaire suscita des projets audacieux dans les bandes 20 GHz et 30 GHz. Malheureusement comme on le sait, ces fréquences sont vulnérables à la pluie, surtout aux précipitations orageuses des pays tropicaux à cause de la grosseur des gouttes de pluie.

Evoquons maintenant un autre aspect des applications spatiales des télécommunications. Existait-il un autre compromis technico économique pour les besoins des usagers des satellites de télécommunications ?

19-1-1 Domaine des Petites Stations Terriennes

DFH étudia aussi des équipements particuliers à accès multiples par répartition en fréquence portant le sigle SCPC (Single Channel Per Carrier) associés avec une assignation à la demande (AMAD).

Cela concernait des stations à Antenne sans poursuite de 3 m à 7 m de diamètre. Ce fut l'oeuvre de Alain PARNIERE. Il y eut aussi investigation en réception directe de Télévision. Certains esprits fantasmaient à propos de cette possibilité qui ouvrait la porte à une propagande effrénée (heureusement l'histoire montra que ce danger n'était pas très grave).

Le point fut fait, sur l'aspect technique dans l'article :

LA RECEPTION DIRECTE DE TELEVISION, STATIONS COMMUNAUTAIRES et
STATIONS INDIVIDUELLES

par R. HAGENBUCHER

Revue Technique THOMSON CSF Volume 11 n° 1 mars 1979

²⁵ Dispositifs à Compression de fréquence, boucle à verrouillage de phase...etc...

19-1-2 Etudes qui revinrent à DFH

Nous n'en citerons que deux parmi beaucoup d'autres, pour permettre de comprendre quelle était la tâche de la DIVISION dans le domaine spatial.

19-1-2-1 La reprise de l'amplificateur paramétrique CGE

Les premières études de MARCOUSSIS n'avaient abouti qu'à un prototype qui devaient être refroidi à l'hélium gazeux (20 K). Une telle cryogénie était très délicate et coûteuse, elle imposait des contraintes technologiques redoutables. on fit le pari de n'utiliser qu'un refroidissement par effet PELTIER à -20° centigrades comme d'autres fournisseurs d'amplificateurs paramétriques le faisaient.

DFH se lança dans cette aventure avec les atouts suivants :

- une maquette de faisabilité d'une cellule d'amplification paramétrique qui avait été étudiée à la CFTH (avant la fusion) par Michel RUPPLI de l'équipe de Jean ILTIS à Gennevilliers. Elle fut perfectionnée puis développée à DFH par Jean Pierre DEHAENE qui travaillait avec Claude BREMENSON.
- le savoir-faire du Département de Micro électronique Hyperfréquence (DMH) de la TH CSF qui avait été mobilisé pour ce sujet par Pierre AIGRAIN lui-même. Raymond HENRY sut réaliser un varactor sensationnel de fréquence de coupure 2 000 GHz et ayant une résonance parallèle supérieure à 60 GHz.



Lazard ARGINTARU

- le savoir-faire du Département Ferrites hyperfréquence de B. VALLANTIN en circulateurs. Son équipe sut réaliser un circulateur à 4 GHz dont les pertes étaient inférieures à 0,05 dB par passage et procurait un découplage de 40 dB.

- enfin l'expérience du Laboratoire de Lazard ARGINTARU pour assembler et développer industriellement le préamplificateur complet, pour stations terriennes ayant les performances générales suivantes :

Bande 3,7 à 4,2 GHz, Gain 56 dB

Il comprenait deux cellules paramétriques pompées à 60 GHz (ondes millimétriques de $\lambda = 5$ mm) et un amplificateur à transistors à effet de champ à l'Arseniure de Gallium

L'association des circuits paramétriques et du "micro varactor" (dimension de l'ordre de 1 mm) était l'apanage de Gisèle BERTRAND technicienne dont la patience, l'habileté n'avaient d'égale que sa conscience professionnelle.

Ce laboratoire sut aussi résoudre les problèmes de conditionnement que posait une ambiance pouvant atteindre +50°C et l'assèchement de l'air contenu dans l'enceinte pressurisée qui contenait l'étage refroidi à -20°C (on put abaisser le point de rosée à -40°C performance remarquable et indispensable, eu égard à l'extrême vulnérabilité des circuits millimétriques à l'humidité).

Les performances suivantes furent obtenues dans la bande 3,7 à 4,2 GHz :

Température de bruit inférieure à 35 K

Réponse Amplitude/Fréquence contenue dans un couloir de 1 dB.

Elles furent présentées à l'équipe de Jean Pierre HOUSSIN (CNET puis DTRE = Direction des Télécommunications du Réseau Extérieur) pour homologation. Les essais des petites séries d'amplificateurs que nous avions à construire était de la responsabilité de Michel CARO.

Après ce premier succès DFH put se compter parmi les constructeurs d'amplificateurs paramétriques. Le catalogue de la DIVISION s'enrichit de versions à 7,5 GHz et 10,5 GHz. La fréquence des pompes atteignit 80 GHz et même 90 GHz ($\lambda \approx 3,3$ mm)

Note concernant le narrateur

Le narrateur, à cette époque, s'interrogeait sur la physique du Bruit Radioélectrique, il en découvrit les origines thermiques et quantiques à la lecture d'un excellent article dû à Bernard M. OLIVER ²⁶ (Stanford University et Directeur Technique de la prestigieuse société HEWLETT PACKARD). Cet article me fut signalé par Alain de PLACE, ce qui me donne l'occasion de citer son nom.

Alain de PLACE avait une excellente culture scientifique et une large ouverture d'esprit lui donnant accès à un large éventail de compétences, il était aussi l'un des pionniers de la transistorisation des FH.

Mes propres réflexions furent publiées dans l'article sous le titre

INTRODUCTION au BRUIT RADIOELECTRIQUE

par Philippe MAGNE.

TECHNIQUES de l'INGENIEUR -E 6150 paru en 1984

Je fus conduit, après cette analyse, à mieux comprendre ce que pouvait être le bruit cosmique 3 K découvert par PENZIAS et WILSON en 1965 et son interprétation par la cosmologie scientifique moderne.

²⁶ Bernard M. OLIVER était codirecteur en 1971, d'un extraordinaire projet de détection de signaux qui pourraient provenir d'une vie intelligente dans la GALAXIE, il s'agit du "PROJECT CYCLOPS" (STANFORD/NASA/AMES RESARCH CENTER)

19-1-2-2 L'optique CASSEGRAIN des grandes antennes de 32,5 m et l'alimentation périscopique (BEAM WAVEGUIDE)

Lorsqu'il fallut construire un grand nombre de stations terriennes pour les pays membre de l'INTELSAT, le cornet réflecteur que les Américains avaient installé à ANDOVER et à PLEUMEUR BODOU se révéla trop coûteux. Les constructeurs de grandes antennes adoptèrent l'optique CASSEGRAIN de révolution à réflecteurs conformés, dont la structure mécanique était plus facile à construire.

THOMSON CSF mobilisa alors toutes ses compétences pour être dans le peloton de tête des constructeurs de stations terriennes.

DFH put obtenir le concours de Serge DRABOVITCH qui avait une grande expérience des antennes RADAR à DRS. A DFH Nhu BUI HAÏ était également mobilisé pour cette tâche importante : ses vues sur le problème sont exposées dans son livre déjà cité, à savoir l'optique hertzienne optimale pour ce type d'antenne.

Citons aussi son adjoint Alain BOURGEOIS, pour ses compétences, sa patience et son dévouement et les débuts d'un jeune et brillant ingénieur Eric LE ROUX.

En dehors de la structure mécanique principale quel était l'autre problème fondamental ? On peut le comprendre à partir des contraintes dimensionnelles. Comment transporter, sans perte, l'énergie entre le foyer de la grande parabole et l'accès des amplificateurs paramétriques et des amplificateurs d'émission ?

De prime abord, on aurait pu penser à utiliser un guide d'onde, mais cette solution s'avérait impropre car elle introduisait trop de pertes résistives affaiblissant le signal de réception déjà faible et plus grave, accroissant énormément le bruit thermique .

Les ordres de grandeur qui suivent font comprendre cet aspect : des pertes de 1,5 dB (30 mètres de guide) accroissent la température de bruit de 90 K, alors que l'amplificateur paramétrique n'introduit que 35 K !

Conclusion : il fallait s'astreindre à n'introduire aucunes pertes résistives. La bonne solution consista à guider l'onde par un jeu de 4 miroirs fonctionnant en zone proche et placés entre le foyer de la grande parabole et un cornet "corrugué", disposition assez voisine du périscope classique que l'on utilise en FH. Nhu BUI HAÏ explique aussi pourquoi cette disposition permet les mouvements d'orientation.

Le savoir-faire acquis entre 1974-1975 permit au Laboratoire de Nhu BUI HAÏ de proposer des antennes fonctionnant à des fréquences plus élevées lorsque les bandes 4 et 6 GHz commencèrent à se saturer ou encore pour réaliser d'autres compromis technico économiques, pour les réseaux régionaux de Télécommunications par Satellite.



ANTENNE pour Station Terrienne (Standard A)

19-1-3 La caractérisation des Stations Terriennes, le G/T et les différents standards

Comme nous l'avons vu, pour palier la faiblesse des signaux reçus au sol (trajet descendant) on eut à utiliser des antennes à grand gain et des préamplificateurs à faible bruit.

L'augmentation du gain, sans précautions spéciales, s'accompagnant aussi d'une augmentation de la capture du bruit émis par la chaleur de la terre de sorte que l'état de l'art eut à être caractérisé par un facteur de mérite qui s'exprime par le rapport :

$$\frac{\text{Gain dans l'axe privilégié}}{\text{Temperature de bruit de reception}} = \frac{G}{T}$$

l'unité est le dB/K car on calcule : $10 \log G - 10 \log T_{\text{Kelvins}}$

L'INTELSAT, à partir de cette notion définit un certain nombre de standards donnés dans le tableau qui suit tiré du Manuel sur les Télécommunications par Satellite du CCIR de Jean SALOMON.

STANDARD	FREQUENCE montée en GHz	FREQUENCE descente en GHz	ANTENNE diamètre en mètres	G/T en dB/K
A	6	4	30	> 40,7
B	6	4	11 - 14	> 31,7
C	14	11	14 - 17	> 39
D	6	4		23 - 32
E	14	11	3,5 - 8	25 - 34
F	6	4	5 - 7	23 - 39
G□	6 14	4 11		
Z□	6□14	4□11	□	□

19-1-4 Quelques Affaires de Stations Terriennes entre 1968 et 1978

RESEAU□	LIEU / CLIENT□	DATE CONTRAT	FIN INSTALLATION□
INTELSAT	PB2 (<i>PTT FRANCE</i>)	1966	1968
"□	MARTINIQUE (<i>PTT FRANCE</i>)	1970	1972
"	MADAGASCAR	1971	1972
"	COTE D'IVOIRE	1971	1972
"	SENEGAL	1971	1973
"	GOMETZ (<i>PTT FRANCE</i>)	1971	1973
"	GABON	1971	1973
SYMPHONIE □	PLEUMEUR BODOU <i>FRANCE</i> <i>ALLEMAGNE</i>	1971□	1973□
"	TOULOUSE CNES <i>FRANCE</i>	1971	1973
INTELSAT	CAMEROUN	1972	1973
"	PB3 (<i>PTT FRANCE</i>)	1972	1973
"	LA REUNION (<i>PTT FRANCE</i>)	1972	1973
"	GUYANE (<i>PTT FRANCE</i>)	1973	1974
"	CONGO BRAZZAVILLE	1973	1974
"	ZAÏRE (13 stations)		

Nota concernant SYMPHONIE : ce fut le nom d'une initiative Franco-Allemande (voir plus loin) pour acquérir tout le SAVOIR FAIRE en TELECOMMUNICATIONS par SATELLITE.

19-2 Charges utiles de Satellites de Télécommunications

Pour faire partie d'un consortium qui répond à des appels d'offres internationaux, être crédibles, il fallait pouvoir réunir des compétences en matériel embarqué et des compétences en Faisceaux Hertiens. THOMSON CSF avait comme atouts :

- d'une part, le personnel et les investissements (10 MF de l'époque !) qui avaient été affectés à la réalisation de matériels destinés à des missions spatiales scientifiques ou expérimentales. Pour comprendre l'importance des prémices de cette activité dont devait dépendre tout son avenir, on pourra se reporter au récit de Jacques CHAUMERON concernant 24 ans d'histoire, publié dans la revue interne THOMSON CSF. On pourra apprécier l'expérience acquise en Télémessure et en Télécommande, intégration en salle blanche, essais en chambre à vide, essais au pot vibrant, etc.

- d'autre part, le personnel qui avait eu à réaliser les grosses et moyennes artères terrestres par Faisceaux Hertiens.

Citons les personnalités marquantes :



Vladimir ALTOVSKY



Jacques CHAUMERON

- Vladimir ALTOVSKY, un des pionniers chargé dès 1961 d'animer un bureau des Activités Spatiales dans le cadre CFTH-SNERI.

- Jacques CHAUMERON qui devint Directeur du Département Espace Satellite (DSP) créé en 1970 au sein de la Division Equipements Avioniques et Spatiaux (AVS). DSP fut ensuite rattaché à DFH en 1974.

- Les principaux collaborateurs de Jacques CHAUMERON, Guy LECONTE, Pierre GAUTIER assisté de Guy MUZARD, Guy BERTAUD, Roland GOSMAND (qui fut le premier à réaliser du matériel spatial dans le centre de GENNEVILLIERS), Claude SKENDEROFF, Jean Claude HERAUD. Mentionnons aussi Marcel PALAZO qui eut la responsabilité du Service Technique de DSP.

- Les personnes qui, lors du rattachement de DSP à DFH vinrent renforcer ce département : Sania SCHIRMANN, Victor BIGGI et HAGENBUCHER et plus tard Pierre de BAYSER.. Enfin Bruno BLACHIER dont les débuts de carrière se déroulèrent au sein de l'équipe de Jean Claude SIMON.



Bruno BLACHIER et Tran NGUYEN VAN

Il fit un stage au sein de la COMSAT, rejoignit DFH et enfin DSP, il eut entre autre la responsabilité du projet ARABSAT.

19-2-1 Contraintes et spécificités des charges utiles

De prime abord la partie spécifique concernant les télécommunications avait des fonctions très semblables à celles des répéteurs des FH terrestres : amplification, changement de fréquence, branchement de plusieurs canaux sur les mêmes accès d'antennes directives, etc. S'agissant d'objets à expédier dans l'espace il paraissait évident que les principales contraintes allaient être des limites de poids et d'encombrement. pour bien comprendre les fondements de ces contraintes il paraît utile de donner la parole aux spécialistes de la propulsion des fusées.

Plus tard, lors d'une visite sur le site de VERNON à la Société Européenne de Propulsion (SEP), il me fut exposé les rudiments nécessaires. Je résume les propos de Philippe BUFFET de la Division Propulsion à Liquides et Espace :

On sait que pour satelliser des objets autour de la Terre, il faut leur communiquer une vitesse de l'ordre de 10 250 m/s par rapport à la Terre. Cette vitesse est obtenue en plusieurs étapes, par incréments Δv payés par une perte de masse (propulsion par réaction) laquelle correspond à la consommation d'ergol. Ce qui nous intéresse c'est la masse finale en orbite qui résulte de la relation suivante :

$$\frac{\text{Masse finale en orbite}}{\text{Masse initiale}} = e^{-\frac{\Delta v}{I_{sp} \times g_0}}$$

Δv : incrément de vitesse

g_0 : accélération de la pesanteur à la surface de la terre environ 10m/s²

I_{sp} : impulsion spécifique

Δv : est imposé par l'orbite choisie

Que représente l'impulsion spécifique I_{sp} ?

Elle exprime le temps (exprimé en secondes) pendant lequel un propulseur exercerait une poussée de 1 kilogramme Poids en consommant 1 kilogramme d'ergols. En d'autre terme :

$$I_{sp} = \frac{\text{Poussee d'une fusée}}{\text{Debit de masse du propulseur} \times g_0} = \frac{\text{Poussee d'une fusée}}{\text{Debit de poids d'ergol}}$$

On remarquera que le dénominateur est homogène à une force divisée par un temps, de sorte que I_{sp} est homogène à un temps , l'ordre de grandeur est de 350 à 450 secondes (dépend de l'étage de la fusée que l'on considère).

Une autre relation est que le produit $I_{sp} \times g_0$ est sensiblement égal à la vitesse V d'éjection des gaz à la sortie de la tuyère. V est proportionnelle à la racine carrée de la température de combustion, qui est de l'ordre de 3 000 K, et d'une expression qui fait intervenir la pression de combustion à laquelle doit résister la chambre de combustion 50 bars, en plus de la température de 3 000 K. On a maintenant tous les éléments pour comprendre les fondements des contraintes :



MOTEUR pour Troisième étage

Le rapport $27 \frac{\text{Masse finale en orbite}}{\text{Masse initiale}}$ dépend essentiellement du savoir-faire technologique.

Voici un ordre de grandeur de la sensibilité de ce rapport à l'impulsion spécifique (chiffres déduits du savoir-faire de 1985)

Charge à satelliser en orbite géostationnaire	Augmentation de cette charge pour un accroissement de I_{sp} de 1 seconde
4 200 kg	17 kg soit 4×10^{-3}
18 000 kg	125 kg soit 7×10^{-3}

Pour un électronicien 17 kg, et encore mieux 125 kg permettent de réaliser pas mal de fonctions ! On comprend mieux maintenant, la nature du dialogue qui dut s'engager entre spécialistes des fusées et spécialistes de l'électronique des Télécommunications.

Quant à l'encombrement, on n'aura aucune difficulté à saisir que c'est la traînée aérodynamique lors de la traversée de l'atmosphère à grande vitesse qui le limite (la coiffe d'une fusée est en gros de l'ordre son diamètre).

Quelles autres contraintes aussi ?

Ce furent les ingrédients agressifs auxquels DSP était habitué : vibrations, vide, température, bombardements ioniques, rayons X et gamma, micrométéorites et surtout l'énergie disponible à bord de la plate-forme satellisée, énergie obtenue par conversion en électricité du rayonnement solaire.

Celle-ci est tributaire comme on le sait de la constante solaire qui vaut 1,98 calories par minute et par cm^2 , traduit en langage plus familier pour les électriciens cela fait 1,35 kW par m^2 . Seulement une dizaine de pour-cents de cette énergie étaient convertis en électricité par les cellules solaire photovoltaïques (globalement 1 m^2 de panneaux solaires pouvait donner 70 watts d'électricité)²⁸

Ainsi les besoins en énergie se traduisaient-ils en déploiement de surface une fois l'orbite géostationnaire atteinte. Ce déploiement se traduisait finalement en poids à embarquer au décollage, retour à la contrainte fondamentale.

