

REPUBLIQUE DU SENEGAL



Gm. 0610

Ecole Polytechnique de Thies

PROJET DE FIN D'ETUDES

EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLOME D'INGENIEUR DE CONCEPTION

GENIE MECANIQUE

TITRE: RESEAU DE TELECOMMUNICATIONS  
E.P.T. POUR LE PARTAGE  
DE RESSOURCES INFORMATIQUES

AUTEUR: KEBAB DABO

DIRECTEURS: IGOR SABATIN

CHEIKH WADE

JUIN 89

**A MA MERE.**

**A CEUX QUI ME SONT CHERS.**

**A TOUS CEUX QUI OEUVRENT**

**POUR UN MONDE DE PAIX**

**ET DE JUSTICE.**

### REMERCIEMENTS

Nous remercions sincèrement tout le personnel technique de la SONATEL. Ces remerciements vont plus particulièrement à Monsieur Alain Guèye et Monsieur Samba Sène pour la documentation qu'ils ont bien voulu mettre à notre disposition.

Très respectueusement, nous remercions notre Directeur de Projet Monsieur Igor Sabatin et notre Co-Directeur Monsieur Cheikh Wade pour le soutien constant dont ils ont fait preuve tout le long de cette étude.

Enfin, nous remercions les Elèves-Ingénieurs Franck Accrombessy et Patrick Accrombessy pour l'aide qu'ils nous ont apporté dans le traitement informatique de ce document.

## SOMMAIRE

Notre projet vise essentiellement l'étude théorique et expérimentale d'un réseau de télécommunication E.P.T. pour le partage de ressources informatiques.

Certes, au Sénégal, il est actuellement possible de faire de la télématique en utilisant le réseau SENPAC.

Il s'agira donc pour nous d'étudier d'abord techniquement et économiquement ce réseau de transmission de données par paquets qui utilise comme support de communication un câble sous-marin.

Parallèlement, nous ferons une étude d'implantation d'une station terrienne avec antenne parabolique à fin de télématique par satellite.

## TABLE DES MATIERES

	PAGE
REMERCIEMENTS-----	I
SOMMAIRE-----	II
LISTE DES ANNEXES-----	VI
LISTE DES FIGURES-----	VII
LISTE DES TABLEAUX-----	VIII
INTRODUCTION-----	1
CHAPITRE I: APERCU SUR LA TELEMATIQUE-----	3
I-1: GENERALITES-----	3
I-1-1: Définition de la télématique-----	3
I-1-2: Les principaux éléments de la télématique-----	3
I-1-3: Les divers modes de traitement-----	6
I-1-4: Matériels intervenant dans un réseau télématique-----	7
I-1-5: Modes de transmission-----	11
I-1-6: Les problèmes de normalisation-----	14
I-2: RESEAU SENPAC-----	16
I-2-1: Principe-----	16
I-2-2: Interfaces normalisées-----	17
I-2-3: Les différents types d'accès à SENPAC-----	19
CHAPITRE II: ETUDE DE L'IMPLANTATION D'UNE STATION TERRIENNE ANTENNE PARABOLIQUE A L'E.P.T.-----	23
II-1: CONFIGURATION DE LA STATION TERRIENNE-----	23
II-1-1: Schéma fonctionnel d'une station terrienne de la classe D-1-----	23

II-1-2: Fonction des différents équipements	24
II-2: DIMENSIONNEMENT DE LA STATION TERRIENNE	26
II-2: Choix du site et système d'orientation de l'antenne	26
II-2-2: Choix de la bande de fréquence	28
II-2-3: Choix du diamètre de l'antenne parabolique	29
II-2-4: Calcul du gain de l'antenne	29
II-2-5: Calcul de la puissance isotrope rayonnée équivalente	31
II-2-6: Choix de l'amplificateur à haute puissance	31
II-2-7: Calcul du facteur de mérite de la station terrienne	32
II-2-8: Calcul de la température de bruit et du facteur de température	33
II-2-9: Calcul des pertes de puissance dans l'espace	35
II-2-10: Calcul de la densité de bruit	36
II-2-11: Rapport C/N, signal sur bruit en radiofréquence	37
<b>CHAPITRE III: UTILISATION D'UNE TECHNIQUE DE TRANSMISSION PAR SATELLITE</b>	
III-1: CHOIX DU SATELLITE GEOSTATIONNAIRE	38
III-2: ACCES AU SATELLITE GEOSTATIONNAIRE	40
III-3: PRINCIPE DE L'AMRT	41
III-4: ARCHITECTURE DE BASE DE L'AMRT	43
III-5: EQUIPEMENT TERMINAL AMRT	44
III-6: TECHNIQUE DE MODULATION ET DEMODULATION	45