Un ordre de grandeur : 1 kg pour obtenir 20 watts en orbite.

Il fallait aussi tenir compte du poids des batteries destinées à stocker l'énergie nécessaire pour pallier l'absence de flux solaire pendant la durée des éclipses (durée 70 minutes environ), poids beaucoup plus important que celui des panneaux solaires.

Un autre problème était celui du contrôle thermique de la case équipements dont la chaleur dégagée par les composants électroniques ne pouvait être évacuée que par rayonnement (on traduisait cela par le mot contrainte des murs NORD/SUD)

²⁷ Ceci explique pourquoi les lanceurs au décollage font des centaines de tonnes pour obtenir seulement quelques tonnes en orbite

²⁸ On pourra se rendre compte des énormes progrès des cellules solaires photovoltaïques depuis cette époque : en 1993 on obtiendra 340 W/ m^2 et 110 W/Kg.

Enfin une exigence de fiabilité (vu le coût d'un lancement !) qui s'exprimait par une durée de vie probable de 7 ans (en fait les systèmes de Télécommunications par satellite doivent garantir une continuité de service au moins égale à celle des artères terrestres)

19-2-2 Une façon nouvelle de caractériser les satellites de Télécommunications : la PIRE

Au début des télécommunications par satellite, la caractérisation de la performance était exprimée par la Puissance Isotropique Rayonnée Equivalente qui permettait de juger de l'état de l'art, car elle contenait toutes les informations sur le savoir-faire. On pouvait facilement en déduire le flux de puissance utile à la surface de la terre. Par la suite, ce paramètre ne révéla plus que le type de mission de tel ou tel canal de la charge utile.

19-2-3 Les premiers pas de DSP guidés par HUGHES AIRCRAFT

C'est en nouant des relations avec des Sociétés Américaines, notamment avec HUGHES AIRCRAFT (HA) que les Ingénieurs de la CFTH apprirent le métier de constructeur de matériel satellisable.

Des stages à la COMSAT aux USA furent également profitables tant pour les ingénieurs de la CSF que de la CFTH.

Serge JDANOVSKY fut l'ingénieur qui établit les premiers contacts THOMSON/HUGUES. On tenta à cette époque de créer un "JOINT VENTURE" qui devait prendre le sigle SEMS. Serge JDANOVSKY résida plus de 2 ans chez HUGUES FULLERTON informant Pierre CHAVANCE des développements et réalisations "MICROWAVE SYSTEMS". Il avait été choisi pour cette mission parce qu'il avait passé antérieurement 15 ans de sa vie aux USA. comme ingénieur aux Laboratoires de BELL TELEPHONE (MURRAY HILL N.Y.). Il avait notamment participé aux études de répéteurs pour câbles transatlantiques et au multiplexage rapide TASI (TIME ASSIGNMENT SPEECH INTERPOLATION) qui permettait de passer 98 conversations téléphoniques sur seulement 36 voies. Il participa aussi au projet TELSTAR basé sur des satellites à défilement.

19-2-4 Les Satellites INTELSAT et la participation de TH CSF

Les premières participations de DSP, dans les satellites de Télécommunications furent le 2ème et le 3ème modèle d'INTELSAT II (il s'agissait des émetteurs de Télémessures fonctionnant en VHF fabriqués par la CFTH suivant un dossier établi par HUGHES AIRCRAFT)

Les progrès des satellites purent être appréciés par le poids en orbite, la capacité en circuits téléphoniques réalisables, l'énergie fournie par les cellules photovoltaïques et une caractérisation des transpondeurs proprement dits par la PIRE, en relation avec la zone d'utilisation sur la terre et la puissance surfacique disponible sur terre.

Revenons de façon un peu plus précise sur la définition de la Puissance Isotropique Rayonnée Equivalente (PIRE). Celle-ci est le produit de la puissance délivrée par la sortie d'un émetteur par le gain de l'antenne.

$PIRE = 10 \log (\text{Puissance} \times \text{Gain})$ en dBW

Ceci permet de mieux comprendre le tableau comparatif des INTELSATS qui suit

TABLEAU de l'EVOLUTION des SATELLITES de l'INTELSAT

Année	Sigle INTELSAT	Poids en orbite en kg	Puissance électrique consommée en watts	PIRE dBW	Capacité en voies téléphoniques
1965	I	39	40	13	240
1967	II	83	75	15,5	240
1968	III	127	134	25/8	1 500
1971	IV	700	460	23/27	4 000
1975	IV A□	828□	570 émise en radio 120	23/29□	6 000□
1980□	V□	1 053□	1 300 émise en radio 238	23/44□	12 000□

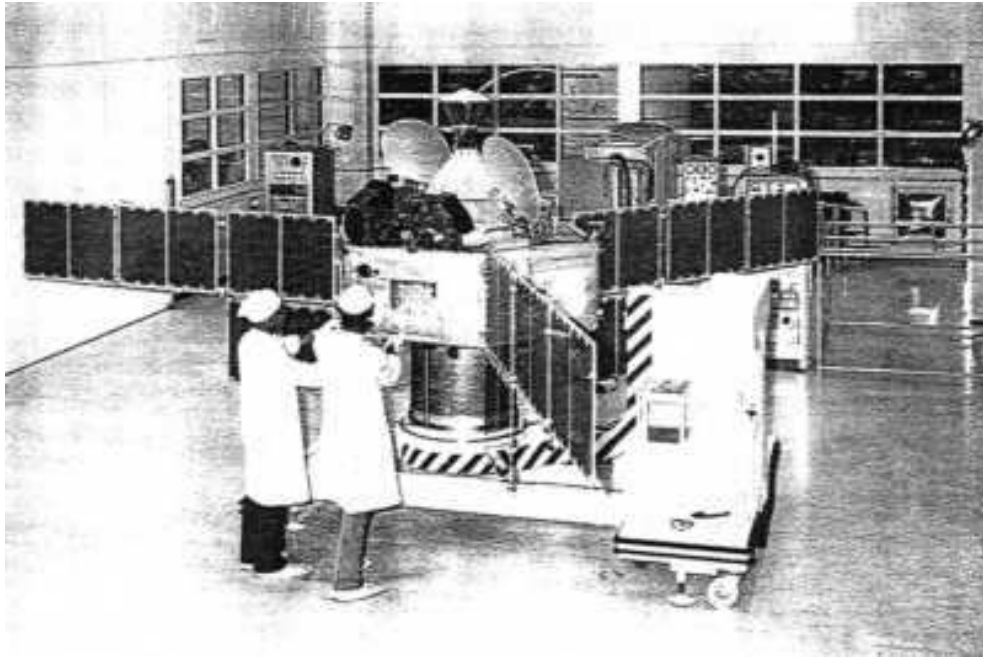
Revenons à la participation de TH CSF. Notons tout d'abord que THOMSON associé à HUGHES AIRCRAFT n'eut pas de participation dans INTELSAT III attribué à TRW. Par contre DSP eut une participation importante dans INTELSAT IV nécessitant qu'une importante mission, 20 ingénieurs dont faisait partie Guy BERTAUD séjournât chez HUGHES AIRCRAFT pour participer à l'intégration.

C'est en 1975 que DSP obtint son dernier contrat concernant INTELSAT IVA (THOMSON avait, en plus de sa participation à l'intégration une fourniture de matériel en bande C à savoir les télémesures à 4 GHz et les télécommandes à 6 GHz). Pour INTELSAT V un récepteur fut étudié par Pierre de BAYSER en bande K (14 GHz) lorsqu'il était encore au Laboratoire Hyperfréquence situé à Levallois. Cette affaire fut attribuée à TH CSF en raison des performances excellentes en bruit d'un simple mélangeur qui évitait l'emploi d'un amplificateur paramétrique embarquable.

19-2-5 Le programme SYMPHONIE

La notification du contrat fut mémorable, elle est racontée avec beaucoup d'humour par Jacques CHAUMERON dans ses articles consacrés à l'ESPACE à THOMSON CSF 24 ans d'histoire, qui relate les péripéties du Consortium Industriel Franco Allemand pour Symphonie (CIFAS).

A l'origine, l'intention était que l'Allemagne et la France acquièrent le savoir-faire complet en matière de Télécommunications par Satellite et que le lancement du satellite soit effectué par la fusée EUROPA II. La plate-forme satellisée était extrêmement performante avec une stabilisation 3 axes (très nouvelle à l'époque).



Intégration de SYMPHONIE en salle blanche.

Le malheur fut que l'ELDO décida d'arrêter le développement d'EUROPA II en raison de ses échecs répétés. Il fallait se résoudre à demander que le lancement soit effectué par la fusée Américaine THOR-DELTA. Les autorités Américaines n'acceptèrent le lancement qu'à condition que les satellites SYMPHONIE ne soient utilisés qu'à des fins expérimentales et non commerciales, pour ne pas faire concurrence à l'organisation internationale INTELSAT. Soulignons à ce point de vue, la vulnérabilité d'associations internationales qui ne disposent pas de lanceurs.

Cela permet de comprendre ce qu'il advint de l'expérience "SYMPHONIE" après neuf années de fonctionnement ininterrompu, lorsque le satellite fut éjecté de l'orbite géostationnaire et définitivement mis hors service.

Notons qu'en plus des missions pour la France et l'Allemagne, SYMPHONIE fut mis à la disposition de certains pays comme l'INDE, la CHINE, le QUEBEC et plusieurs pays AFRICAINS.

En ce qui concerne THOMSON CSF, le partage des études des sous ensembles entre SIEMENS, SAT et TH CSF nous accordait :

- l'intégration des répéteurs
- l'oscillateur local
- le mélangeur d'émission
- l'émetteur de Télémessures, et le récepteur de Télécommande
- les Antennes hyperfréquence
- les bancs de tests sur remorques

Il est à regretter que les programmes qui virent le jour après 1975, n'aient pu faire mieux fructifier l'expérience acquise lors de SYMPHONIE. Nous verrons dans un prochain chapitre ce que DSP eut encore à réaliser lorsque les techniques numériques envahirent à leur tour les systèmes de Télécommunications par Satellite.

20. DES PROMOTIONS à la TETE de DFH (1974)

Jacques TROUDE fut nommé Directeur Industriel de toute la THOMSON CSF, il prit ses nouvelles fonctions au Siège de la Société. Après les succès enregistrés à DFH cet avancement était bien mérité et la THOMSON CSF allait pouvoir bénéficier d'une expérience acquise dans les condition d'une très dure compétition internationale et de très profondes mutations technologiques.

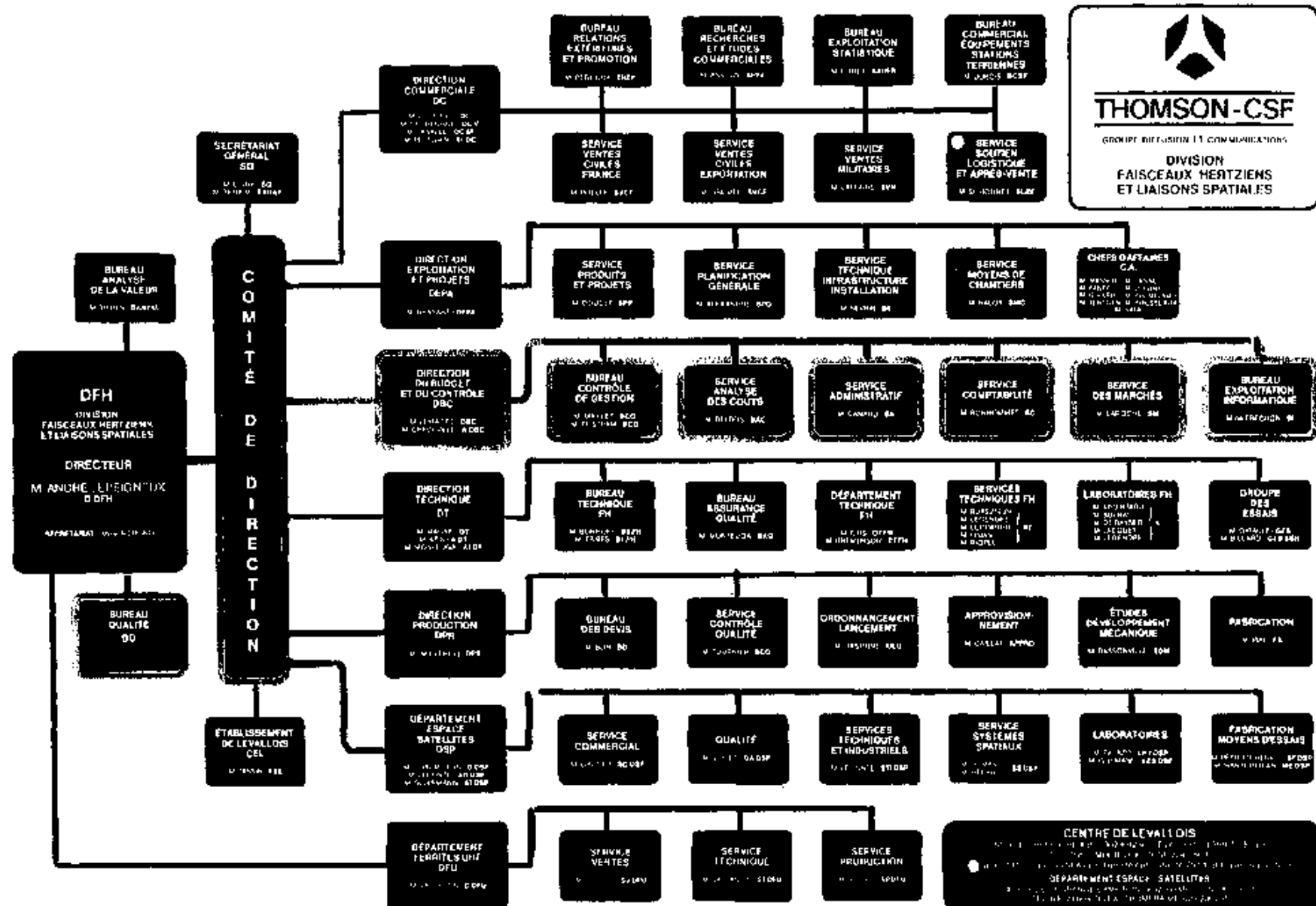
André LEPEIGNEUX lui succéda, il connaissait à fond la DIVISION en qualité de Directeur Adjoint. En plus son attachement sentimental pour toute l'équipe était un bon présage. Il sut protéger les forces vives de la DIVISION et obtenir les financements des PTT qui s'avéraient des plus nécessaires pour de nouvelles et très profondes mutations technologiques et techniques.

Sa nomination coïncida avec le rattachement de DSP à la DIVISION qui prit le nom officiel comme nous l'avons déjà annoncé de : DIVISION FAISCEAUX HERTZIENS et LIAISONS SPATIALES (DFHLS).



André LEPEIGNEUX

Quelques ajustements de l'organisation furent nécessaires, le plus important concernait la Direction Commerciale qui fut confiée à Gérard COFFINET.



André LEPEIGNEUX eut aussi la Présidence de THOMSON CSF ARGENTINA.

M. BANFI hérita des fonctions de René ANASTAZE lorsqu'il retourna en ARGENTINE (son pays d'origine) après avoir fait partie pendant quelques années de la Division Internationale de THOMSON CSF.

Roger BAYOT vers la même époque devint le Directeur Technique de notre filiale d'ARGENTINE.

Trois ans plus tard devaient survenir de nouveaux changements qui n'étaient pas attendus. André LEPEIGNEUX fut à son tour appelé au Siège et on eut l'impression qu'il s'était instauré l'instabilité à la tête de DFH. Pourtant la DIVISION avait besoin de continuité pour faire face à ce qui se préparait sur les plans technique et industriel comme nous allons le voir.



M. BANFI

Avant de développer les nouveaux bonds en avant de la technologie, exposons brièvement les avatars de la DFHLS.

20-1 Une transition

Après le départ d'André LEPEIGNEUX ce fut Christian LOEFFLER qui fut désigné comme Directeur de la Division FAISCEAUX HERTZIENS et LIAISONS SPATIALES. La plus grande partie de sa carrière s'était déroulée précédemment à LMT (qui venait d'être absorbée par THOMSON CSF) où il avait obtenu la responsabilité des Radio Mobiles et de la Radionavigation. Il partit en retraite en 1982.

20-2 Jean GUIBOURG et le TRANSFERT de DFHLS à ALCATEL (Groupe CGE)

Après le départ de Christian LOEFFLER, Jean GUIBOURG hérita de la DIVISION.

Après avoir occupé des postes de responsabilités à THOMSON CSF et en particulier de la très importante affaire DACTA (BRESIL 1972-1974), il avait été nommé Directeur Général de SOCAPEX, filiale de THOMSON CSF dont l'activité portait sur les connecteurs et les circuits imprimés.

La filialisation de la Division FH sous le nom d'ATFH (actionnaires ALCATEL et THOMSON) se fit en 1984 après une réorganisation dont l'une des conséquences fut le détachement de DSP : ce département devait entrer dans une nouvelle entité confiée à Gérard COFFINET (elle fut déménagée à TOULOUSE par la suite).



Jean GUIBOURG devint Directeur Général d'ATFH en 1984.

La philosophie de la nouvelle organisation apparaît dans un livre mémoire :

" De la SFR à ALCATEL TELSPACE "

AEFICOM 1991

36 rue Etienne MARCEL 75002 - PARIS

auquel nous renvoyons le lecteur.

En 1990 l'activité de TELSPACE fusionnera plus étroitement avec l'entité FH et prendra le nom d'ALCATEL TELSPACE. Après avoir déménagé de notre vieille USINE de LEVALLOIS, ALCATEL TELSPACE s'installa 5 rue Noël PONS à NANTERRE (92374) et Jean GUIBOURG en devint le PRESIDENT.

Souhaitons réussite et bonne chance à l'équipe en place qui hérite d'un magnifique outil de travail, souhaitons aussi qu'un autre narrateur se manifeste pour rédiger la suite de cette histoire, l'activité FH et Télécommunications par Satellite ne pouvant s'éteindre.

Reprenons maintenant notre récit en insistant plus particulièrement sur les grandes mutations des 20 dernières années.

21. DE NOUVELLES MUTATIONS TECHNOLOGIQUES et TECHNIQUES (1974 et suivantes) : L'avènement de l'Arséniure de Gallium et du "Tout Numérique"

Comme nous l'avons déjà mentionné, il subsistait deux structures d'émetteur : avec et sans tube à ondes progressives. Rappelons qu'un TOP était nécessaire lorsque la puissance d'émission devait atteindre 5 à 10 watts. Cela n'était satisfaisant, ni pour l'esprit, ni pour la modularité nécessaire à l'abaissement des coûts par effet de volume (doctrine déjà exposée). Il fallut engager la division dans un nouveau bond en avant sous peine de périr.

21-1 Impact de la disponibilité des transistors à effet de champ et à l'arséniure de gallium

L'histoire des années 60 allait se répéter à partir de 1975 lorsqu'il devint certain que le bastion des tubes à ondes progressives, allait à son tour, être entamé par les transistors hyperfréquence à l'arséniure de gallium. On notera cependant que pour les très grandes puissances (kW), les tubes restèrent et restent sans égal.



Michel CARPENTIER

Ce message nous vint sous les auspices de Michel CARPENTIER, alors Directeur Général Technique de THOMSON CSF, lors d'un Comité de Coordination réunissant le responsable de la Division de Micro-électronique Hyperfréquence (DMH) qui était Hervé DEROY et le responsable technique de DFH, Philippe MAGNE. Il fut convenu que les deux divisions coordonneraient leurs plans produits et que l'on ferait connaître la position de THOMSON CSF à la DAI COPEP qui était dirigée par M. TREILLE.

- DMH avait à mettre au point une filière SILICIUM pour les transistors bipolaires capables de fournir de 1 à 5 watts jusqu'à 4,2 GHz.
- DMH avait à mettre au point une filière à l'ARSENIURE de GALLIUM, pour des transistors à effet de champ à faible facteur de bruit (2 dB) fonctionnant dans les bandes des Faisceaux Hertiens.
- DFH s'engageait à utiliser les nouveaux composants de DMH pour ses amplificateurs, les liaisons inter étages étaient de la responsabilité de DFH qui avait un atelier de micro-électronique hyperfréquence, capable de les faire..

Un peu plus tard, en 1979, la NEC annonçait qu'elle obtenait 15 watts à 6 GHz, 10 watts à 8 GHz, 2,5 watts à 11 GHz et 1 watt à 14 GHz. DFH dut se résoudre à acheter ses composants à la NEC et à d'autres fournisseurs JAPONAIS dont FUJITSU. Les JAPONAIS honorèrent parfaitement nos commandes, bien que nous fussions leur concurrent en Faisceaux Hertiens.

Ils avaient parfois des retards de livraison imputables à des difficultés de fabrication, mais aucunement l'intention de bloquer notre production de Faisceaux Hertziens.

Devant cette réalité, le renouveau du catalogue de la DIVISION s'imposait, le tout à l'état solide" triomphait dans toute les bandes de fréquences.

On notera cependant qu'une quinzaine d'années s'écoulèrent entre la première transistorisation partielle (1962) et la transistorisation totale (1976).

Alexandre OSIAS et Philippe LEGENDRE s'employèrent avec talent à coordonner les études des sous ensembles de la nouvelles génération de Faisceaux Hertziens.

Citons aussi Gérard CAMPET (un de mes anciens élèves à l' ISEP), qui fit ses premières armes à propos du 2 700 voies, Michel CAMAND responsable des circuits en fréquence intermédiaire (70 MHz et 140 MHz), Jean BEDDOK un ingénieur ESE récemment embauché à cette époque, Pierre COURBOULAY, CAMINADE, Gérard SAINTE BEUVE...etc...et tous ceux dont les noms auraient dû être cités.

Les circuits hyperfréquence étaient réalisés en micro électronique, sauf les filtres, pour lesquels les cavités à air s'imposaient, pour ne pas avoir trop de pertes en fond de bande. On mit au point une nouvelle structure à mode évanescent, les cavités étant directement couplées, ce qui réduisait l'encombrement et facilitait la mise "en poutre" des Emetteurs Récepteurs.

On se fixa aussi, comme objectif de réduire la consommation de façon draconienne : on descendit à moins de 25 watts par E/R de capacité 960 voies. Ainsi, entre 1962 et 1979, la consommation passa-t-elle de 800 watts à 20 watts environ, soit un facteur de 40, oh ! combien favorable à la fiabilité. Quel progrès ! Ce fut à nouveau le grand jeu.

La nouvelle génération fut étudiée sur un marché d'études du CNET, surveillé par Jean Pierre POITEVIN et Daniel CHATAIN, elle eut pour sigle FH 250, auquel on ajouterait un chiffre révélateur de la fréquence.

L'Argentine eut la primeur de la promotion, la présentation fut organisée par notre filiale THOMSON CSF ARGENTINA, dont BANFI était devenu le Directeur, succédant à René ANASTAZE qui en avait été le fondateur.

21-2 Bilan des liaisons en Faisceaux Hertziens analogiques vers 1979

On obtint de grosses affaires en ARGENTINE, en RUSSIE (BAM) et dans bien d'autres pays: MADAGASCAR, PAPOUASIE...etc... On constatait cependant que les commandes "France" avaient tendance à s'essouffler, entre 1970 et 1978 elles avaient vraiment flanché, tandis que celles de l'exportation gonflaient, heureusement pour la pérennité de DFH.

Au 1^{er} janvier 1980, on pouvait constater que THOMSON CSF avait réalisé 88 000 km de liaisons hertziennes dans 50 pays, sur les 5 continents.

Ces liaisons représentent 2 350 stations installées, dont 1 500 hors de FRANCE, totalisant 320 000 000 de voies téléphoniques × kilomètres en exploitation.

22 UN EFFORT DE L'ADMINISTRATION FRANCAISE DES PTT pour faire connaître les TECHNIQUES utilisées dans son RESEAU.

L'effort sans précédent que dut faire l'Administration Française des PTT pour réaliser son réseau de 20 millions d'abonnés, nécessita comme l'on s'en doute l'intervention de nombreux industriels. Beaucoup ignoraient la complexité du téléphone moderne , en dehors de leur spécialité.

Le Ministère des PTT, en l'occurrence la Direction Générale des Télécommunications, fit paraître en 1982 un énorme ouvrage intitulé :

LES TELECOMMUNICATIONS FRANCAISES
réalisé sous la Direction de Marcel LACOUT, assisté de Daniel CADE
30 à 40 coauteurs dont Jacques VERREE.
Secrétaire de rédaction, Guy LANGER

La lecture de cet ouvrage permet de situer les Faisceaux Hertziens et les Télécommunications par Satellite dans un réseau comme celui de la France. Cette lecture invite à beaucoup de modestie.

-Contribution de DFH pour faire connaître la Technique des Faisceaux Hertziens.

Un manuel intitulé CONNAISSANCES des LIAISONS HERTZIENNES, fut rédigé par le regretté Pierre ARIFON, plus tard il fut mis à jour par Claude BREMENSON..

1974 - 1985

23 IMPACT de la NUMERISATION de tous les SIGNAUX

Aux alentours de 1974 la numérisation commençait à envahir toutes les branches de l'électronique : l'informatique faisait tache d'huile ! Avant d'évoquer ce qu'il en résulta pour les Faisceaux Hertiens et les Télécommunications par Satellite, il est bon de rappeler comment s'institua la numérisation de la voie téléphonique.

23-1 Origines de la numérisation de la voie téléphonique

Le procédé de numérisation d'un signal analogique audio fréquence de type téléphonique fut breveté en 1938 par A. H. REEVES et Maurice DELORAINÉ Directeur Technique de l'ITT Europe vers 1935. Il relate dans son livre :

DES ONDES et des HOMMES : Jeunesse des Télécommunications et de l'ITT
préfacé par Robert MURPHY, ambassadeur des Etats Unis en France (1930-1945)
Flammarion 1974

que l'importance de cette invention fondamentale ne fut reconnue qu'en 1965 lorsque REEVES reçut la médaille BALLANTYNE de l'Institut FRANKLIN aux USA.

Avant de poursuivre, de quoi s'agit-il ? Le mot numérique suggère qu'une succession de chiffres va *représenter*²⁹ le signal téléphonique et qu'il faudra ensuite *l'interpréter* pour reconstituer le signal téléphonique classique, après que cette succession de chiffres aura été transmise par une liaison "numérique". Maurice DELORAINÉ rappelle dans son livre qu'après l'invention du Télégraphe Morse en 1832, beaucoup d'inventeurs essayèrent de "télégraphier" la parole : belle métaphore pour la numérisation et qui souligne en plus le caractère impulsif du processus.

Ajoutons que la numérisation profita des composants de l'informatique friande des états "bloqué ou saturé", deux états seulement, de sorte que le chiffrement commença tout naturellement par le code binaire à base 2 :

- ainsi naquit l'unité de quantité d'information ³⁰ bit, contraction de binary digit que l'on devrait appeler LOGON en français, ce terme rappelant que la définition de l'information fait intervenir un logarithme.

La numérisation de la voie téléphonique se fit en adoptant la procédure suivante :

- 8 bits furent affectés au signal téléphonique (1 OCTET)
- il en résultait la possibilité de chiffrer $2^8 = 256$ niveaux distincts
- cela impliquait aussi un échantillonnage du signal téléphonique analogique à une fréquence d'un peu plus du double de la plus haute fréquence de la bande de base ; on choisit 8 000 Hz de sorte que les échantillons étaient prélevés tous les $1/8\,000^{\text{ème}}$ de seconde c'est-à-dire toutes les 125 microsecondes.

²⁹ bien noter la dichotomie "représenter et interpréter" également à la base de l'informatique

³⁰ c'est une réponse par OUI ou NON, symbole 0 et 1

Finalement la numérisation de la voie téléphonique conduisit à un débit numérique de :
 $8\,000 \times 8 \text{ bits} = 64\,000 \text{ bit/s}$

Unités d'usage :

Pour l'intervalle de temps entre échantillon : 125 microsecondes

Pour le débit numérique 64 KILOBITS par SECONDE (64 kbit/s)

Pour la durée d'un bit $1/64\,000 \rightarrow 15,625$ microsecondes

On saisit mieux à travers ce langage le caractère impulsionnel du processus.

Nom donné à ce processus : Modulation par Impulsion et Codage (MIC) (Pulse Code Modulation PCM)

23-2 MIC et multiplexage

Le caractère impulsionnel du codage s'accordait très bien avec le multiplexage par répartition dans le temps (MRT) (Time Division Multiplex TDM) par opposition au multiplexage par répartition en fréquence (MRF) jusqu'alors à la base des "courants porteurs" (Frequency Division Multiplex FDM)

Les premières applications : le TNE 1

L'une d'entre elles concernait les câbles urbains multipaires. On savait qu'en supprimant les bobines de PUPIN (lorsqu'il y en avait), une paire téléphonique pouvait passer de l'ordre du MHz.. Ce furent les spécialistes de la transmission sur câbles métalliques qui développèrent les équipements nécessaires. utilisant au mieux cette bande , ils créèrent un MRT de 30+2 voies MIC, chaque voie ne disposant alors que d'un intervalle de temps $IT = 125/32 = 3,9$ microsecondes. La durée d'un bit d'information devenait alors de $3,9/8 = 0,48$ microseconde, sous intervalle de temps compatible avec la bande de l'ordre du MHz.

Le débit en ligne était alors de $32 \times 64 = 2\,048 \text{ kbit/s}$. Ce fut ce que l'on appela le Terminal Numérique d'Extrémité d'ordre 1, en abrégé TEN 1 et plus simplement TN 1.

C'est une norme de la Commission Européenne des TELECOMMUNICATIONS (CEPT) postérieure à la norme USA à 24 voies (1536 kbit/s).

Cette première utilisation, en multipliant la capacité utilisable des paires téléphoniques par 30³¹, enthousiasma les téléphonistes... pour satisfaire les nouvelles demandes en circuits téléphoniques, on n'avait pas à enterrer de cuivre ! On disait qu'on "micait" les paires téléphoniques, en général seulement 30% de celles-ci purent vraiment être numérisées.

23-3 Les avantages de la MIC

Outre la possibilité d'accroître la capacité des câbles urbains multipaires, quelles furent les bonnes surprises ? D'abord, que le codage supprimait complètement la diaphonie intelligible : les indiscretions devinrent pratiquement impossibles.

³¹ En fait, le gain n'était que de 15 car l'introduction du TNE 1 oblige à une transmission de type 4 fils (1 paire pour un sens, 1 autre paire pour l'autre sens)

D'autre part, le signal MIC pouvait être entièrement régénéré après qu'il ait subi de fortes distorsions et une pollution par du bruit ou des parasites, on plaçait à cet effet des répéteurs régénérateurs dans les anciens pots PUPIN (DFH eut à s'intéresser à ce type de répéteur et étudia une génération qui précéda celle à électronique intégrée : Jacques BURSZTEJN en fut chargé). La régénération que nous évoquons ici était rendue possible en utilisant la connaissance "a priori" du signal MIC :

- existence d'un rythme délivré par une horloge qui cadence les séquences de bits.
- existence de niveaux discrets à l'exclusion de tous autres.

Enfin, le signal MIC s'avéra très résistant au bruit : A la notion de rapport signal sur bruit se substitua une nouvelle façon de caractériser la qualité de transmission, celle de taux d'erreur, une erreur étant définie comme la confusion entre un symbole 1 et 0. On trouvait que le taux d'erreur évoluait comme la fonction "erfc", la variable étant le rapport signal sur bruit avant démodulation ; ainsi le bruit se métamorphosait en taux d'erreur. La bonne surprise fut que lorsque le signal dépassait d'une quinzaine de décibels le niveau du bruit, le taux d'erreur devenait extrêmement faible, de l'ordre de 10^{-13} (lorsque la statistique du bruit est GAUSSIENNE)

23-4 MIC et commutation téléphonique

Le codage et le multiplexage temporels inventés pour les besoins de la transmission, donna des idées aux spécialistes de la commutation qui utilisaient déjà les ordinateurs pour piloter leurs auto commutateurs : ils avaient goûté aux délices du logiciel ! Se rendant compte qu'il était possible de brasser ³² les intervalles de temps de 3,9 microsecondes déjà évoqués, ils inventèrent la commutation temporelle entièrement électronique (pas de contact électromécanique).

Des études avaient été lancées par le CNET, bien avant la période que nous évoquons et avaient commencé à aboutir vers 1970 sous l'impulsion de Louis Joseph LIBOIS (CNET).

Ce principe de commutation devait complètement supplanter la commutation électromécanique, elle fut concomitante d'une tendance générale à la numérisation, banalisant ainsi toutes les informations par un dénominateur commun : une succession de réponse par oui ou non, symbole 1 ou 0 (bit), transmis successivement dans le temps.

Naquit aussi vers cette époque, la grande ambition des Réseaux Numériques à Intégration de Service (les abonnés devant pouvoir profiter de services supplémentaires et différents de la téléphonie classique). La convergence des Télécommunications et de l'Informatique prit le nom de TELEMATIQUE

23-5 Multiplex téléphoniques numériques d'ordre supérieur les TNM

Après cette première émergence de la numérisation basée sur le TN 1, qui correspondait à la rapidité de l'électronique digitale à bas coût de l'époque, il fallut multiplexer les TN 1 de manière à écouler sur les mêmes supports de transmission des quantités d'information beaucoup plus importantes.

³² c'est le rôle des brasseurs numériques

L'histoire se renouvelait, comme au temps de l'analogique où les courants porteurs voyaient leur capacité croître avec le savoir-faire : 12, 60, 120, 300, 960, 1 800 et 2 700 voies (bien noter ici que l'indice hiérarchique s'exprimait en voies téléphoniques).

En technique numérique les capacités furent exprimées en Mégabits par seconde tout en rappelant le nombre de voies téléphoniques équivalent (à 64 kbit/s). La hiérarchie d'origine fut la suivante pour l'Europe et la France (elle était malheureusement différente pour les USA et le JAPON)

Niveau hiérarchique	Débit Numérique	nombre de voies téléphoniques	Durée ³³ T du bit
TN 1	2,048 Mbit/s	30	0,48 μ s
TN 2	8,192 Mbit/s	120	0,12 μ s
TN 3	34 Mbit/s	480	30 ns
TN 4	140 Mbit/s	1 920	7 ns

Ces multiplex numériques apparurent extrêmement économiques par rapport aux courants porteurs (facteur de l'ordre de 5). Ce fut une incitation extrêmement forte s'ajoutant aux possibilités nouvelles de commutation temporelle pour numériser le téléphone.

Nota : Au début les affluents des multiplex d'ordre supérieur étaient plésiochrones, ce qui voulait dire, presque synchrones, mais dont les horloges restaient dans les limites spécifiées compatibles avec les conditions d'ambiance en exploitation : cela en attendant que des conditions d'isochronisme à l'échelle internationale fussent définies.

23-6 Numérisation de la Télévision

De prime abord, la numérisation de la télévision à la façon dont on avait numérisé la voie téléphonique conduisait à ceci :

LUMINANCE

Echantillonnage à 13,5 MHz et codage à 8 bits → 13,5 x 8 108 Mbit/s

CHROMINANCE

Echantillonnage de 2 composantes à 6,75 MHz → 2 x 6,75 x 8 108 Mbit/s

TOTAL 216 Mbit/s

MODULATIONS SONORES ASSOCIEES A L'IMAGE

Echantillonnage des voies son et HI FI stéréophoniques 34 Mbit/s

Cette évaluation était décourageante vu l'énorme débit numérique nécessaire pour un seul programme. Elle fit prendre conscience de la nécessité d'un traitement numérique du signal de télévision pour réduire ce débit, souhaitant pouvoir tenir dans la hiérarchie 34 Mbit/s pour l'image (plus tard la compression à 140 Mbit/s ne s'avéra pas trop dommageable à la qualité de l'image, à 34 Mbit/s elle pouvait être acceptable moyennant des perfectionnements).

³³ μ s : microseconde (10^{-6} s) ns : nanoseconde (10^{-9} s)

L'objectif était d'aboutir à un algorithme tenant compte d'aspects statistique et psychovisuel. D'autre part se profilaient des besoins en haute définition qui déclenchèrent la compétition de nouveaux standards.

23-7 Pour les Faisceaux Hertziens numériques, QUELLE MODULATION OPTIMALE pour la PORTEUSE ?

Dès l'époque que nous évoquons ici (1973 - 1974) la tendance à la numérisation de tous les signaux était évidente. Bien que l'optimisation des Faisceaux Hertziens analogiques se révélât d'une grande simplicité, il s'avérait qu'il fallait reconsidérer les options fondamentales et tout d'abord la modulation :

- les modulateur/démodulateur de fréquence très linéaires ne convenaient plus à cause du caractère discontinu de la MIC car il se révélait qu'une modulation d'amplitude avait à accompagner la modulation de phase. On commença par expérimenter la modulation la plus simple pour transmettre le code binaire, à savoir le saut de phase de 180°, représentant la transition entre le symbole 0 et le symbole 1. Ce fut ce que l'on appela la Modulation à Déplacement de Phase à 2 états, 2 MDP (Phase Shift Keying PSK).