<b>CHAPITRE IV: ETUDE ECONOMIQUE COMPARATIVE DE LA</b>		
<b>TRANSMISSION PAR LE RESEAU SENPAC</b>		
	<b>ET DE LA TRANSMISSION PAR SATELLITE-----</b>	<b>48</b>
<b>IV-1:</b>	<b>TELEMATIQUE PAR LE RESEAU SENPAC-----</b>	<b>48</b>
IV-1-1:	Coût d'accès au réseau SENPAC-----	48
IV-1-2:	La taxe à la durée-----	48
IV-1-3:	La taxe au volume-----	49
IV-1-4:	Tarifification des services additionnels-----	49
IV-1-5:	Tarifification du service international-----	49
<b>IV-2:</b>	<b>Calcul des coûts liés à SENPAC</b>	
	<b>et aux bases de données-----</b>	<b>50</b>
IV-2-1:	Frais d'abonnement à une base de données-----	50
IV-2-2:	Frais SENPAC-----	50
<b>IV-3:</b>	<b>TELEMATIQUE PAR SATELLITE</b>	
	<b>ET ANTENNE PARABOLIQUE-----</b>	<b>51</b>
IV-3-1:	Coût du secteur spatial-----	51
IV-3-2:	Coût du secteur terrien-----	52
<b>CHAPITRE V: CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS-----</b>		<b>54</b>
<b>LEXIQUE-----</b>		<b>65</b>
<b>BIBLIOGRAPHIE-----</b>		<b>66</b>

# LISTE DES ANNEXES

PAGE

- ANNEXE 1	56
- ANNEXE 2	57
- ANNEXE 3	58
- ANNEXE 4	59
- ANNEXE 5	60
- ANNEXE 6	61
- ANNEXE 7	62
- ANNEXE 8	63
- ANNEXE 9	64
- ANNEXE 10	65
- ANNEXE 11	66

# LISTE DES FIGURES

PAGE

- FIGURE 1	5
- FIGURE 2	8
- FIGURE 3	9
- FIGURE 4	10
- FIGURE 5	11
- FIGURE 6	13
- FIGURE 7	14
- FIGURE 8	15
- FIGURE 9	56
- FIGURE 10	57
- FIGURE 11	24
- FIGURE 12	58
- FIGURE 13	59
- FIGURE 14	60
- FIGURE 15	61
- FIGURE 16	62
- FIGURE 17	63
- FIGURE 18	64
- FIGURE 19	65

## INTRODUCTION

Le premier service de télécommunications offert au public a été le télégraphe, auquel sont venus s'ajouter le téléphone, les radiocommunications, la radiodiffusion sonore et visuelle et maintenant l'accès à distance à des systèmes électroniques d'informations et de données. Le premier moyen de transmission a été le câble télégraphique terrestre, puis on a vu apparaître les câbles téléphoniques terrestres et sous-marins, les radiocommunications sur ondes courtes, les liaisons par faisceaux hertziens et les câbles coaxiaux terrestres et sous-marins. Si chaque nouveau mode de transmission représentait une amélioration du point de vue de la qualité, de la fiabilité, de la capacité et des coûts, il ne faisait qu'élargir les possibilités offertes par chaque moyen de communication particulier dont chacun comportait ses propres limitations. Tous pouvaient être décrits comme des liaisons à itinéraire unique et à capacité fixe, capables seulement de faire communiquer deux points de la surface terrestre, certains directement, d'autres par l'intermédiaire d'un équipement compliqué de commutation. L'information économique, scientifique et technique est aujourd'hui la "matière première" la plus recherchée. La volonté de maîtriser le traitement de cette information s'est traduite au Sénégal et partout ailleurs, par un essor de l'informatique. Ainsi toute entreprise ou institution disposant d'un système informatique a besoin de l'étendre à ses différentes composantes. De la même manière elle a besoin d'accéder à des données extérieures à son système ou bien de mettre ses données à la disposition d'autres publics.

Les télécommunications apportent la solution à ces nouvelles exigences notamment par l'intermédiaire de la transmission de données par commutation de paquets.

La croissance récente et rapide des télécommunications par

satellite ces dernières années est principalement due:

- à ses caractéristiques propres: capacité d'accès multiple, capacité de distribution, souplesse et simplicité d'exploitation...

- à des facilités de mise en oeuvre notamment par le fait que l'infrastructure au sol est limité aux seuls points de la zone à desservir;

- à son coût de fonctionnement en baisse continue.

Les réseaux à satellite donnent accès à toutes les applications classiques de télécommunications ( téléphone, télex, transmission de données, diffusion audiovisuelle ).

Il devient donc aisé de voir l'importance de ce projet de réseau de télécommunications E.P.T. pour le partage de ressources informatiques qui a pour objectifs:

- la réception des programmes de télévision nord-américains et européens diffusés par satellite pour télé-enseignements.

- l'accès direct aux banques de données internationales dans les domaines scientifique et technique.

- la consultation à distance de bibliothèques informatisées pour documentations et recherches bibliographiques.

Ainsi, afin de mener à bien cette étude, nous l'avons axée autour des quatre points suivants:

I- Aperçu sur la télématique.

II- Etude de l'implantation d'une station terrienne à antenne parabolique à l'E.P.T..

III- Utilisation d'une technique de transmission par satellite.

IV- Etude économique comparative de la transmission par satellite et de la transmission par le réseau SENPAC.

V- Conclusion et recommandations.

## CHAPITRE I: APERÇU SUR LA TÉLÉMATIQUE

### I-1: Généralités

#### I-1-1: Définition de la télématique

La télématique est le produit de l'ensemble des techniques de l'informatique et des télécommunications.

Les industries de l'informatique-celle-là, jeune et un peu anarchique et des télécommunications-celle-là, ancienne et réglementée contribuent toutes deux au développement de la télématique. Ce développement s'explique par un besoin croissant de stockage, de traitement et de transmission à distance de données ou d'informations, quelle que soit la distance. L'apport principal de la télématique est d'aider à résoudre ce besoin dans des conditions de rapidité, de fiabilité et de commodité accrues.

La télématique comporte par rapport à l'informatique certains avantages et introduit plusieurs facteurs de progrès qui peuvent être résumés en quatre points:

1) Une extrême diversité de moyens, notamment en ce qui concerne les postes de travail.

2) La possibilité de consulter de grands fichiers nationaux ou internationaux.

3) L'annulation pratique de tout éloignement, en sorte que l'utilisateur peut se situer à peu près n'importe où.

4) L'annulation pratique de toute attente, en sorte que l'utilisateur obtient des réponses à ses questions ou des résultats à ses travaux, de manière quasi instantanée.

#### I-1-2: Les principaux éléments de la télématique

Nous distinguerons d'une part les éléments "composants" d'un réseau télématique, d'autre part les éléments "agissants", c'est-à-dire les utilisateurs.

Nous ajouterons un mot sur les procédures et plus généralement les protocoles, ainsi que sur les techniques de commutation.

Les éléments composants d'un réseau télématique sont essentiellement:

1- Les matériels parmi lesquels nous distinguerons:

- les organes de traitement: ordinateurs, ou "processeurs" de caractéristiques très diverses;

- les matériels dits "périphériques" et notamment ceux de stockage, à bandes, à disques, etc...;

- les contrôleurs de communication qui sont des "processeurs", les multiplexeurs, les concentrateurs, les modems, les dispositifs d'"interface", etc..., qui sont tous des éléments permettant d'établir les communications;

- les postes de travail, qui comprennent une grande variété de "terminaux".

2- Les moyens de communication entre les matériels précédents qui sont ceux des réseaux publics nationaux, ou des réseaux internationaux, voire des réseaux privés locaux ou nationaux.

Ces moyens peuvent être divers : lignes téléphonique, télégraphique, satellites, etc....

3- Les fichiers ou bases de données ou banques de données ou encore banques d'information, toutes ces expressions ayant en l'occurrence la même signification.

4- Les logiciels de traitement et de transmission qui sont l'intelligence artificielle de réseau télématique.

Les éléments "agissants" qui sont les utilisateurs sont aussi divers que les applications.

En fait, l'utilisateur est lié à son poste de travail: ce peut être un citoyen intéressé par un marché, un travailleur au sein d'une entreprise, etc....

Les procédures de transmission sont des techniques de dialogue qui sont régies par une logique nécessaire à l'établissement de la communication. Les divers types de transmission sont le simplex, le semi-duplex et le duplex

intégral ( voir figure 1 ).



FIG 1

La liaison simplex n'autorise qu'un seul sens de transmission possible.

La liaison semi-duplex permet la transmission dans les deux sens, mais alternativement; c'est l'alternat.

La liaison duplex intégral permet la transmission dans les deux sens simultanément.

La notion de protocole généralise la notion de procédure de transmission.

Un protocole est l'ensemble des procédures et des contrôles qui régissent la coopération entre deux ou plusieurs entités.

Par exemple on peut distinguer :

- les procédures de prise de contact;
- des contrôles de message;
- les procédures de transport;
- les procédures de prise de lignes;
- des contrôles d'erreurs;
- des contrôles de flux;
- etc...

Les techniques de commutation sont soit la commutation de circuits, soit la commutation de message, soit la commutation de paquets.

Dans la commutation de circuits, les deux correspondants sont physiquement en présence et la vitesse est identique sur tout le parcours. C'est le cas des réseaux commutés publics: télex, téléphone.

Dans la commutation de messages, les deux correspondants ne sont jamais en présence, et les vitesses peuvent varier sur les différents tronçons du réseau.

La commutation de paquets est dérivée de la commutation de messages. Elle consiste essentiellement à superposer deux types de trafic ( un trafic de type conversationnel ou transactionnel à messages courts, et un trafic de type transmission par lots ou blocs de fichiers à messages longs ) en scindant les messages en paquets.

### I-1-3: Les divers modes de traitements :

Nous distinguons trois types de modes de traitements:

- Le traitement par lots ;
- Le traitement transactionnel ;
- Le traitement conversationnel.

Tous ces traitements se prêtent à une utilisation collective de l'ordinateur.

Le traitement par lots peut s'effectuer à une distance de l'ordinateur à partir d'un terminal avec une restitution locale des résultats donnant ainsi l'impression que l'ordinateur est sur place.