Une variante où seules les transitions 0 → 1 ou 1 → 0 étaient transmises, c'est-à-dire les changements d'états, apporta une amélioration qui s'avérait nécessaire (résolution de l'ambiguïté de phase à la démodulation).

On notera que les semi-conducteurs de l'époque permettaient des sauts de phase extrêmement brefs, de l'ordre de la centaine de picosecondes (100×10^{-12} s) de sorte que l'on pouvait considérer le déplacement de phase comme instantané. Cette extrême brièveté du saut de phase n'était pas d'une absolue nécessité, car nous allons voir plus loin qu'il fallut filtrer le spectre de modulation, ce qui allongeât la durée du saut de phase.

23-7-1 Spectre de la modulation à saut de phase

Cet aspect dut être analysé dès les premières investigations car, comme nous l'avons déjà signalé, l'occupation spectrale se révélait de première importance surtout aux points nodaux de télécommunications des réseaux très denses comme celui de la France.

En premier lieu, on calcula le spectre de modulation dans l'hypothèse où l'apparition des symboles 0 et 1 était aléatoire, cette approche se révéla licite par la suite. On trouva que le spectre était continu, et que la densité spectrale ³⁴ autour de la position virtuelle de la porteuse, (densité rapportée à une puissance de porteuse non modulée normalisée à l'unité), était de la forme :

$$T \times \left(\frac{\sin \pi f T}{\pi f T} \right)^2$$

T = durée du moment de la modulation qui est égale à la durée du bit en 2 MDP (exprimée en seconde)

f = écart en fréquence par rapport à la position de la porteuse laquelle disparaît dans un spectre continu (exprimé en Hertz)

³⁴ Puissance que l'on recueillerait dans une bande de 1 Hz.

Une comparaison rapide montrait qu'à même capacité exprimée en voies téléphoniques la modulation numérique occupait une bande énorme par rapport à la modulation de fréquence analogique transmettant un spectre de courants porteurs. L'application numérique de la formule ci-dessus fait apparaître en effet des queues de spectre très importantes à environ $f = \pm 3/2T$ et $f = \pm 5/2T$

Pour une capacité de 1 920 voies ($T = 7$ ns), ces queues se situent à ± 214 MHz environ et ± 357 MHz, alors qu'en modulation de fréquence analogique pour 1 800 voies, il n'y a pratiquement plus d'énergie au delà de la bande de CARSON qui vaut $\pm 12,5$ MHz.

En conclusion : on pourra juger de la situation devant laquelle se trouvait l'hertzien coincé entre la rigueur avec laquelle il fallait respecter les plans de fréquences recommandés par le CCIR ³⁵ et l'adoption du débit de 64 Kbit/s pour la voie téléphonique numérisée.

Pour survivre il fallut trouver une échappatoire conciliant ces contraintes.

23-8 L'optimisation des Faisceaux Hertiens Numériques

Au sein de DTFH, cette question fut confiée à Claude BREMENSON ³⁶ qui eut pour mission de sauver la situation et le fit. Ses premières conclusions furent publiées dans un article intitulé :



Claude BREMENSON

³⁵ Dans la bande 5,9 à 6,4 GHz l'écart entre canaux hertiens est de 29,65 MHz et, dans la bande 6,4 à 7,1 GHz, il est de 40 MHz.

³⁶ Claude BREMENSON rédigea beaucoup plus tard en 1990 un manuel très complet intitulé : CONNAISSANCE des LIAISONS HERTZIENNES qui fut édité par ALCATEL RADIO SPACE DEFENSE.

FAISCEAUX HERTZIENS ANALOGIQUES et NUMERIQUES à GRANDE CAPACITE
par Claude BREMENSON
Revue Technique THOMSON CSF Volume 5 n°3 septembre 1973

Comment se posait le problème ? Tout simplement, obtenir la même capacité exprimée en voies téléphoniques dans la bande totale d'un plan de fréquence du CCIR, que la modulation et le multiplex fussent analogiques ou numériques. Cela ne semblait pas facile à obtenir vue la normalisation de la voie téléphonique numérisée au débit de 64 Kbit/s.

On s'interrogea sur l'opportunité des 64 Kbit/s alors que 32 Kbit/s eussent été suffisants pour une excellente qualité sonore, mais l'hertzien ne pouvait, à lui seul remettre en cause la normalisation sur laquelle reposait la nouvelle commutation téléphonique temporelle.

Sur le fond, le dilemme venait de ce que, bien que l'on ne voulût parler exclusivement de "bits" d'information, les impératifs d'exploitation, nombre de voies téléphoniques à transmettre, partages du spectre radioélectrique, resurgissaient encore.

Cet aspect ternissait quelque peu l'espoir de la dépersonnalisation de l'information et aurait dû inciter à mieux optimiser le codage de la voie téléphonique en économisant le nombre de bits par seconde nécessaires.

Pourtant à cette époque, l'existence de la Modulation Delta (MD), de la Modulation par Impulsion et Codage Différentiel (MICD), des prémices de la Modulation par Impulsion et Codage Différentiel Adaptable (MICDA) aurait pu remettre en cause la normalisation à 64 Kbit/s. Il n'en fut rien. Ces modulations auraient pourtant permis d'atteindre 32 Kbit/s et même peut-être 16 Kbit/s pour la voie téléphonique standard.

Des études supplémentaires d'optimisation du codage auraient sans doute retardé un peu la numérisation du téléphone, mais elles auraient énormément facilité les problèmes de transmissions à grande distance.

En fait, au moment de l'adoption du débit de 64 kbit/s pour la voie téléphonique, personne ne soupçonnait quelles pouvaient en être les conséquences pour la transmission à grande distance.

Quelle fut la démarche pour sauver l'hertzien ?

23-8-1 Le filtrage du Spectre de Modulation et la Régénération de la MIC

Dans le cas des supports métalliques de transmission la réponse Amplitude Fréquence des câbles filtre le spectre déjà évoqué en :

$$T \times \left(\frac{\sin \pi f T}{\pi f T} \right)^2$$

Pour l'hertzien il en va autrement. On s'enquit tout d'abord de savoir dans quelle largeur de bande se trouvait l'essentiel de l'information parmi l'énorme spectre de modulation et quel pourrait être le filtrage optimal.

C'est ainsi que l'on commença à décrypter les secrets de la modulation numérique. A la possibilité de régénérer le signal en bande de base BB on associait la possibilité de le filtrer dans la bande de NYQUIST qui est égale à $1/2T$ en BB et à $1/T$ en hyperfréquence où T est la durée du moment de la modulation. La fonction de filtrage optimum ne provoquant pas de brouillage entre symboles fut trouvée en cosinus surélevé dont le facteur d'arrondi (ROLL OFF) gouvernait l'amplitude de la suroscillation.

Il fallut cependant définir la précision avec laquelle ce filtrage devait être réalisé en se fixant le brouillage intersymbole à ne pas dépasser, en un mot tracer des gabarits de filtrage.

Cela fut obtenu par Claude BREMENSON en utilisant les travaux de SMITH publiés dans le BSTJ de décembre 1965.

La structure optimale du répéteur hertzien, contrairement à l'analogique, apparut, pour le numérique, à démodulation remodulation, pour pouvoir régénérer en BB le signal après chaque bond radio. Quant au filtrage, il était obtenu en fréquence intermédiaire et en hyperfréquence; en jargon de l'époque, on disait aussi que la fonction de transfert de l'émetteur ou du récepteur devait être "en racine carrée de ROLL OFF".

23-8-2 La sophistication de la modulation

Le filtrage qui vient d'être évoqué était très insuffisant pour "caser" le trafic téléphonique "numérisé" dans les plans de fréquences du CCIR.

C'est par la sophistication de la modulation que l'on put résoudre ce problème fondamental pour l'avenir de l'hertzien. Pour juger du mérite des différentes modulations (dédites du saut de phase élémentaire déjà évoqué) on dut se référer à indice de rendement spectral exprimé par le nombre de bits transmis par seconde rapporté à l'unité de bande passante, le Hertz. On utilisa aussi le nombre de voies téléphoniques transmises par MHz de bande occupée ou encore le nombre de kHz occupés en hyperfréquence par voie téléphonique transmise.

Cela permettait une comparaison avec les systèmes analogiques en exploitation et de situer où l'on était par rapport à l'objectif.

- Claude BREMENSON trouvait que le meilleur système de l'époque (2 700 voies) par canal et 8 canaux dans la bande 6,4 à 7,1 GHz) atteignait 62 voies par MHz ou encore 16 kHz par voie, le chemin à parcourir ³⁷ était grand !

³⁷ traduit en langage numérique il fallait atteindre 8 bit/s xHz

Pour saisir la démarche pour améliorer le rendement spectral de la modulation, il faut rappeler la distinction à faire entre :

- l'unité d'information : le BIT

- l'unité de rapidité de la modulation le BAUD bien connu des télégraphistes

Le nombre de bauds exprime le nombre de moments du code par unité de temps, en l'occurrence, pour les Faisceaux Hertiens, moment serait synonyme d'état de la porteuse (phase et amplitude).

Il est clair que c'est le nombre de bauds qui détermine la largeur du spectre de modulation.

C'est en réduisant le nombre de bauds que l'on améliore le rendement spectral à même quantité de bits transmis pendant l'unité de temps ce que l'on peut traduire aussi en disant que chaque état de la porteuse devait durer plus longtemps.

Dans ces conditions comment le débit d'information en bits par seconde pouvait-il être préservé ? Tout simplement en augmentant le nombre d'états discrets de la porteuse.

On le comprendra mieux en comparant la modulation la plus simple à 2 états de phase représentant les symboles 0,1 à une modulation à 4 états de phase représentant les associations 01, 10, 11 et 00, ... associations de 2 bits adjacents dans le temps qui furent appelés par commodité de langage "DIBIT"

Ces 4 états représentatifs des dibits duraient $2T$ où T est la durée des bits du MULTIPLEX : le rendement spectral passait ainsi à $2 \text{ bit/s} \times \text{Hz}$.

Pouvait-on aller plus loin en rendement spectral ?

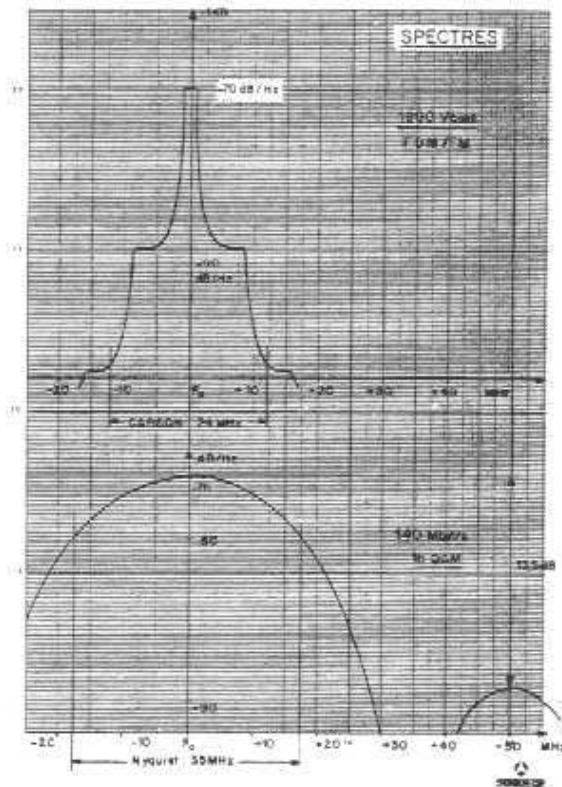
En généralisant ce qui vient d'être évoqué on pouvait imaginer d'associer " m " bits adjacents pour aboutir à un rendement spectral de $m \text{ bit/s} \times \text{Hz}$

Quel fut le prix payé pour un tel rendement ?

La réponse est la complexité de la modulation comme le montre le tableau suivant où la première colonne indique le rendement spectral obtenu dans la bande de NYQUIST ³⁸

Rendement spectral $m \text{ en bit/s} \times \text{Hz}$	Nombre d'états de la porteuse $M = 2^m$
1	2
2	4
3	8
4	16
6	64
8	256

³⁸ à ne pas confondre avec le rendement global dans toute la bande d'un plan de fréquences du CCIR



mais cela impliquait que la modulation concernât à la fois l'amplitude et la phase (d'où le nom de Modulation à Déplacement d'Amplitude et de Phase MDAP)

La faisabilité³⁹ fut expérimentée par Claude BREMENSON pour $m = 4$, il put faire apparaître les $2^4 = 16$ états comme une constellation sur l'écran d'un oscilloscope en allumant le spot uniquement au milieu de l'intervalle de temps attribué à chaque état de la porteuse. Cette expérience, très parlante, fit comprendre quelle pouvait être l'influence de la distorsion des amplificateurs d'émission (TOP et plus tard transistors hyperfréquence). Il s'agit de la distorsion non linéaire Amplitude/Amplitude et de la conversion Amplitude/Phase. Elle permet d'évaluer le BACK OFF nécessaire, c'est-à-dire le recul à prévoir entre le niveau de saturation de l'amplificateur d'émission et le niveau le plus élevé pris par la porteuse.

23-8-3 La réutilisation des fréquences en polarisations croisées

Comme nous l'avons laissé entendre, la modulation numérique s'accommode assez bien d'un rapport signal sur bruit d'une vingtaine de décibels. C'est à peu près le découplage que l'on peut obtenir en exploitation compte tenu de la rotation de la polarisation due aux phénomènes de propagation si la longueur des bonds radioélectriques n'est pas trop grande.

³⁹ L'étude de faisabilité fut financée par la DRET, en l'occurrence l'IA Claude BERGER, et ensuite vigoureusement soutenue par le CNET.

Il fut donc envisagé de doubler le rendement spectral en réutilisant les mêmes fréquences porteuses en polarisations croisées. Tout au moins apparaissait-il possible, avec des antennes de bonne qualité, de "serrer" les canaux hertziens quitte à ce que les bordures de spectres de canaux adjacents se chevauchent un peu.

L'objectif à moyen terme s'avérait la numérisation des bandes 5,9 à 6,4 GHz et 6,4 à 7,1 GHz réservées historiquement aux canaux analogiques 1 800 et 2 700 voies.

Ainsi apparaissait-il possible d'écouler 2 500 Mbit/s (de façon bilatérale) sur les artères interurbaines (mieux exprimé, un débit total de 2,5 GIGABITS par SECONDE).

24 COMPORTEMENT de la MODULATION NUMERIQUE dans les CONDITIONS REELLES de PROPAGATION où l'INFLUENCE des TRAJETS MULTIPLES REDEVIENT PREOCCUPANTE !

De quels trajets multiples s'agissait-il ?

Au début de cette narration il a été évoqué des trajets multiples dus à l'absence de directivité du rayonnement. S'agissant de Faisceaux Hertiens en hyperfréquence, le rayonnement est dirigé, mais malheureusement il se produit des trajets multiples quand même à l'intérieur de la partie éclairée par le lobe principal des antennes, heureusement de très faible probabilité, mais non nulle (10^{-6}). C'est de ceux-là dont il s'agit. Il en résulte une sélectivité du fading dont on pouvait penser que la petite zone de fréquences perturbées ⁴⁰ fût faible devant la grande largeur du spectre de modulation.

Et ce fut ce qui apparut comme le plus grave !

En effet la conséquence de ces trajets multiples n'allait pas se traduire par une baisse de la puissance de réception, mais comme une distorsion affectant les bandes latérales de modulation :

- le taux d'erreur allait être affecté sans que l'on en soit averti par une baisse significative de la puissance de réception. Assertion qui allait paraître tout à fait contrintuitive aux habitués des Faisceaux Hertiens analogiques. Il fallut se libérer de la tentation d'attribuer systématiquement une baisse de qualité de transmission à une baisse de puissance reçue qui aurait correspondu à un fading plat dans la bande occupée par la modulation.

Cette prévision fut parfaitement vérifiée sur le terrain en enregistrant simultanément la tension de CAG des récepteurs (révélatrice de la puissance de réception) et le taux d'erreur. Cette constatation corroborait ce qu'avait annoncé R. L. TAYLOR dans un article du BSTJ de septembre 1953 alertant les usagers des hyperfréquences qu'il pouvait se manifester des fadings sélectifs, bien que le rayonnement soit émis de façon très directive.

W.D. RUMMLER proposa un modèle à trois rayons dans le BSTJ de mai juin 1979 et put définir deux catégories de fading : à minimum de phase et à non minimum de phase, selon que le trajet principal développe une amplitude de champ reçu plus grande ou moins grande que les trajets auxiliaires (concept à rapprocher des travaux de BODE).

Le développement des Faisceaux Hertiens numériques déclencha des campagnes de mesures concernant la propagation qui faisaient suite aux travaux de Lucien BOITHIAS, Jean BATTESTI et Pierre MISME (CNET). La sélectivité des évanouissements fut étudiée plus particulièrement par Louis MARTIN (CNET Lannion) avec un processus de vobulation explorant plusieurs centaines de MHz de bande, les résultats furent publiés dans :

⁴⁰ Autour de la fréquence particulière à laquelle se produit une interférence soustractive des rayons ayant emprunté des trajets différents (réponse en fréquence en forme de crevasse)

ANNALES DES TELECOMMUNICATIONS
tome 34 n° 11/12 de novembre et décembre 1980

A Lannion Lucien BOURGEAT (CNET) coordonnait les investigations concernant les Faisceaux Hertziens numériques.

24-1 Caractérisation de la sensibilité des Faisceaux Hertziens Numériques aux trajets multiples : LA SIGNATURE

Pour caractériser les équipements numériques, une nouvelle méthode d'essais fut adoptée, elle était basée sur la simulation en laboratoire d'un écho (2 trajets entre émetteur et récepteur). On traçait une courbe reliant tous les points de taux d'erreur égal à 10^{-3} dans un système de coordonnées où l'on portait en abscisse la position en fréquence de la crevasse et en ordonnée la profondeur de cette crevasse : cette courbe prit le nom de *signature* de l'équipement pour un retard d'écho généralement adopté de 6 nanosecondes ⁴¹. Cela correspond à une différence de marche entre rayons de 1,8 mètres.