Le traitement transactionnel est le traitement pré-établi d'un événement et de ses conséquences immédiates.

On peut imaginer trois types de transactions :

- Des transactions de saisie ;
- Des transactions à un seul échange ;
- Des transactions à plusieurs échanges qui ne sont qu'un

multiple des précédentes.

Le traitement conversationnel est un mode de traitement dans lequel l'enchaînement des traitements est conçu de proche en proche par l'utilisateur au cours du déroulement des opérations à partir d'une batterie de questions et de réponses.

Enfin, ces divers traitements s'accrochent très bien de la distance entre l'ordinateur et l'utilisateur, mais nécessitent des logiciels élaborés, notamment pour la mise en oeuvre des techniques conversationnelles.

#### I-1-4: Matériels intervenant dans un réseau télématique

Les matériels de stockage et de mémorisation, de traitement et les organes d'entrée et de sortie de l'information sont assez bien connus du fait qu'ils sont les produits de l'industrie informatique et que leur utilisation est déjà ancienne.

Il existe cependant des matériels moins bien connus. Il importe de bien définir leurs fonctions parcequ'ils sont les matériels constitutifs des réseaux de télécommunications.

Un nom qui revient souvent est celui d'"interface".

L'interface est une frontière commune entre deux éléments ou deux fonctions d'un réseau. Autrement dit, on peut désigner par interface un matériel particulier au même titre qu'une ligne de démarcation.

Cela dit, les principaux matériels constitutifs des réseaux sont: les multiplexeurs, les concentrateurs et les modems.

- Un multiplexeur est un équipement qui permet le groupement et le dégroupement de plusieurs voies physiques sur une même voie de communication ( voir figure 2 ).

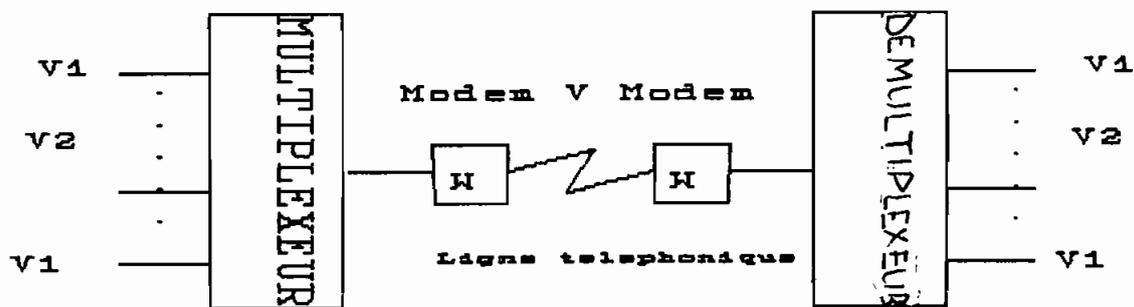


FIG.2 Groupement et dégroupement de plusieurs voies

Les vitesses de transmission  $V_1, V_2, \dots, V_i$  peuvent être différentes.

La vitesse de transmission  $V$  est supérieure ou égale à la somme des vitesses  $V_i$ .

$$V \geq \sum V_i.$$

Cet équipement est "transparent" aux procédures.

Un multiplexeur est en fait une unité de contrôle et de gestion à accès multiple et simultané.

Il existe deux techniques de multiplexage: le multiplexage en fréquence et le multiplexage temporel.

Le multiplexage en fréquence est utilisé depuis longtemps pour la transmission téléphonique à grande distance, tandis que le multiplexage temporel est plus récent.

C'est une technique particulière qui permet la transmission de l'information en trames sur la voie à grand débit. Ces trames sont constitués par un découpage de l'information en fonction du temps sur les voies à débits plus

faibles.

Ce découpage peut être fait par bits ou par caractère.

( Voir figure 3 )

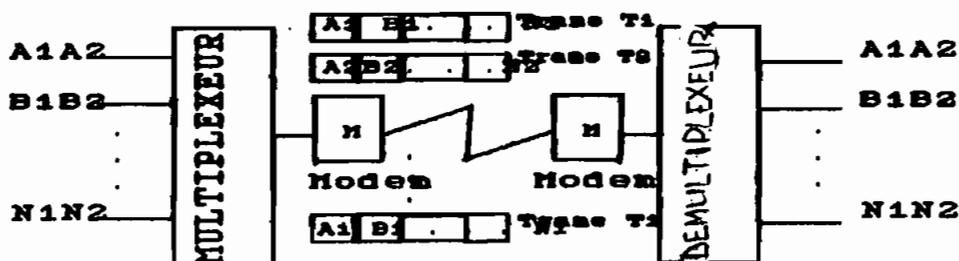


FIG.3 Le principe du multiplexage temporel

- Un concentrateur est un équipement qui permet de regrouper un ensemble de voies physiques sur une ou plusieurs voies de communication en offrant toute une série de possibilités de traitement.

Les vitesses de transmission aval sont très supérieures aux vitesses de transmission amont. Les procédures amont et aval peuvent être différentes.