24-2 Les moyens de lutte contre les fadings sélectifs

Alors que l'obtention d'une qualité de transmission acceptable pendant les courtes durées des évanouissements était obtenue en analogique par une réserve de puissance d'émission, ce procédé devait se révéler insuffisant voire inefficace en numérique, puisque nous avons vu que la puissance du signal de réception est peu affectée par le fading sélectif. La riposte technique fut trouvée par deux approches complémentaires :

- l'égalisation fréquentielle auto adaptative, compensant les déformations du spectre de modulation. Le premier égaliseur de ce type fut réalisé par Philippe GERARD qui travaillait à cette époque avec Vincent MAUREL. Les résultats furent publiés dans :

REVUE TECHNIQUE THOMSON CSF
Vol 13 n° 1 Mars 1981 pages 135 à 138.

- l'égalisation temporelle auto adaptative, corrigeant la réponse impulsionnelle obtenue en BB après démodulation. Elle est distordue par la réception de deux ou plusieurs signaux ayant suivi des trajets différents. La faisabilité en fut vérifiée au CNET Lannion, et les résultats publiés dans :

ANNALES DES TELECOMMUNICATIONS
Volume 36 n° 11-12 1981.
par Michel JOINDOT, Alain LECLERC, J. OUDAR et Patrick VANDAMME

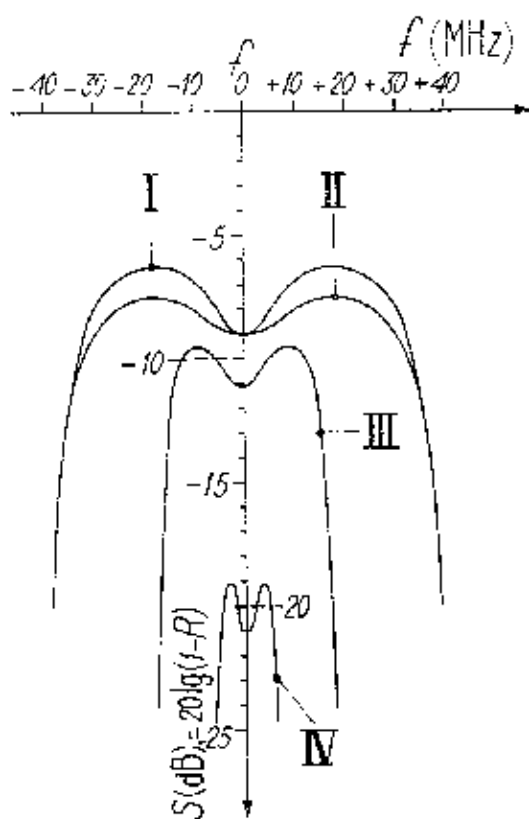
⁴¹ à comparer avec les OC (chapitre 2) : millisecondes en OC et nanosecondes en Micro-ondes

Le développement et le perfectionnement de cette égalisation furent confiés à Olivier de LUCA à THOMSON CSF qui publia ses travaux dans :

REVUE TECHNIQUE THOMSON CSF
Volume 16 n° 1 Mars 1984.

Dans le cas de bonds radioélectriques particulièrement troublés par le fading, la diversité d'espace restait un remède efficace, mais la combinaison des signaux devait obéir à des critères d'auto adaptativité.

Tous ces procédés de lutte contre le fading sélectif furent évalués par le tracé de la "signature".



R amplitude relative du rayon retardé qui amène à 10^{-3} , la pointe de fading étant à la fréquence f

□ □ ns

I 140 Mbit/s, 16 QAM

II 140 Mbit/s, 8 PSK

III 2 x 34 Mbit/s; 8 PSK

IV 34 Mbit/s, 4 PSK

25 SYNTHESE du SAVOIR-FAIRE NUMERIQUE vers 1980

Un peu avant 1980 DFH avait déjà une bonne connaissance de la numérisation des Faisceaux Hertiens. On peut attribuer à DFH le mérite d'avoir anticipé les difficultés inhérentes à la "voracité" en bande passante des signaux numériques en développant la modulation à haut rendement spectral.

Toutes Administrations et Constructeurs finirent par aboutir aux mêmes conclusions comme en témoignent les Avis et Comptes-rendus du CCIR des années 80.

Un synthèse du savoir-faire de DFH en numérique fut publié en 1983 dans :

FAISCEAUX HERTZIENS NUMERIQUES
par Ph. MAGNE
TECHNIQUES de l'INGENIEUR Article E7540
21 rue Cassette 75006 Paris

25-1 Le premier Faisceau Hertzien numérique à grande capacité

Il fut réalisé conjointement par THOMSON CSF et la SAT suivant la convention habituelle pour les Marchés d'Etudes du CNET.



Vincent MAUREL

A DFH, on décida de créer un groupe autour de Vincent MAUREL, dont l'activité fut désormais orientée vers les transmissions numériques à très grande capacité. Les premiers travaux de ce nouveau chef de service concernaient les gabarits de filtrage du spectre de la modulation numérique et le brouillage intersymbole (1978).

Pour les premières réalisations de Faisceaux Hertziens numériques les PTT choisirent la bande 10,7 à 11,7 GHz, encore disponible à cette époque en France.

Ne maîtrisant pas encore très bien la modulation amplitude/phase, il fut décidé d'adopter une modulation à 8 phases, les 8 états de la porteuse ayant même amplitude.

C'est sur ces bases que naquit le matériel FHN 11-14 en 7+1 canaux à 140 Mbit/s. Il est décrit dans :

COMMUTATION et TRANSMISSION n°3 . 1980
par Olivier TOUTAN (THOMSON CSF) et Y. DELCOURTE (SAT).

Ce matériel fut expérimenté à partir de juin 1979 entre le BOIS de MOLLE et MEUDON et entre PLOUNEOUR-MENEZ et LANNION. Il donna satisfaction au regard des recommandations du CCIR de l'époque.

Quel était le rendement spectral de ce nouveau système ? Le plan de fréquence était tel que 8 canaux étaient contenus, hors tout, dans 500 MHz de bande et véhiculaient au total $140 \times 8 = 1\,120$ Mbit/s ou encore $1\,920 \times 8 = 15\,360$ voies.

D'où le rendement spectral :

$$1,12 \times 10^9 / 500 \times 10^6 = 2,24 \text{ bit/sxHz}$$

ou

$$15\,360 / 500 = 30,72 \text{ voies/MHz}$$

Nota : on notera que le rendement global était inférieur au rendement dans la bande de NYQUIST qui est pour $M = 8$ états $m = \log_2 8 = 3$

Cela provient de ce que pour le branchement des canaux sur les mêmes accès, on est obligé de prévoir un écart entre canaux suffisant, pour que les canaux ne se perturbent pas et que les filtres hyperfréquence soient réalisables.

Artères équipées du FHN 11-14 :

Pratiquement ce matériel fut installé sur toutes les artères du Réseau d'Interconnexion (RIC) pour satisfaire l'introduction de la commutation temporelle qui impliquait que les voies téléphoniques fussent numérisées.

25-2 Des objectifs encore plus ambitieux pour l'avenir

Après les succès des premières réalisations 4 DPSK et 8 DPSK, il était à prévoir que les Faisceaux Hertziens numériques pouvaient prétendre à une belle carrière à condition d'être améliorés en rendement spectral, par la sophistication de la modulation comme exposé en paragraphe 23-8-2.

Ce qui était clair, c'était que toutes les artères de transmission analogiques auraient à être numérisées à cause de la généralisation de la commutation téléphonique temporelle, qu'il n'y avait pas d'espoir que le débit numérique de la voie téléphonique fût modifié au dessous de 64 kbit/s, que les hiérarchies des multiplex devaient être acceptées telles quelles par les Faisceaux Hertziens.

DTFH se fixa dès le début des années 80 les objectifs suivants :

- à court terme (1984) les Faisceaux Hertziens 140 Mbit/s à modulation 16 QAM ($m=4\text{bit/sxHz}$) pour canaux espacés de 40 MHz (bandes 6,5 GHz et 11 GHz)
- à moyen terme (1989) les Faisceaux Hertziens 140 Mbit/s à modulation 64 QAM ($m=6\text{bit/sxHz}$) pour canaux espacés de 30 MHz environ (bandes 4 GHz et 6 GHz)

Jean Pierre BONIN fut le réalisateur compétent de ces modulations.

Pouvait-on prévoir une étape encore plus performante, destinée à numériser les plans de fréquences plus étroits, quel objectif fallait-il se fixer ?

On le fixa en constatant que le spectre audiofréquence du téléphone ne pouvait descendre au-dessous de 4 kHz sans faire usage de vocodeur. Il en résultait alors qu'il fallait viser un rendement spectral ultime de $64 \text{ kbit/s} / 4 \text{ KHz} = 16 \text{ bit/sxHz}$

Les moyens à mettre en oeuvre apparaissaient comme :

- la modulation à $M=256$ états de rendement 8 bit/sxHz dans la bande de NYQUIST
- la réutilisation des fréquences en polarisation croisée (si possible)

Cet objectif est décrit dans :

TECHNIQUES de l'INGENIEUR . Article E7540 (1989)
par Ph. MAGNE

Un dispositif complémentaire surprenant : la RAPE.

Lorsqu'on s'aperçut que l'extrême sophistication de la modulation la rendait vulnérable aux brouillages entre canaux et entre bonds radioélectriques réutilisant intensément les mêmes fréquences, on fut conduit à penser que cette nuisance était proportionnelle aux puissances d'émission et que le mieux serait de la réduire au strict minimum... mais comment ?

Il fut alors imaginé un dispositif de Régulation Automatique de la Puissance d'Emission (RAPE) dont le rôle était de l'asservir au niveau de réception à l'autre extrémité du bond hertzien (par retour) tel que le taux d'erreur en présence du seul bruit thermique fût acceptable. Ainsi la pleine puissance délivrable par les étages de sortie des émetteurs ne serait utilisée que pendant les fadings plats (non sélectifs).

Pour citer un ordre de grandeur surprenant, le calcul montra que 30 milliwatts émis seraient suffisants pendant la majorité du temps s'agissant d'un débit de 140 Mbit/s, dans les conditions de l'infrastructure du réseau national. Ceci peut être compris, lorsqu'on connaît le comportement du taux d'erreur en fonction du rapport signal sur bruit avant démodulation qui obéit à une loi en "erfc".

On saisira facilement un autre avantage de ce dispositif pour échapper aux effets non linéaires des étages de sortie des émetteurs, cependant capables de délivrer une puissance de l'ordre du WATT crête, pendant la très faible durée des fadings "plats".

Une difficulté surgit cependant quant à l'ambiguïté de l'information qui avait à commander la RAPE ... à résoudre par le logiciel.

25-3 Moyennes et petites capacités

Nous avons eu l'occasion de souligner que la rentabilité d'une artère de transmission était apparue d'autant meilleure que le trafic sur cette artère était important, car l'investissement le plus important concerne l'infrastructure (tours, pylônes, bâtiments, etc.) laquelle dépend peu de la capacité. Alors pourquoi des Faisceaux Hertiens à moyennes et petites capacités ?

La réponse vint de ce qu'il existait des bandes de fréquences plus étroites utilisables par les Faisceaux Hertiens et des liaisons à réaliser pour lesquelles le trafic n'augmenterait pas sensiblement dans la dizaine, voire vingtaine d'années à venir, ceci pour des raisons démographiques, économiques ou de saturation des espaces habitables.

Il apparut donc que les équipements n'auraient pas à transmettre de très grandes capacités et comme le coût des équipements radio dépend de la capacité, un autre compromis technico économique pouvait être adopté.

S'agissant parfois de dérivations branchées sur de grosses artères, l'amortissement de l'infrastructure était déjà obtenu par le trafic principal, nouvel argument pour développer des Faisceaux Hertiens à moyennes et petites capacités.

Dans les années 75 à 80, DFH développa des nouvelles générations de Faisceaux Hertiens à moyennes et petites capacités dans cet esprit.

On choisit les meilleures fréquences en fonction du type de liaison à réaliser : 2 GHz, 7 GHz et 8 GHz dont la propagation permet des bonds radioélectriques de 50 km et la bande 12,75 à 13,25 GHz pour des bonds de 10 km à 30 km, car les fréquences supérieures à 11 GHz s'avéraient sensibles aux hydrométéores : pluie, neige, grêle, etc.

Comment obtenait-on le meilleur compromis technico économique ? Ce fut par l'ajustement des paramètres d'émission et de réception : puissance, largeur de bande, filtrage, etc. d'une manière générale par une analyse de la valeur tous azimuts. Il faut savoir que l'obtention d'une bande étroite (faible capacité) pose parfois des problèmes de coût élevé !



Michel PART

Dans la bande des 2 GHz, une solution originale imaginée par Jacques BURSZTEJN en 1982 portant le sigle FH 150, fut réalisée par Michel PART qui avait fait ses armes à propos des relais mobiles de Télévision qui furent un grand succès de la DIVISION. Ce matériel avait l'originalité d'effectuer les opérations de modulation et de démodulation directement en hyperfréquence. Le filtrage du spectre de modulation était obtenu en bande de base pour éviter des cavités hyperfréquence à haute surtension qui auraient été coûteuses.

Cela est un exemple de ce que la technicité et l'esprit inventif peuvent contribuer à l'abaissement des coûts

Voir aussi la publication :

Démodulation directe en hyperfréquence
par J. P. MARSAC
Revue THOMSON CSF Volume 17 n°1 Mars 1985

Dans la bande des 13 GHz, on créa en 1980 le FHN 13 06, qui permit de réaliser un réseau étoilé autour de la Tour MAINE MONTPARNASSE à PARIS ; les branches avaient des longueurs comprises entre 10 km et 20 km, lesquelles étaient extensibles en capacité jusqu'à 6 canaux à 2x34 Mbit/s (modulation MDP 4).

Le rendement spectral était de 1,63 bit/sxHz, suffisant pour cette application et n'entraînait pas de solutions coûteuses. Le réseau qui portait à l'origine le nom poétique de PHARAON URBAIN permit l'établissement de 50000 circuits téléphoniques dans la couronne Parisienne. Le système est décrit dans un article paru dans la revue :

COMMUTATION ET TRANSMISSION n° 3 1980
par CAMAND (THOMSON CSF) et LODS (SAT).

Les systèmes à 13 GHz ont été également utilisés pour équiper les liaisons régionales ; débouché qui se révéla encore plus important.

25-4 Les investigations en ondes millimétriques

Les besoins toujours croissants en circuits téléphoniques et la montée en fréquence du savoir-faire technologique conduisirent à s'interroger sur les possibilités offertes par les ondes millimétriques, on anticipait les conséquences de la saturation à long terme des ondes centimétriques.

Tout d'abord qu'entendait-on par ondes millimétriques ? Le spectre radioélectrique étant continu, il n'y a pas, à proprement parler de frontière nette entre ondes centimétriques et ondes millimétriques. L'usage entérina la fréquence de 10 ou 11 GHz comme frontière, (c'est-à-dire $\lambda \approx 30$ mm), fréquence au-dessus de laquelle l'influence des hydrométéores (pluie, neige, grêle, brouillard, etc.) ainsi que la vapeur d'eau et l'oxygène se font sentir, créant des affaiblissements en rapport qui croissent exponentiellement avec la distance parcourue par l'onde.

Rappelons qu'en espace libre l'affaiblissement en rapport varie seulement en raison du carré de la distance parcourue par l'onde.

Aux Etats-Unis l'investigation des ondes millimétriques commença dès 1969. Citons l'article qui fait le point à cette époque :

USE OF FREQUENCIES ABOVE 10 GHz FOR COMMON CARRIER APPLICATIONS
L.C. TILLOTSON, BSTJ Volume 48 July/August 1969 Number 6

Que concluait cet article ?

Il montrait que si l'on se fixe la contrainte de pouvoir supporter l'effet d'une pluie uniforme de 100 mm par heure sur un bond radio, et que la marge des équipements est de 40 dB, la portée réalisable tombe à moins de 8 km. Ce critère un peu sévère donna à penser que les ondes millimétriques sont "le minerai pauvre" du spectre radioélectrique⁴², alors que les ondes centimétriques en sont "le minerai riche" permettant des bonds radioélectriques de longueur égale à celle de l'horizon optique (c'est-à-dire généralement 50 km).

⁴² une étude de Lucien BOITHIAS (CNET) montra que l'affaiblissement dû à la pluie dépend énormément de la grosseur des gouttes d'eau et de la polarisation de l'onde (H étant plus affectée que V)

Pour autant fallait-il se désintéresser des ondes millimétriques ? On s'aperçut qu'elles pouvaient résoudre les problèmes urbains en évitant de défoncer les chaussées pour enterrer du cuivre ou de la fibre optique : le PHARAON URBAIN en fut un bon exemple. En zone urbaine, la portée à réaliser est en général beaucoup plus courte que pour les liaisons interurbaines. Des matériels à 19 GHz d'une capacité de 140 Mbit/s furent réalisés pour des pénétrations urbaines (FHN 1928).

A des fréquences encore beaucoup plus élevées que celle du PHARAON URBAIN, c'est-à-dire 20 GHz, 30 GHz et 40 GHz, et anticipant toujours la congestion du spectre, on chercha des compromis technico économiques, économes en bande passante et en consommation, pour pouvoir réaliser des matériels peu coûteux et faciles à mettre en oeuvre.

Jean Pierre DEHAENE imagina une mise en forme des signaux numériques en bande de base, qui associée à la modulation de fréquence, n'encombrait pas exagérément le spectre radioélectrique. Il publia ses travaux dans l'article :

MODULATION F.M./WALSH I et II

Jean Pierre DEHAENE

Revue Technique THOMSON CSF Volume 9 n°3 Septembre 1977

L'expérimentation en fut faite à 40 GHz ($\lambda = 7,5$ mm) sur un bond de 40 km, pour voir ! Eh bien, la pluie de la région parisienne ne se montra pas trop "créaticide".

Une autre faisabilité fut menée par Lucien BABANY, qui commença sa carrière à la CGE, puis fut muté à THOMSON CSF (DTC) lorsque l'étude qui lui était confiée fut transférée. Plus tard cette étude vint avec son personnel à DFH. Après ce curieux parcours, arrivant à la conclusion que la partie coûteuse des équipements était constituée par les oscillateurs locaux, Lucien BABANY imagina une structure d'E/R telle qu'un seul oscillateur était suffisant tant pour l'émetteur que pour le récepteur. Cet oscillateur était modulé en fréquence par les signaux numériques d'émission, qu'un dispositif d'effacement supprimait pour la réception.

Un équipement à 30 GHz ($\lambda = 10$ mm) de puissance d'émission 50 mw (diode GUNN) fut construit pour être expérimenté à 2 Mbit/s dans une vallée Pyrénéenne, il donna toutes satisfactions. Ce matériel portait le sigle FHN 3000

Jacques BURSZTEJN fit la synthèse de l'utilisation des ondes millimétriques pour raccorder des groupes d'abonnés, dans un article intitulé :

RACCORDEMENTS d'ABONNES par ONDES MILLIMETRIQUES

Commutation et Transmission n° 3 en 1981

Signalons un problème qui surgit en ondes millimétriques, à savoir le transport de l'énergie hyperfréquence entre l'émetteur ou le récepteur et le foyer de l'antenne : l'utilisation de guide rectangulaire monomode est impossible à cause des pertes importantes introduites (elles décuplent entre 3 GHz et 30 GHz).