- Un multiplicateur est un équipement qui permet de regrouper un ensemble de voies physiques sur une même voie de communication avec des vitesses identiques.

- Un modem ( modulateur - démodulateur ) est un équipement d'interface qui permet d'adapter l'information binaire pour la rendre physiquement transmissible sur les lignes.

( Voir figure 4 )

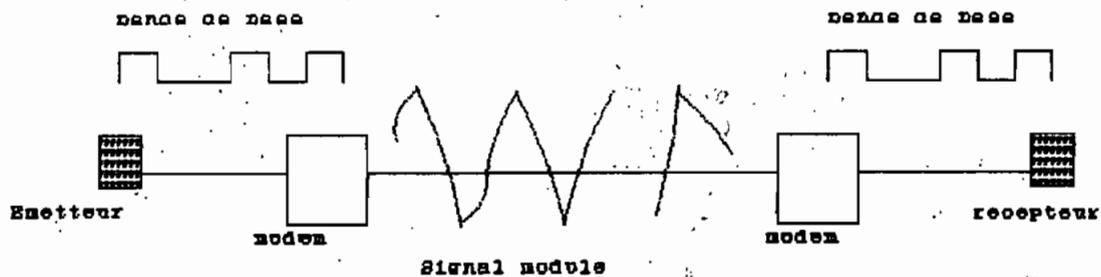


FIG 4

Les caractéristiques telles que débits de transmission, techniques de modulation utilisées ont été normalisées et ont ainsi défini plusieurs types de modems. En voici quelques exemples:

- Modem V 21

Transmission à 300 bit/s par modulation de fréquence.

- Modem V 26

Transmission à 2 400 bit/s par modulation de phase tétravalente.

- Modem V 27

Transmission à 4 800 bit/s par modulation de phase octovalente.

- Modem V 29

Transmission à 9 600 bit/s par modulation de phase et d'amplitude.

Remarques:

1)- Le nombre d'états d'une grandeur physique utilisée pour transmettre l'information définit la valence d'une voie.

Exemples: ( Voir figure 5 ).

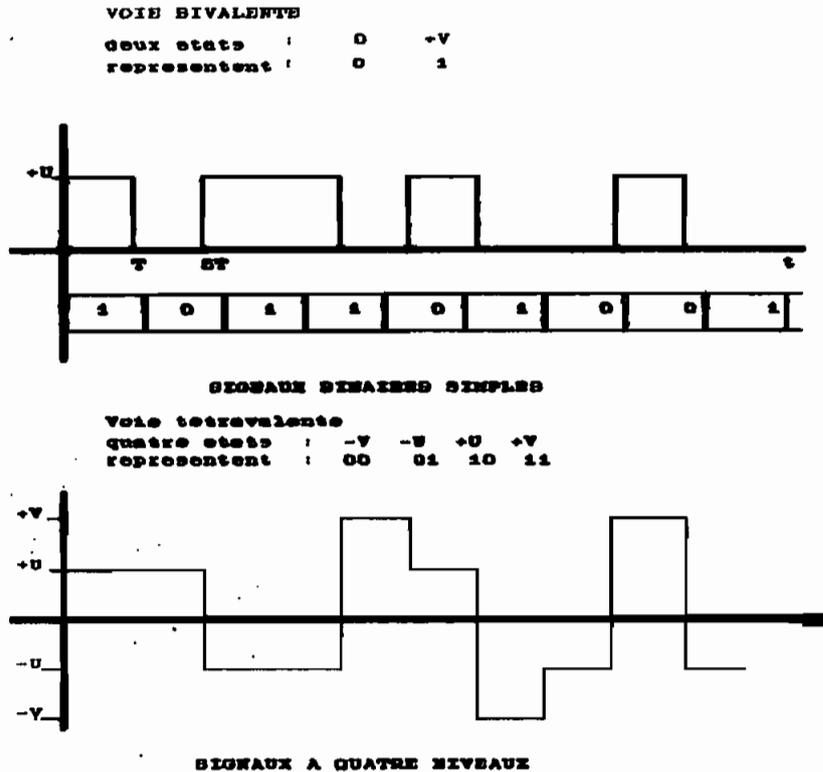


FIG 5

2)- La modulation de fréquence est utilisée pour la transmission à faible vitesse sur voies à large bande passante ( gamme de fréquence acceptée par la voie ).

3)- La modulation d'amplitude ou de phase est utilisée pour la transmission à grande vitesse avec signal à faible largeur de bande.

I-1-5: Modes de transmission

I-1-5-1: Synchronisation des échanges

Le récepteur, pour comprendre le signal envoyé par l'émetteur, doit examiner les valeurs des signaux ( échantillonnage ) à des instants bien précis.

Il existe deux techniques de transmission de l'information pour résoudre ce problème de l'échantillonnage du message par le récepteur: la transmission synchrone et la transmission asynchrone.