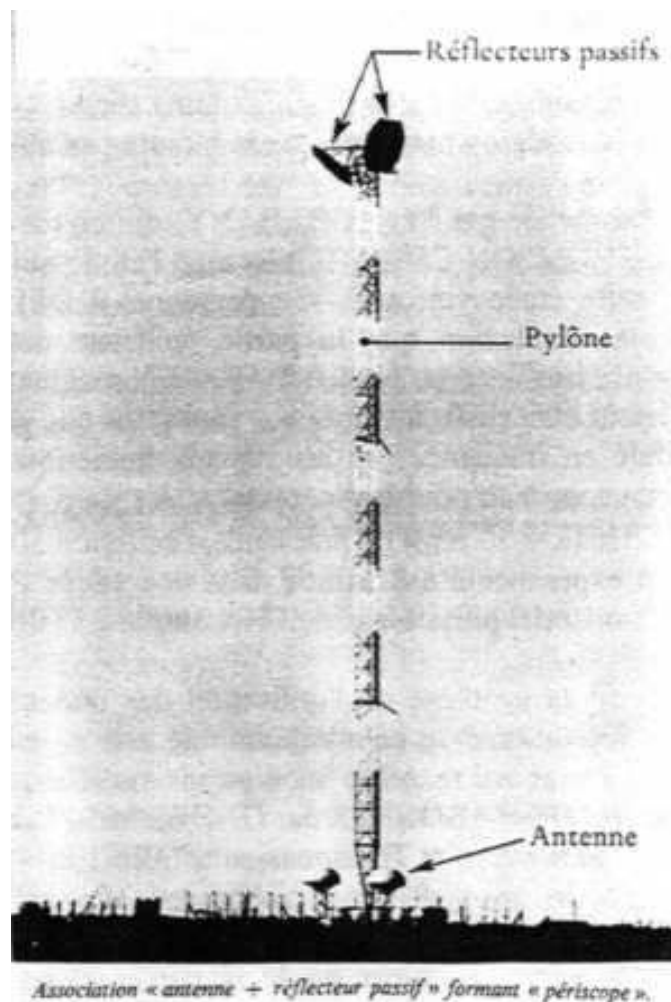
Précisons que le transport de cette énergie s'avérait parfois nécessaire sur une distance de 30 à 60 mètres pour dégager l'antenne des obstacles proches.

Nhu BUI HAÏ proposa une solution basée sur un jeu de miroirs rappelant un peu les bancs optiques. Il fit aussi une étude exhaustive du rayonnement de l'Antenne Périscopique, elle fut publiée sous le titre :

PERISCOPE LOBES LATéraux et DIFFUS par Nhu BUI HAÏ
Revue Technique THOMSON CSF Volume 12 n° 2 Juin 1982

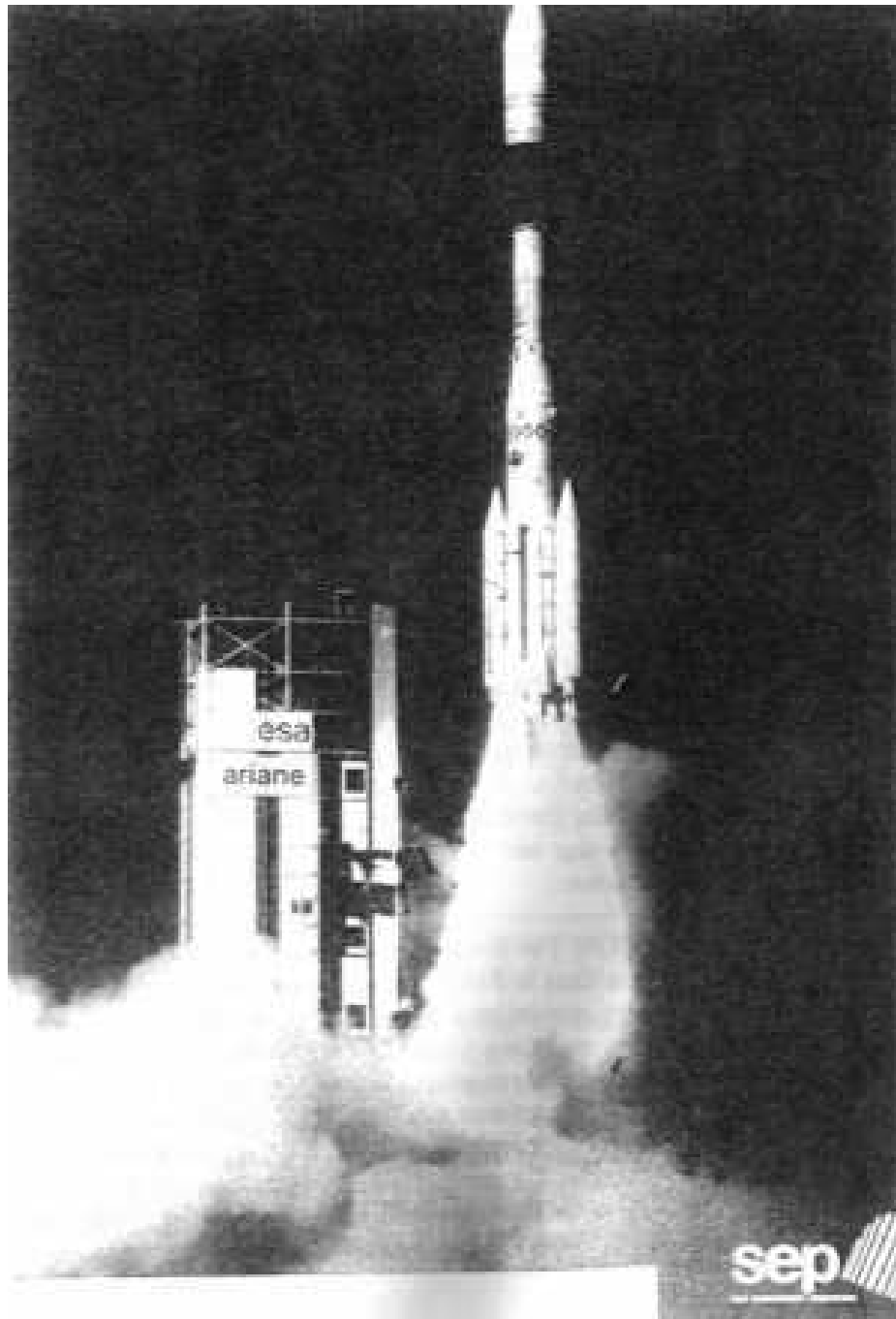
Notons que pour transporter de l'énergie par un jeu de miroirs le procédé généralement adopté consiste à utiliser la zone de RAYLEIGH (encore appelée zone des champs proches).

Enfin indiquons que, plus tard, la bande 21,2 GHz à 23,6 GHz fut réservée aux Faisceaux Hertiens de distribution de Télévision pour alimenter les réseaux câblés en zone urbaine (dans cette bande, il y a une petite résonance de la molécule d'eau à 22,235 GHz, qui introduit une perte de 0,16 dB/km).



1977 - 1985

26 L'ESSOR DES TELECOMMUNICATIONS PAR SATELLITE



Sur le plan technique, l'industrie française possédait le savoir-faire en charges utiles et en stations terriennes bien avant que la fusée ARIANE ne fut opérationnelle. L'essor des Télécommunications par Satellite pour les industriels dut cependant attendre que la France maîtrise le lanceur et la base de lancement (KOUROU).

Le programme SYMPHONIE qui s'était vu interdire une utilisation lucrative avait eu le mérite - en plus de son succès technique - de révéler cet aspect essentiel.

Lorsque les essais d'ARIANE donnèrent à penser que cette fusée avait une fiabilité opérationnelle, un programme de Télécommunications par Satellite fut lancé par les Administrations concernées : les PTT et le Ministère de la Défense.

Le projet concernait un satellite en orbite géostationnaire de 600 kg ; l'Europe et la France avaient rattrapé leur retard dans le domaine de la propulsion par fusée !

Rappelons que le premier vol d'ARIANE 1 date de NOËL 1979.

26-1 TELECOM 1 : la mobilisation de DFH

Ce programme était très ambitieux pour stimuler un vaste domaine de savoir-faire en charges utiles et stations terriennes, il fut décidé en février 1979.

La synthèse des acquis en hyperfréquence et en traitements numériques des signaux fit choisir des procédés d'accès multiples au Satellite des plus up-to-date.

Rappelons brièvement les aspects généraux des méthodes d'accès multiples à un satellite : elles furent bien décrites dans le manuel du CCIR sur les Télécommunications par Satellite (Service fixe) rédigé sous la houlette de Jean SALOMON assisté de Victor BIGGI.

En ce qui concerne l'Accès Multiple par Répartition en Fréquence (AMRF) le branchement de canaux hyperfréquence sur les mêmes accès des Antennes en donne une bonne idée. En plus et de façon couramment utilisée dans le réseau INTELSAT plusieurs stations terriennes peuvent avoir des fréquences propres qui se situent à l'intérieur d'un même canal. Leur amplification par un amplificateur commun pose le problème de l'intermodulation due aux non linéarités, on le résoud en acceptant un BACK-OFF coûteux en puissance.

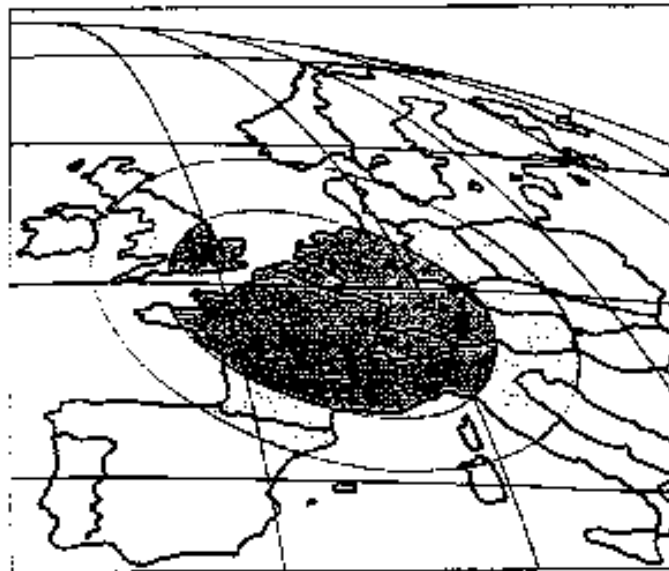
Le Programme TELECOM 1 se voulait résolument plus moderne en adoptant un Accès Multiple par Répartition dans le Temps (AMRT), en meilleure harmonie avec le développement des techniques numériques. Dans ce cas, les diverses émissions des terminaux terriens sont reçues dans des créneaux de temps séparés, sans chevauchement et gérés par une synchronisation générale. Processus assez proche dans son principe des Multiplex par Répartition dans le Temps (MRT) mais qui doit tenir compte des écarts de temps de propagation dûs aux diverses distances des stations terriennes par rapport au satellite. L'avantage dans son principe est que l'AMRT ne produit pas d'intermodulation entre les voies qui accèdent au satellite et que la pleine puissance des émetteurs peut être utilisée (pas de BACK OFF nécessaire).

Pour la partie de TELECOM 1 réservée au Ministère de la Défense, il fut choisi une troisième méthode d'accès multiple où les signaux multiplex des utilisateurs couvrent toute la bande d'un répéteur :

C'est un processus d'Accès Multiple par Étalement de Spectre (AMES) (Spread Spectrum Multiple Access SSMA), encore appelé Accès Multiple par Répartition en Code (AMRC). Dans ce mode de transmission, les signaux émis vers le satellite sont chacun affectés d'un code caractéristique. A la réception, parmi tous les signaux qu'elle reçoit chaque station reconnaît par son code le signal qui lui est destiné et en extrait l'information. On reconnaît un signal parmi plusieurs partageant la même bande, par des techniques de corrélation.

Entrons maintenant dans l'affectation des fréquences. Les besoins civils utilisaient deux bandes de fréquences :

- la bande C (6-4 GHz) pour le trafic téléphonique entre la métropole et les départements d'outre-mer, 1 800 circuits téléphoniques selon les normes INTELSAT A et B.
- la bande Ku (14-12 GHz) pour les communications d'entreprises avec l'accès AMRT à 25 Mbit/s et une grande souplesse d'accès pour les utilisateurs de 2;4 kbit/s à 2 048 kbit/s (réseau national).



Les répéteurs de TELECOM 1 pouvaient traiter au total 125 Mbit/s. Un des répéteurs de la bande Ku fut réservé au service des vidéo transmissions.

Les performances de cette mission peuvent être résumées comme suit :

6 répéteurs de bande 36 MHz

Puissance des Tubes à Ondes Progressives : 20 watts

Stabilité en orbite : $\pm 0,05^\circ$

PIRE : 47 dBW

G/T du récepteur du satellite 6,3 dB/K

Les besoins du Ministère de la Défense utilisaient la bande X (7-8 GHz) avec un accès AMES, le système fut baptisé SYRACUSE.

On pourra trouver la description du système TELECOM 1 dans :

TECHNIQUES DE L'INGENIEUR (article E7565)
par Didier LOMBARD (CNET), Pierre RAMAT (CNET) et François RANCY (CNET)

Quant aux stations terriennes, on se reportera à :

COMMUTATION et TRANSMISSION n° 1 1982
STATIONS TERRIENNES "TELECOM 1" POUR LES TELECOMMUNICATIONS
D'ENTREPRISES
par Jean SALOMON Ingénieur en Chef du GIE TELSPACE

26-1-1 Charge utile du Satellite TELECOM 1

On notera tout d'abord que l'option de la "transparence" des répéteurs fut choisie d'emblée, c'est à dire que ceux ci devaient être du type hétérodyne, option favorable à un usage polyvalent.

Les répéteurs d'un Satellite comme TELECOM 1 comprenaient un grand nombre de filtres hyperfréquence qui furent optimisés en poids et en volume ; certaines fonctions de transfert sont favorables à cette optimisation et furent adoptées en conséquence : en général de type CHEBYSHEV à faible ondulation dans la bande passante.

Pour l'association des filtres en branchement sur les mêmes accès on choisit le multiplexage du type "MANIFOLD".

Quant à l'amplification à faible niveau, elle était obtenue par des transistors hyperfréquence à effet de champ (TEC).



Pierre de BAYSER

Pour l'émission les Tubes à Ondes Progressives (20 watts), tenaient encore le haut du pavé.

Les études hyperfréquence furent menées au sein du Laboratoire d'hyperfréquences de DFH par Pierre de BAYSER et Pierre FRAISE qui rejoignirent DSP pour *spatialiser* le matériel et l'intégrer au Satellite. Nous avons déjà signalé que DSP s'était vu renforcé par Sania SCHIRMANN et Victor BIGGI.

Les répéteurs du Satellite TELECOM 1 ont été décrits dans :

COMMUTATION et TRANSMISSION n° 4 de 1981

par Bruno BLACHIER (THOMSON CSF), Jean BOUET (THOMSON CSF), Jacques d'HOLLANDER (THOMSON CSF) et J. L. SOULA (THOMSON CSF)

Les dates de mise en orbite furent les suivantes :

- TELECOM 1 le 4 août 1984
- TELECOM 1B le 5 mai 1985 (perdu le 28 janvier 1988)
- TELECOM 1C le 11 mars 1988

26-1-2 Stations Terriennes TELECOM 1

Nous ne parlerons ici que des stations de la bande 12-14 GHz, car les autres à 4-6 GHz étaient du type INTELSAT. L'objectif fut de constituer un réseau de Télécommunications numériques destiné aux Entreprises qui avaient à faire la synthèse entre leur informatique et leurs télécommunications, synthèse qui prit le nom poétique de TELEMATIQUE.

Ce réseau se fit sous les auspices de la Direction Générale des Télécommunications (DGT) devenue FRANCE TELECOM.

Comme compromis technico économique, il fut choisi des stations de catégorie "petite" avec antenne de 3,5 mètres de diamètre dont on peut résumer les caractéristiques globales par deux sous types :

	STATION EN ZONE DE COUVERTURE CENTRALE		STATION EN ZONE DE COUVERTURE ADJACENTE	
□	TYPE D' AMPLIFI- CATEUR	PERFOR- MANCE	TYPE D' AMPLIFI- CATEUR	PERFOR- MANCE□
G/T□	TEC□	25,5 dB/K□	PARAME- TRIQUE	27,6 dB/K□
PIRE□	TOP 160 W□	72 dBW□	TOP 500 W□	77 dBW□



Le gros morceau fut l'AMRT et la Gestion des Demandes de Service, les accès aux utilisateurs.

Ce travail fut confié à Vincent MAUREL qui avait pour adjoints : Jean Michel BLERET et Bertrand DUROS. La partie logiciel fut très importante. La partie la plus délicate de l'AMRT fut le démodulateur à terre, ce fut BAREYT qui en vint à bout.

Vincent MAUREL

On pourra trouver une description détaillée des stations terriennes 12-14 GHz de TELECOM 1 dans :

COMMUTATION et TRANSMISSION n°1 de 1982
par Jean SALOMON Ingénieur en Chef au GIE TELSPACE



Présentation générale de la station (sous-ensemble radio-électrique)

26-2 Autres programmes dans lesquels THOMSON CSF fut engagé

Les perspectives de la diffusion directe de programmes de Télévision par Satellite pour la couverture totale d'un pays incitèrent en 1981 le Comité Directeur Franco-Allemand à confier à la Société EUROSATELLITE, la réalisation des Satellites :

- TDF 1 pour la France
- TVSAT pour la République Fédérale d'Allemagne

Les travaux concernant les charges utiles furent effectués par THOMSON CSF en liaison avec AEG TELEFUNKEN. Ces satellites émettaient dans la bande des 12 GHz avec une puissance de 230 watts obtenue par Tubes à Ondes Progressives permettant ainsi une réception au sol ne nécessitant que des antennes de 60 à 90 cm de diamètre.

Cinq chaînes de Télévision pouvaient bénéficier de ce satellite. TDF 1 et TVSAT furent lancés par ARIANE le 28 octobre 1988.

CONCLUSION

L'idée d'utiliser des "ondes dirigées" pour transmettre d'énormes quantités d'informations a donc survécu aux restructurations de l'Industrie et aux hésitations des Administrations.