### 1) Transmission synchrone.

Émetteur et récepteur se synchronisent en début d'échange et maintiennent cette synchronisation selon deux possibilités:

- l'émetteur et le récepteur ont la même horloge, il n'y a donc pas de problème de synchronisation. Ceci est réservé aux très courtes distances: les ordinateurs, les périphériques.

- ils ont deux horloges différentes qu'il va falloir maintenir en phase. On utilise pour cela les changements d'état que provoque la transmission des informations.

Mais il peut se poser un problème de dérive temporelle lors de la transmission d'information sans changement d'état ( dans de grandes suites de 0 ou de 1 ). On a alors recours à des procédés de codage de l'information qui les éliminent.

### 2) Transmission asynchrone

Dans ce mode, il n'y a pas de référentiel temporel commun. La synchronisation des horloges est effectuée à l'envoi de chaque caractère.

Il faut donc un signal spécial pour indiquer au récepteur le moment où il doit commencer à prélever les valeurs.

C'est le cas de la transmission START - STOP.

### 3-a: Synchrone

Cette méthode est utilisée pour les transmissions rapides sur de grandes distances.

### 3-b: Asynchrone

C'est une méthode utilisée pour les transmissions irrégulières ou à faible débit. De manière générale pour des événements se produisant à des instants aléatoires (frappe d'un caractère sur un terminal, ...). Cette méthode est assez pénalisante puisqu'il y a transmission de bits (start, stop ...) en plus des bits d'informations, ce qui diminue le débit utile.

#### I-1-5-2: Transmission série / parallèle

Sur les lignes de transmission, on ne parle que de suite de bits. Or les données sont codées sur des mots (8, 16, 32 bits..) dans l'ordinateur.

Il faut donc que cette structure se retrouve au niveau de chaque entité.

Il y a deux possibilités pour résoudre ce problème:

#### 1)- La transmission en parallèle

Les bits d'un mot sont transmis simultanément en parallèle. (Voir figure 6)

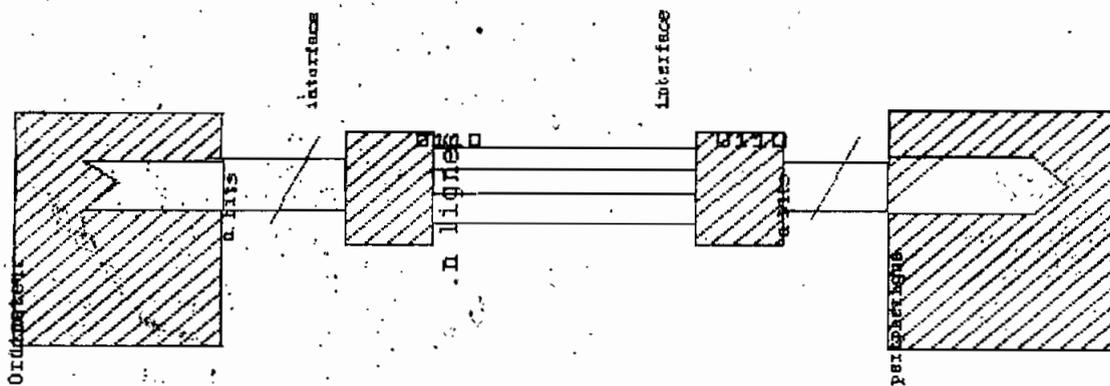


FIG 6

Cette technique nécessite au moins autant de voies que de bits uniquement en bande de base entre ordinateurs et périphériques pour liaisons ordinateurs / imprimante, disque dur...

2)- La transmission en série

Les bits d'un mot sont transmis les uns après les autres en série. (Voir figure 7)

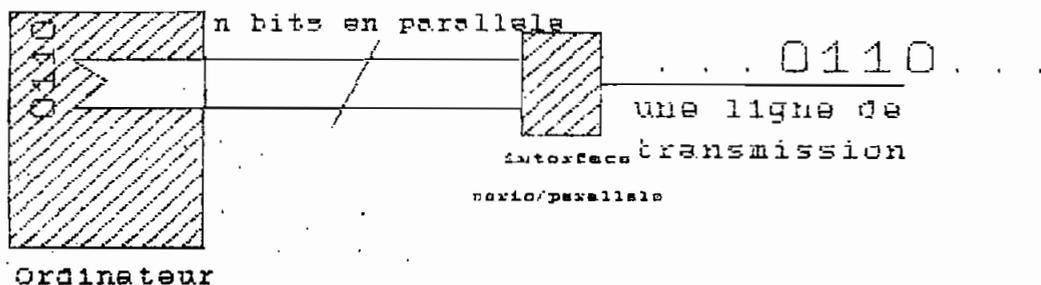


FIG 7

Une seule voie suffit. Cette méthode est bien sûr plus lente mais moins coûteuse.

Il faut un dispositif appelé sérialiseur ou désérialiseur qui effectue la conversion parallèle - série.

I-1.6: Les problèmes de normalisation

La transmission est une opération complexe, et de nombreuses solutions existent. Une normalisation très stricte est donc nécessaire pour que différents types de matériels puissent communiquer. Pour cela, le CCITT a mis au point deux séries de normes.

La série V est réservée aux transmissions de données dans le téléphone.

La série X désigne les réseaux de communications de données.

### Terminologie

On appelle ETTD l'ordinateur ou le terminal.

On appelle ETCD le dispositif adaptant le signal à transmettre (émis par l'ETTD) à la nature du support (le modem est un ETCD). ( Voir figure 8)

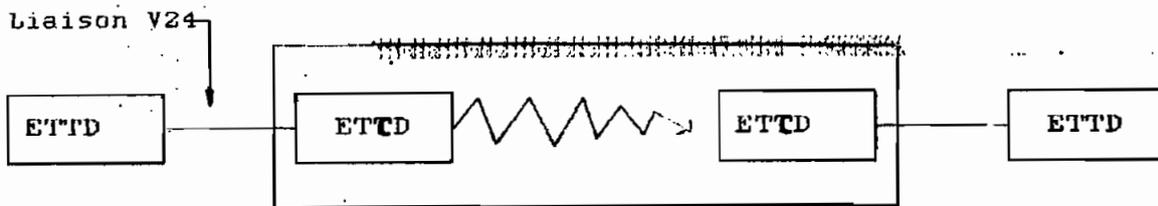


FIG 8

Ceci est transparent aux unités qui communiquent. Tout se passe comme si elles étaient directement reliées.

### Exemples de normes V

#### Avis V 22

C'est la normalisation des débits des transmissions .

- transmission asynchrone: 300, 600, 1 200 bits/s.
- transmission synchrone: 600, 1 200, 2 400, 4 800, 9 600, 19 200, 48 000, 56 000, 64 000, et 72 000 bits /s.

## Avis V 24

Elle définit l'interface entre les ETTD et les modems. Elle gère l'établissement et la libération de connexion téléphonique et définit les jonctions électriques entre ETTD et ETCD.

L'avis V 24 permet également de relier directement, sans utiliser de modems, deux ordinateurs très proches l'un de l'autre. On parle alors de liaison null - modems.

### I-2: Réseau SENPAC

#### I-2-1: Principe

Les séquences de données provenant d'une installation d'abonné ( terminal ou ordinateur ) sont découpées en courts tronçons appelés "paquets". Ceux - ci sont accompagnés d'informations de service qui les identifient de façon à permettre leur acheminement à travers le réseau vers la destination choisie . Une fois arrivés, les paquets sont délivrés des informations de service. Les messages se trouvent ainsi automatiquement reconstitués.

SENPAC utilise le principe du circuit virtuel. Une liaison logique est établie à travers le réseau entre deux correspondants. Ce qui permet la transmission de séquences de données sans restriction de longueur, ni de nature .

SENPAC constitue un réseau distinct des réseaux téléphoniques et télex. Il offre un service support, c'est -à-dire assurant uniquement le transport des informations.

Dans sa première phase , le réseau SENPAC est utilisable dans les régions de Dakar et Thiès.

La liaison entre Dakar et Thiès est assurée par deux lignes intercomutateurs de 9 600 bits/s doublées. Ces liaisons, l'une en câble coaxial et l'autre en faisceau hertzien, permettent le trafic entre deux commutateurs. L'accès aux réseau international

est réalisé par câble sous-marin jusqu'au N.T.I. de Paris ( voir en annexe 1 figure 9)

Les circuits virtuels ont des caractéristiques suivantes:

- Possibilité d'échanges simultanés dans les deux sens ( full duplex )

- Conservation de l'ordre d'arrivée des paquets.

- Contrôle de flux: mécanisme qui permet d'interconnecter des terminaux de vitesses différentes.

- Accès multivoie: un équipement connecté au réseau par une seule liaison physique peut communiquer avec plusieurs correspondants sur plusieurs circuits virtuels indépendants.

L'objectif de SENPAC est de répondre à la plus grande partie des besoins de communication de données quelque soient les applications et les équipements informatiques utilisés.

Seulement, les câbles coaxiaux posent des problèmes de maintenance et sont soumis aux phénomènes de fatigue.

Le décrochage du faisceau hertzien entraîne également une mauvaise propagation du signal.

Tous ces défauts techniques occasionnent des coupures fréquentes de ligne téléphonique.

C'est ainsi que lors des essais effectués à l'E.P.T., nous avons eu à perdre des temps de connexion de même que les données transférées.

#### I-2-2: Interfaces normalisées

La recommandation X.25 du CCITT normalise l'interface d'accès aux réseaux de communication de données par paquets.

Les terminaux fonctionnant en mode caractère, comme les "télé-imprimeurs télex" peuvent accéder à SENPAC sans adaptation particulière conformément aux recommandations

X.3, X.28 et X.29 du CCITT.

La recommandation X.32 ( version d'X.25 adaptée à l'accès par le réseau commuté téléphonique ) est offert sur le réseau SENPAC.

La normalisation des modes d'accès aux réseaux de communication de données par commutation de paquets facilite la connexion aux autres réseaux étrangers de communication de données.