Comment ne pas s'émerveiller que de modestes expériences de laboratoire aient pu, soixante ans après, donner naissance à un moyen de communication aussi puissant !

On pourra s'étonner du délai qui s'écoula entre 1945, date à laquelle on pouvait légitimement penser que les Faisceaux Hertziens seraient un moyen de transmission de l'avenir et 1969 date à laquelle on constitua une entité dotée des moyens nécessaires.

En revanche cette activité suscita toujours l'enthousiasme de ses pionniers et bénéficia d'un esprit d'équipe qui s'établissait spontanément.

Ajoutons à ce récit incomplet ce qu'affichait le palmarès de l'activité au début des années 1980 : un chiffre d'affaires de 1 322 MF et 3 600 emplois à THOMSON CSF.

Aujourd'hui, confrontée à la "voracité" en bande passante de la numérisation du téléphone, cette technique a parfaitement su s'adapter pour remplir sa mission : la transmission à grande, moyenne et courte distance.

Si la propagation des hyperfréquences est parfois sujette à de petits aléas, elle a, selon un bel aphorisme de Lucien BOITHIAS (CNET), le privilège de pouvoir se réparer toute seule.

Faisceaux Hertziens et Télécommunications par Satellites ont encore un très bel avenir à l'échelle mondiale.

Ainsi le support électromagnétique "immatériel" est-il de mieux en mieux maîtrisé, il donne ce qu'il a :

- les *HERTZ* du nom de son prestigieux découvreur.

Philippe Magne
1992

DEUXIEME PARTIE

LES CHANTIERS

par André SILHONNET



Pour vous conter cet aspect de l'histoire de DFH, entendons-nous d'abord sur ce que veut dire le mot chantier. J'entends déjà les taquins chanter que les chantiers on en voit pas mal dans les endroits mal rangés et désorganisés ! Alors sachez que c'est tout le contraire, s'agissant de l'installation de liaisons hertziennes effectuées loin de l'entreprise après une planification et une préparation rigoureuses.

Vous savez probablement aussi que la Société n'est rémunérée qu'à l'issue d'une recette finale, après avoir constaté que les spécifications sont tenues in situ. Tout ceci pour vous avouer, en toute modestie que la responsabilité d'un chantier est lourde de charges et de conséquences !

J' y ai consacré une grande partie de ma carrière depuis 1953 ce qui m'autorise à en parler en connaissance de cause. La mise en service concrétise tout le travail de l'entreprise : étude, fabrication, essais, emballage, transport... et doit satisfaire le contrat passé avec le client qui impose des délais, un cahier des charges... n'oublions pas aussi les coûts prévisionnels à tenir qui concernent la santé financière de la Division à laquelle on appartient.

C'est dans cette phase terminale que se manifestent les aléas dûs à l'accumulation de petites erreurs inévitables et ceci loin de l'usine, parfois à des milliers de kilomètres. Surgissent encore les pannes de jeunesse du matériel et les fausses pannes bien connues de mes collègues de la technique. De là naît une belle histoire d'amour entre les hommes de chantier et "leur matériel" lorsqu'il commence à vivre.

Alors, me direz-vous, pourquoi cet enthousiasme des équipes de travaux extérieurs pour leur activité malgré toutes ces difficultés et acceptant des sacrifices personnels importants ?... mais oui, ça existe encore ! Eh bien ! c'est pour le goût de l'aventure, de la découverte d'autres lieux, d'autres hommes, d'avoir l'impression "d'être le front de la responsabilité de l'entreprise", d'en avoir une délégation importante, d'arriver à se débrouiller et à décider seul (nourriture, logement, dépannage des véhicules, etc...) d'avoir à répondre des divergences entre les hommes, parfois aussi avec la population locale, ⁴³d'avoir à développer l'esprit d'entraide, d'établir des relations amicales sincères... un peu comme dans le sport.

Quant au chef de chantier, il se débat au milieu du triptyque :

- Client, Entreprise, Personnel.

Il lui faut souvent défendre ses collaborateurs :

- loin de l'esprit, loin du coeur, les critiques des détracteurs restés douillettement en mère-patrie vont bon train lorsqu'on leur rapporte l'existence de difficultés qu'ils ne veulent pas comprendre et qui vous disent à votre retour et à brûle-pourpoint : "Alors, les vacances se sont bien passées ?"

Enfin, s'il en est encore qui sont tentés par ce genre d'exploit, qu'ils sachent que la condition sine qua non est une excellente santé physique et morale.

pour comprendre tout cela, lisez donc les anecdotes que j'ai sélectionnées pour vous...

⁴³ N'a-t-on pas entendu parfois ce reproche surprenant : "depuis que vous avez installé cet espèce de RADAR, il n'y a plus de saisons" ... pas facile à contrer, n'est ce pas ?

27 PREMIERES IMPRESSIONS DE GRECE

Mon premier poste de travail se situait à PAXOS, île minuscule située à 20 km au sud de CORFOU.

C'était en septembre 1953, les îles IONIENNES ZANTE et CEPHALONIE, en particulier venaient de subir un terrible tremblement de terre. ZANTE brûlait et je pus constater, lors de mon passage à la station hertzienne que ce furent les groupes électrogènes qui stoppèrent à 80 cm du sol la chute de la dalle de béton qui servait de toit : heureusement notre agent et sa femme avaient pu s'échapper avant l'écrasement !⁴⁴.

A PAXOS, pas d'eau, pas d'électricité.

Ce qui suscitait la curiosité de la population c'étaient nos groupes électrogènes, il y avait foule aussi pour contempler l'oscilloscope "Télévision de l'île", tout le monde venait admirer les courbes que nous faisions varier pour leur plaisir.

Pas de médecin non plus dans cette île... une crise d'appendicite aurait pu être une catastrophe.

La seule liaison avec le continent était assurée une fois par semaine par le vieux GLAROS -la mouette- construit bien avant la guerre, il naviguait toujours incliné à tribord entre le PIREE et CORFOU, et, seulement lorsque la mer était calme !

A 2 heures du matin, ce bateau pour CORFOU, n'accostait pas malgré sa petite taille, c'était en barque, en agitant un falot que l'on atteignait le GLALOS stoppé en mer à l'extérieur du petit port.

PETRESS, KATZIKESS, ELIESS (poires, chèvres, olives) étaient les mots essentiels décrivant l'île... Au début les soirées me parurent bien longues en tant que Parisien. Mais heureusement, grâce à la gentillesse des insulaires dont beaucoup de jeunes voyaient pour la première fois un étranger, je fus rapidement entouré d'amitié.

Pour un temps, je devins une référence médicale... après avoir stoppé un saignement de nez. J'eus aussi à soigner des blessures infectées, des furoncles (traités à PAXOS avec des toiles d'araignées) et même des ulcères aux seins d'une dame ! Je confesse que mes compétences médicales étaient aidées par le LAROUSSE MEDICAL Edition 1952) offert par mes parents pour ce déplacement en Grèce... je le conserve encore précieusement en reconnaissance de ses services.

C'est ainsi que je me fis admettre parmi cette population pauvre et pure, mais riche d'affection et qui m'apprit les premiers mots de GREC... et ses danses locales.

⁴⁴ Depuis cette catastrophe, toutes les stations grecques sont construites antisismiques, ainsi que les bâtiments publics et privés.

Le souvenir de mon départ de l'île au bout de trois mois est toujours aussi vivace : une foule, émue comme moi, m'accompagnant au port.
Ce jour-là (début janvier 1954) la GRECE devint ma seconde patrie, elle l'est restée malgré les cinquante quatre pays que j'eus à visiter.

28 PREMIER DRAME

Février 1954, il me faut rejoindre la TURQUIE. ATHENES → ISTANBUL : une heure d'avion, c'est mon baptême de l'air.

Pour la petite histoire, je dois avouer que je suis un passionné de Chemins de fer et que j'avais fait le trajet PARIS-ATHENES en wagon-lit dans le prestigieux SIMPLON-ORIENT-EXPRESS : c'était presque pour moi un rêve en septembre 1953 !

Ma nouvelle mission consistait en une campagne de mesures de propagation entre ISTANBUL et le massif ULU-DAG pour déterminer l'implantation optimale d'un relais "en visibilité".



A cette époque, cette station de sport d'hiver, la plus importante de TURQUIE, se trouvait à 7 km (à faire à pied et dans la neige) après la fin du chemin carrossable. Elle ne comprenait qu'un hôtel délabré, quelques maisons de bois, pas d'eau, pas de chauffage, pas d'électricité, mais les mesures que j'avais à effectuer nécessitaient bien sûr de l'énergie.

Tout était simple à ISTANBUL où était situé le récepteur à la tour des pompiers de BEYAZIT, dans l'Université. Par contre, pour l'émetteur d'ULU-DAG que j'avais placé au refuge de FATIN-TEPE, mont à 200 mètres au-dessus de l'hôtel, il en était tout autrement. Il fallut acheter un groupe électrogène à

pétrole à ISTANBUL, faire prolonger son tuyau d'échappement, le faire transporter au sommet par traîneau tiré par hommes et enfin trouver une personne capable de s'occuper de ce groupe : ce ne fut pas chose aisée ne connaissant pas encore la langue turque.

Après plusieurs allées et venues entre ISTANBUL et ULU-DAG (j'étais seul pour cette mission et l'ingénieur des PTT turcs qui m'accompagna pour la première fois dans cette

escapade refusa catégoriquement de recommencer par la suite) et des dizaines de kilomètres dans la neige, la liaison fut établie et l'enregistrement de la propagation put commencer.

Le gardien du groupe électrogène avait, lui, pour mission d'alimenter les réservoirs en carburants, de démarrer le moteur à l'essence puis de commuter l'alimentation sur le pétrole, ensuite il pouvait quitter le refuge car l'installation n'avait besoin d'aucune surveillance.

Le drame se produisit lorsqu'il décida de son propre chef de passer la nuit dans la cabane abritant notre installation : il eut la malencontreuse idée, pour pouvoir fermer complètement la porte de rentrer le tuyau d'échappement à l'intérieur de la dite cabane... il se coucha, s'endormit, mais ne se réveilla plus, asphyxié par les gaz d'échappement. J'avais un mort sur la conscience !

Comment prouver que je n'étais pas coupable par imprudence ? car la police turque ne plaisante pas !...

Pourtant j'avais affiché des instructions rédigées en turc, pris les précautions d'usage concernant le tuyau d'échappement.

Pour prouver que dans ces conditions il n'y avait pas de danger, je décidais de coucher, à mon tour dans le refuge, le groupe étant en fonctionnement. Je le fis dès la seconde nuit après le drame. Il me fallut installer une couchette sur l'un des bat-flanc du refuge et évacuer les cadavres de deux chiens qui avaient subi le même sort que leur maître et qui avaient fort malencontreusement été oubliés !

Je me revois, le soir, vers 20 heures escaladant la pente neigeuse, m'éclairant d'une lampe à pétrole pour atteindre le refuge, inquiet quand même de ce qui allait se passer, me sentant seul, vraiment seul !

Après avoir mis le groupe en route, vérifié que le tuyau d'échappement sortait bien dehors, par l'entrebâillement de la porte empêchée de se refermer complètement par sa présence, je me couchais, le ronronnement du moteur m'endormit.

Il faisait à peine jour lorsque deux villageois inquiets pour moi, vinrent me réveiller et constater que j'étais bien en vie. La démonstration était faite que je n'étais pas coupable de la mort de ce pauvre gardien que je regrettais beaucoup.

Je n'eus pas trop de difficultés à en trouver un autre pour terminer l'enregistrement prévu.

Lors du chantier de la TURQUIE-SUD (1960-1964) j'eus l'occasion de revenir à ULU-DAG où l'on me reconnut bien sûr, les villageois m'avaient non seulement pardonné pour cette mort stupide, mais m'exprimèrent leur estime pour ma conduite après ce regrettable accident.

Aujourd'hui ULU-DAG est devenu la grande station de sports d'hiver de la TURQUIE. Elle est équipée de nombreux hôtels, c'est un village qui possède une mosquée, elle est accessible en permanence par route, en plus un téléphérique partant de BURSA au pied de la montagne dessert la station. Enfin un remonte-pente a été installé à FATIN TEPE... Ainsi va le monde

29 LE CALVAIRE de L'ACCES aux STATIONS GRECQUES



Entre la fin de 1956 et mai 1958 la CSF SFR eut à installer et à mettre en service en GRECE, les liaisons téléphoniques équipées du FH 610 à 400 MHz.

Les deux plus importantes liaisons étaient ATHENES-SALONIQUE et ATHENES-CRETE, en tout 22 stations dont 17 inaccessibles, pas de routes, il fallait entre une et deux heures à pied ou à mule pour les atteindre. Cela me rappelle que j'eus l'honneur en juillet 1954, sous la bannière LMT, de mettre en service une liaison téléphonique entre la CRETE et ATHENES qui n'étaient reliées avant cette date que par un câble sous-marin téléphonique.



Pour le transport, les groupes électrogènes, y compris les alternateurs, durent être démontés pour répartir la charge, imaginez le travail de remontage et de reréglage sur le site !

Les réservoirs de gasoil (1 500 litres) étaient transportés par 20 porteurs couplés deux à deux par des barres métalliques : la manoeuvre était commandée au sifflet.

L'escalade nécessaire des 500 à 800 mètres de dénivellation durait une éternité !

Aux mules on réservait l'effort, mais leur propriétaire, lui, faisait de belles affaires car la concurrence à cette époque n'était pas très vive. Le muletier de la station de IOUKTAS en CRETE put s'acheter une deuxième mule qu'il baptisa CSF et une vigne qu'il nomma SFR (à noter qu'en CRETE le raisin est d'une excellente qualité).

Agents du client et personnel de chantier allaient à pied ... la belle époque des pionniers des FAISCEAUX HERTZIENS !

Malgré cela, en 1959 la GRECE pouvait être considérée comme le premier pays au monde pour la densité de Faisceaux Hertziens par km², lesquels étaient uniquement équipés de matériel d'origine française CSF/LMT/SAT.

30 QUIPROQUO TURQUIE 1960-1964

La réussite de la GRECE malgré des conditions de travail pénibles, nous avait donné confiance dans la qualité des matériels de la maison. Les Turcs brisèrent cet enthousiasme par une attitude rigoriste à laquelle nous ne nous attendions pas. Pour comprendre le quiproquo, quelle était la situation de la TURQUIE à cette époque ?

Ne possédant pas de liaisons radioélectriques entre leurs trois plus grandes villes ANKARA, ISTANBUL et IZMIR, le téléphone était transmis par courants porteurs 12 voies sur lignes aériennes supportées par des poteaux en bois.

En 1960, existaient trois tarifs pour téléphoner entre ISTANBUL et ANKARA, et il fallait passer par une standardiste.

Tarif normal : vous n'aviez jamais votre correspondant.

Tarif urgent : 3 fois le tarif normal et 24 heures d'attente.

Tarif très urgent : 6 fois le tarif normal et 3 heures d'attente.

L'équipe des chantiers pensait que les PTT seraient pressés de mettre en service notre système qui leur procurait 120 voies immédiatement disponibles avec une fiabilité très supérieure à celle de leurs lignes sur poteaux de bois très souvent accidentées ou endommagées par le bétail.

Eh bien, il en fut tout autrement, la rigueur extrême imposée aux essais de recette fut telle qu'elle ne fut prononcée "provisoirement" que deux ans et demi après que notre installation fût terminée. En toute objectivité, il faut reconnaître que certaines spécifications n'étaient pas tenues mais le pragmatisme occidental s'en serait largement contenté, alors que la crainte de perdre la face juridique paralysait notre client, absolument indifférent aux impératifs de planning et commerciaux.

Notre Société fut dans l'obligation de modifier le matériel et de demander qu'une commission de recette soit mise en place dans laquelle figurerait l'OTAN qui avait financé le contrat !

Ce choc de deux civilisations (technique et juridique) fut d'un certain point de vue, positif, car il fit prendre conscience aux responsables de notre Société à divers niveaux de l'importance du respect de toutes les spécifications du cahier des charges et que l'impression subjective de qualité ne suffit pas pour convaincre les juristes : ce qui écrit comme engagement doit être tenu.

En clair, si le matériel "sort du cahier des charges, il ne doit pas sortir de l'usine".

31 REVE GAULOIS DE L'HOMME EN DIFFICULTE AU 31 MARS DE L'ANNEE 1962

Parmi mes soucis, le moral des équipes que j'eus à diriger fut toujours primordial. Le chantier de la TURQUIE NORD l'ébranla fortement : c'est ce que j'exprimais à la Direction des Travaux extérieurs dans un rapport circonstancié et très précisément daté du 31 mars 1962 (et qui fut téléxé).

Ce rapport proposait l'embauche d'une esthéticienne qui aurait à recevoir à ANKARA notre personnel en détente après les dures épreuves endurées en stations ANATOLIENNES. Il s'agissait de prodiguer des soins de remise en forme eu égard à la dureté du climat. Mon rapport précisait que j'avais essayé personnellement son traitement : l'efficacité était parfaite.



Je m'étais assuré, en plus, que les PTT turcs donneraient probablement leur autorisation pour une variante du programme et qu'un certificat de travail de secrétaire volante pourrait lui être accordé : celui ci lui donnerait la possibilité d'exercer en station. On pouvait ainsi gagner du temps, éviter des déplacements du personnel tout en maintenant son moral malgré un isolement inévitable pour la poursuite de l'installation. Je signalais que par chance la candidate était française, occasion à saisir, contacts et rapports verbaux immédiats, aucune difficulté. Le contrat pouvait être de 3 mois et renouvelable, ses exigences en salaire étaient modestes pourvu que la location de l'appartement à ANKARA soit aux frais de la Société.

Je terminais mon rapport en souhaitant une réponse rapide dans l'intérêt général, espérant un accord sans réserve de notre Direction... j'avais déjà loué l'appartement !!! La réponse me fut téléxée immédiatement.

"M. CHAUX pas d'accord pour l'embauche proposée"

La petite histoire raconte que mon télex fut photocopié en plusieurs centaines d'exemplaires (clandestinement) qui circulèrent tant à LEVALLOIS qu'à CHOLET pour le plus grand divertissement du personnel.⁴⁵

32 LES REFRIGERATEURS

En septembre 1960, je reçus la visite impromptu d'un représentant de la Direction Générale venant enquêter sur le chantier de TURQUIE pour en connaître les problèmes. Il vint à TOPAKLI (station située à 60 km à l'ouest de KAYSERİ) et lui exposais, entre autres, un des problèmes essentiels du moment :

- celui de la nourriture en rapport avec l'éloignement des points de ravitaillement et la chaleur anatolienne, extrêmement préjudiciable à la conservation des aliments.

Il vint déjeuner avec moi et put constater que malgré une très forte dose d'ail et une horrible odeur de suif du mouton de race KARAMAN (cet animal accumule sa graisse dans sa queue pour la récupérer l'hiver), la côte sentait beaucoup, mais vraiment beaucoup l'avarié.

Il me fut promis sur le champ les réfrigérateurs qui m'avaient été jusqu'alors refusés. Je précisais que ces réfrigérateurs devaient fonctionner au gaz et non à l'électricité, car pendant les installations, les groupes électrogènes ne sont généralement pas encore en service et les stations sont encore privées d'électricité.

Mon visiteur le comprit très bien et fit diligence, puisque moins de quatre mois après sa visite neuf réfrigérateurs à gaz arrivaient à la douane d'ISTANBUL. C'est là que l'histoire devient corsée. La douane turque refusa catégoriquement leur entrée sous le prétexte que la TURQUIE commençait à fabriquer des réfrigérateurs modernes, bien sûr électriques, et que l'importation de réfrigérateurs à gaz étaient interdite.

Aucun bakchich ne put venir à bout de cet interdit. Ils ne furent dédouanés qu'en 1963...

Comment se comprendre ?

33 L'ESPAGNE EN 1966

1966 fut une année charnière très importante, car notre Société allait être parmi les premières à exporter des matériels transistorisés.

LA LIAISON VIOLETTE

Le problème que la Télévision Espagnole (TVE) désirait résoudre était de relier ses studios situés à PRADO DEL REY à l'émetteur de MADRID situé à PASEO de la HABANA.

CSF lui proposa le prêt d'un équipement FH 661 fonctionnant à 6 GHz, TVE accepta, le matériel fut installé sur cette liaison.

⁴⁵ A quelque temps de là mon Directeur me fit savoir qu'il aurait apprécié que mon télex fût daté du 1er avril au lieu du 31 mars

Elle prit pour nous le nom de liaison violette car notre Directeur Technique avait exposé le projet au tableau noir avec ce qu'il avait sous la main, à savoir exclusivement de la craie violette.

En 1966 le Directeur Technique me confia ses deux premiers bâtis transistorisés en me faisant mille recommandations pour le succès de cet essai, ajoutant qu' on devait les considérer comme la prunelle de ses yeux !

On profita aussi de cette première installation pour expérimenter le guide d'onde elliptique semi-souple (à 6 GHz) fabriqué par une société allemande.

Ce fut un grand succès dont la conséquence fut que la TVE nous passa commande de la liaison MADRID-VALENCE.

34 DE L'UTILISATION JUDICIEUSE DE LA PUISSANCE D'EMISSION DES RELAIS TRANSISTORISES (MADRID - VALENCE)

6 juillet 1966, je suis à la station de BONETTE, il est deux heures du matin et nos équipements sont prêts pour qu'on les substitue à ceux plus anciens, d'un confrère français. Le Directeur espagnol responsable de la liaison est inquiet et nous attend "au virage" car le bond radioélectrique qui va être mis en service avec nos équipements a une longueur de 105 km, est sujet au FADING, et il ne voit pas très bien comment avec un matériel qui n'a qu'une puissance d'émission de 100 milliwatts on va pouvoir faire aussi bien que notre confrère dont les émetteurs sont réputés délivrer 4 watts avec des tubes.

Miracle, on bascule l'image sur notre matériel et la liaison devient parfaite, pas la moindre coupure observable ! Quel était le secret ?

CSF avait misé sur la diversité d'espace et de fréquence et avait un matériel à faible facteur de bruit...

L'équipe de la TVE était stupéfaite, elle manifesta sa joie devant ce résultat inattendu.

La liaison MADRID-VALENCE (7 bonds) se révéla excellente et sans coupure malgré les puissances d'émission qui pouvaient paraître faibles, mais bien utilisées (peu de pertes dans les guides d'ondes) et récepteurs de très bon facteur de bruit.

Une conséquence de la parcimonie de l'énergie mise en jeu fut la grande fiabilité du matériel en exploitation. De nombreux contrats vinrent sanctionner ce succès.

35 LE MEXIQUE EN 1968



Les Jeux Olympiques furent l'occasion pour le MEXIQUE de développer son réseau de TELEVISION. Une des artères principales fut confiée à la CSF : CORDOBA - MERIDA 1 500 km que la Société équipa avec le matériel FH 663 à 6 GHz dans les 27 stations relais dont l'une d'elles alimentait en signaux TV une bifurcation vers le GUATEMALA.

Toute l'équipe chantier vécut, à sa manière, les événements de mai 1968. Une première conséquence fut que l'arrivée d'une deuxième équipe se trouva retardée de plus de deux mois. En outre, la coupure avec l'usine fut totale en ce qui concerne le matériel

proprement dit et les pièces de rechange, les appareils de mesures, tout restait en FRANCE, de même l'argent de la caisse chantier. Heureusement que notre représentant au MEXIQUE put faire face à cette situation en réglant les salaires de la dizaine d'agents mexicains que nous avions recrutés et qu'ils put dispenser une aide au personnel français... car nos indemnités de déplacement ne parvinrent pas pendant 3 mois et il nous fallut vivre chichement !

Malgré ces difficultés la liaison fut prête pour l'ouverture des Jeux Olympiques (octobre) et aucune coupure ne vint interrompre la transmission.

Il est intéressant de signaler qu'en mai 1980, c'est-à-dire 12 ans après cette installation lors d'une visite d'après-vente que je fis, je pus constater que notre système continuait à fonctionner parfaitement, les agents de maintenance étaient les mêmes que ceux que nous avions connus en 1968. J'eus l'agréable surprise de constater que les cahiers de maintenance que nous avions établis à la mise en service continuaient à être régulièrement tenus.

36 L'IRAN (1969 - 1971)

LE CADRE : une liaison de 1 400 km le long d'un gazoduc comprenant 46 stations équipées en FH 664 à 7 GHz. Elle allait du golfe persique(région d'AHWAZ) vers le nord jusqu'à la mer CASPIENNE (rive ouest) à ASTARA à la frontière entre l'IRAN et l'URSS. Cadre magnifique pour une grande aventure !

UNE PREMIERE POUR L'INFRA-STRUCTURE : les équipements sont placés dans des cuves métalliques de 3 mètres de diamètre et 2,50 mètres de haut que l'on enterre pour obtenir une régulation de la température ambiante.

LE CLIENT est le GAZ IRANIEN (NIGC)



L'INGENIEUR CONSEIL : c'est un ANGLAIS, ceci nous donne l'espoir de mieux nous comprendre entre occidentaux (après la TURQUIE).

HELAS, HELAS ! nous eûmes à déchanter, car nous étions tombés sur un ANGLAIS très particulier qui ne respectait pas le fair-play traditionnel de son pays, ni délais, ni engagement de sa part et faisait supporter intégralement à THOMSON CSF les conséquences de ses propres manquements... un comble !

LE CLIMAT : celui qui n'a pas vécu dans cette région du monde en période estivale ne sait pas ce qu'est la chaleur dans le désert du GOLFE PERSIQUE.

53° le jour : nous travaillons nus dans les cuves et en moins d'un quart d'heure le plancher ruisselait de notre sueur.

48° la nuit : les caravanes n'avaient pas de climatiseurs par la faute de l'Ingénieur Conseil en retard de livraison de l'énergie. On trouva un pis-aller, tremper son drap, l'essorer légèrement, se glisser dans ce drap humide, l'évaporation fabrique du froid... CQFD !

On buvait beaucoup 6 à 7 litres de liquide par jour et la gorge restait cependant sèche. La nourriture ne passait plus, seules les pastèques, oignons et tomates étaient acceptés. Pour éviter la déshydratation nous absorbions chaque matin deux pastilles de sel. Les petits coins d'ombre au bord des maigres ruisseaux presque desséchés et l'eau fangeuse dans laquelle nous nous trempions, nous les partagions avec les vaches et les chèvres.

Le plus dur à supporter était la malhonnêteté intellectuelle de l'Ingénieur Conseil, il en arrivait à faire perdre le moral à l'équipe, et, à THOMSON CSF, de l'argent.



Malgré beaucoup d'efforts le travail n'avancait que très lentement. J'ai vraiment regretté de ne pas avoir le GAZ IRANIEN comme unique interlocuteur sans intermédiaire.

L'inauguration officielle du GAZODUC eut lieu le 27 mars 1970 par le SHÂH d'IRAN et le SOVIETIQUE PODGORNÏ à ASTARA, ce qui décida l'Ingénieur Conseil à nous accorder une recette provisoire, mais on sut que cela se fit sous la pression des IRANIENS.

Tous ceux qui ont travaillé dans ces conditions et qui ont souffert dans leur corps et dans leur tête se souviendront de cet ingénieur conseil ! Cette

épouvantable chaleur du GOLFE PERSIQUE me donne par contraste l'occasion de vous raconter ma rencontre avec les loups.

LES LOUPS IRANIENS

Au début de mars 1970, la neige recouvre avec parcimonie l'immense plateau semi-désertique qui s'étend à 1 500 m d'altitude sur 400 km entre ESPAHAN et TEHERAN, le soleil s'éteint dans une triste morosité.

Soudain, là, devant moi, dans le champ de droite, deux loups attaquent un troupeau de moutons : subitement, scène à peine entrevue ! Celui qui paraît le mâle par sa corpulence a déjà l'agneau dans la gueule, hésite à choisir sa fuite et passe à quelques mètres devant ma voiture arrêtée. la femelle le talonne, suivie par le chien du troupeau, un énorme molosse, lui-même poursuivi par les cris du berger.

La route traversée, la femelle s'arrête à une dizaine de mètres pendant que le mâle s'enfuit avec la proie. Le chien s'arrête aussi, à quelques mètres de la louve qui lui fait face mais n'attaque pas (mais son aspect n'est pas du tout amical !) et les deux bêtes face à face sont immobiles, tandis que le berger, prudemment, reste sur le bord de la route continuant à appeler son chien. Pendant ce temps, le mâle poursuit sa fuite et, à environ deux cents mètres pose l'agneau étranglé sur le sol, attend la louve qui fait volte-face, détale, distançant rapidement le chien qui reprend sa poursuite. En arrivant près du loup, la femelle saisit le mouton "au vol", continue sa course alors que le mâle reste sur place et fait front au chien qui n'attaque toujours pas. Quant au berger, un peu enhardi, il reprend précautionneusement sa marche, toujours appelant son chien.

J'observe encore un peu cette fuite-poursuite entrecoupée d'arrêts et d'échanges puis l'obscurité absorbe les loups et leur butin. Le chien revient près de son maître et, ensembles, retournent au troupeau, dans la nuit.

Deux cents kilomètres avant TEHERAN, quatre heures de route (la Land Rover diesel tractant la caravane n'avance pas vite) dans la solitude de la voiture mes pensées vagabondent et imaginent ce qui se serait passé vers 1850 lors d'une mise en service de Faisceaux Hertiens en admettant que cela eût existé.

Quel spectacle et quel souvenir de l'année 1970 à raconter !

37 GEORGIE ET URSS (1971 - 1975)

Après l'IRAN je fus désigné comme chef d'affaire pour un important contrat concernant une liaison le long d'un GAZODUC en SIBERIE. La commande concernait 30 stations et outre les équipements radio, les pylônes et des ateliers d'énergie à turbines à gaz. L'installation sur le site ne nous était pas confiée. il nous était cependant demandé de fournir tous les plans et informations permettant de mettre le matériel en service.

Cette affaire me conduisit à effectuer de très nombreux voyages à MOSCOU et je vous livre mes conclusions et impressions de l'époque 1971-1975.

- Les négociations des spécifications avec les Ingénieurs soviétiques sont longues et portent sur des sujets précis. Au cours des discussions ils ont beaucoup de fair-play lorsque nos arguments sont convaincants.
- Ils ont une confiance absolue dans les procédures d'exécution du contrat.
- Les conditions financières sont discutées avec rigueur, mais lorsque l'accord est conclu, les règlements sont effectués aux dates prévues (sans retard) après chaque expédition de matériel.

LA GEORGIE : je peux maintenant en parler, car je l'ai fréquenté entre 1972 et 1975 et il m'apparut que c'était vraiment un ETAT dans l'ETAT.

Ce pays possède d'énormes richesses pétrolières, agricoles et touristiques, les GEORGIENS sont les bons vivants de l'URSS. Ils ont des habitudes de travail assez décontractées comme nos méridionaux. on peut devenir rapidement amis, si ils reconnaissent votre compétence.

Par contre le MOSCOVITE est un peu froid et distant, mais le GEORGIEN est chaleureux et accepte une certaine intimité.

Le GEORGIEN accepte les repas pris en commun et de boire à satiété, peut-être un peu trop ! Les banquets m'ont laissé des souvenirs inoubliables, bien que leur plaisir préféré soit de vous faire chuter (pour ne pas employer un autre mot), en employant les délices de leur vins blancs.

Celui qui tient le coup est sacré TAMADA c'est-à-dire chef de table, celui qui préside, c'est ensuite une renommée qui vous suit partout, un peu trop hélas !
Que ne faut-il pas faire pour porter haut le renom de l'Entreprise !

Succéda à cette première affaire sibérienne une autre liaison destinée au CAUCASE. il s'agissait de transmettre la Télévision à MESTIA, petit village du 13^{ème} siècle perdu dans une vallée : 4 stations équipées en FH 665 à 4 GHz, perchées à 3 000 mètres d'altitude à mettre en service en novembre 1975, quelle aventure ! Les accès se faisaient par hélicoptère, un monstre à deux étages dont le commandant était un géant blond et sibérien qui avait appris le français avec SEKOU TOURE, pendant deux ans (rappelons qu'au moment de son indépendance la GUINEE avait choisi le camp de l'EST). Pour cette mission, nous n'étions que deux Français, l'hélicoptère était pourtant entièrement à notre disposition, cela nous permit de contempler la GEORGIE profonde et les sommets CAUCASIENS.

En plus, pour agrémenter notre séjour, nos hôtes firent venir un vin particulier, le vin de STALINE, il provenait d'une vigne réservée, c'était un rouge épais et fort, un peu doux et la bonbonne nous accompagnait partout, même dans l'hélicoptère ! Une anecdote avant de quitter notre commandant. A l'un de nos décollages, dans l'aube glaciale de MESTIA les batteries de l'hélicoptère furent incapables de démarrer les moteurs. Qu'à cela ne tienne, on fit venir le camion ravitailleur de kérosène, on brancha ses propres batteries en parallèle avec celles de l'hélicoptère et pendant que le moteur du camion tournait à fond, l'hélicoptère accepta de démarrer. Au moment de l'envol, je demandais avec quelque inquiétude à notre commandant s'il était vraiment sûr de pouvoir redémarrer là haut du sommet à 3 000 mètres ?

" ANDRIKO, si je pars, c'est que je suis certain de revenir", je n'étais pas très rassuré !

A la fin de cette affaire le repas d'adieu fut un festin chez le Directeur des PTT. Après avoir porté de nombreux toasts dans des cornes de vache en guise de verre (c'est la coutume, et impossible de reposer les cornes sans les avoir vidées), je fis la constatation que la GEORGIE méritait vraiment l'indépendance et je demandais à l'interprète, une jeune femme ARMENIENNE, de traduire, ce qu'elle fit en insistant sur "M. SILHONNET dit que ..." . Avais-je gaffé dans le contexte de l'époque ? Non, ce fut le délire et les cornes se vidèrent, se vidèrent...! L'ambiance chaleureuse m'avait fait deviner ce qui est cher au coeur des GEORGIENS, comme on va le constater.

Le lendemain du festin mémorable, et, avant de prendre l'avion du retour pour la FRANCE, j'allai saluer le Ministre des PTT avec qui j'avais noué une certaine complicité en échangeant quelques mots de langue TURQUE que comprenait le ministre car il avait travaillé dix ans en AZERBAIDJAN soviétique (les autres GEORGIENS ne comprenaient pas cette langue). Le remerciant vivement de son hospitalité et du procès-verbal nous signifiant la recette du matériel, mon regard se porta sur les touches de son télex et j'aperçus qu'elles étaient inscrites en alphabet cyrillique.

Il le vit et pendant que nous dégustions un excellent cognac GEORGIEN, il me dit que prochainement les téléx de la GEORGIE seraient en GEORGIEN, et il ajouta : ce sera le début de l'indépendance !

Etait-ce un signe avant-coureur du grand éclatement ? Je n'ai malheureusement pas eu l'occasion de retourner en GEORGIE, dont je conserve, comme vous pouvez le penser un extraordinaire souvenir.

ET, EN CONCLUSION...

Vous venez de vivre quelques épisodes de chantiers.

Le succès d'une affaire, sur le terrain, n'est pas seulement redevable à un chef, mais plutôt à une équipe homogène, composée d'hommes solides, associant conscience professionnelle et optimisme, technicité et débrouillardise.

L'esprit d'équipe et l'impulsion d'un responsable constituent l'atout majeur de la réussite : que tous ces hommes soient remerciés pour leur immense dévouement. Je tiens à associer tous mes collaborateurs à ces souvenirs.

Cette commune et exaltante activité m'a donné la satisfaction de vivre une riche aventure humaine et une passionnante carrière professionnelle.

André SILHONNET
1992



L'usine Henri CHIREIX qui abrita, pendant de nombreuses années, la Divisio, Faisceaux Hertziens et Liaisons Spatiales de THOMSON CSF

Philippe MAGNE né en 1925, ESE (1947) débuta sa carrière au Centre de Recherches Techniques de la CSF, 23 rue du Maroc à Paris dans un des laboratoires du Département de Recherches Physiques dirigé par Henri GUTTON. Après avoir participé à diverses études, il fut affecté à la réalisation des premiers matériels de faisceaux hertziens en ondes centimétriques et à modulation de fréquence. Fit ses premières armes à propos de la liaison PARIS-LILLE dont la mise en service coïncida avec la retransmission télévisuelle du couronnement de la reine ELISABETH II d'Angleterre (1953). Consacra toute sa carrière aux faisceaux hertziens qui contribuèrent à fluidifier le trafic téléphonique, lorsque la France se dota d'un réseau moderne (1969-1974), puis devint exportatrice de ce matériel. Ensuite eut à participer aux Télécommunications par satellite. Philippe MAGNE consacra une partie de son activité à l'enseignement à l'Institut Supérieur d'Electronique de Paris (1959-1971), et à l'Ecole Supérieure d'Electricité (depuis 1978). Lauréat de l'Académie des Sciences (1959), Chevalier de l'Ordre National du Mérite au titre de l'Administration des PTT (1977). Président du Groupe Scientifique de l'A.I.C.P.R.A.T.