#### Protocole d'accès pour terminaux synchrones ( X.25 )

Le protocole d'accès à SENPAC en mode paquet pour terminaux synchrones ( X.25 ) est conforme à la recommandation X.25 du CCITT qui constitue la norme dans le domaine des réseaux publics de commutation par paquets.

L'accès de l'abonné à son commutateur de rattachement se fait par une liaison spécialisée point-à-point équipée de modems. La transmission est mode synchrone et duplex intégral.

X.25 comporte trois niveaux indépendants de protocoles ou interfaces:

- le niveau paquet.
- le niveau trame.
- le niveau physique.

Le niveau paquet gère les circuits virtuels que l'abonné établit avec divers correspondants. Cette gestion concerne l'établissement et la libération des circuits virtuels, le contrôle du transfert de données sur chaque circuit virtuel, adressage des différents correspondants, contrôle de flux, etc...

Le niveau trame est conforme à la norme HDLC établie par l'ISO pour la commande des liaisons de données.

Ce niveau ajoute des octets supplémentaires en tête et à la fin des divers paquets - constituant ainsi une trame HDLC - pour contrôler leur transmission sur la liaison de raccordement de l'abonné au réseau.

Le niveau physique concerne la jonction physique entre l'équipement d'abonné et le modem fourni par le réseau SENPAC. Cette jonction est conforme aux recommandations du CCITT:

- V 24 et V 28 pour les modems à moins de 19 200 bits/s.
- V 35 pour les raccordements à 48 000 bits/s.

Les procédures d'accès pour terminaux asynchrones (X.28) mode caractère sont normalisées par le CCITT dans les recommandations X.3, X.28 et X.29.

\* X.3 définit l'ensemble des paramètres de l'ADP. En effet, afin d'assurer une adaptation optimale des caractéristiques du terminal à celles du réseau, l'ADP est muni d'un certain nombre de paramètres spécifiant les caractéristiques du terminal et les caractéristiques de transmission demandées par celui-ci.

\* X.28 définit la procédure d'échange entre le terminal et l'ADP.

\* X.29 définit la procédure de commande de l'ADP par un terminal X.25.

(Voir annexe 2 figure 10 )

### I-2-3: Les différents types d'accès à SENPAC

#### a) Les types de terminaux

Les terminaux raccordables à SENPAC sont groupés en deux catégories principales.

##### 1) Les terminaux en mode Paquet: ETTD-P

Ces terminaux sont conformes à l'Avis X.25 du CCITT. Ils travaillent en mode synchrone et utilisent les classes de raccordement 2 400, 4 800 et 9 600 bits/s. Le terminal assemble lui-même et d'une manière automatique les signaux en paquets et les transmet sous cette forme au central. Celui-ci n'a donc pas à intervenir dans la formation des paquets.

## 2) Les terminaux en mode Caractère: ETTD-C

Ces terminaux sont conformes à l'Avis X.28 du CCITT. Ils opèrent en mode asynchrone et utilisent les classes de raccordement comprises entre 50 et 1 200 bits/s. Le terminal peut être une imprimante, une unité de visualisation ou une combinaison des deux. Ils sont utilisés notamment pour l'interrogation en ligne.

Ces terminaux transmettent des caractères, comme dans une transmission classique sur le réseau téléphonique commuté. L'assemblage et la transformation de ces caractères en paquets sont effectués dans le central SENPAC par la fonction ADP.

### b) Les types de raccordement

#### b-1 Raccordements directs ( LS )

Cet accès consiste en un raccordement point-à-point au central. Il est donc à la disposition permanente de l'utilisateur. L'équipement de l'abonné est relié à un commutateur SENPAC par une ou plusieurs liaisons spécialisées. Un raccordement direct peut-être en mode Caractère ou en mode Paquet.

#### 1) Raccordement direct en mode Paquet ( LS-X.25 )

Le raccordement direct en mode Paquet ( duplex, 4 fils, jonction V.24 ) est réglée par l'Avis X.25 du CCITT.

Ces raccordements sont utilisés avant tout par les ordinateurs car ils permettent de gérer simultanément plusieurs communications. Les classes de raccordements 2 400, 4 800 et 9 600 bits/s sont offertes.

#### 2) Raccordement direct en mode Caractère ( LS-X.28 )

Un accès direct en mode caractère aboutit sur la fonction ADP du commutateur SENPAC. Les échanges ont lieu en mode Caractère. L'assemblage et le désassemblage de ces caractères en paquets

sont effectués par la fonction ADP du commutateur.

Les classes de raccordement de 75 à 1 200 bits/s sont offertes.

#### b-2 Raccordements indirects ( RTC )

En appelant le numéro téléphonique d'un accès SENPAC, on peut établir une liaison numérique entre un ETTD et un commutateur SENPAC, par l'intermédiaire du réseau téléphonique commuté.

Ce raccordement peut se faire en mode synchrone ou en mode asynchrone.

##### 1) Accès synchrone par le réseau téléphonique commuté ( RTC-X.25 / ou X.32 )

Ce service permet de transmettre sur SENPAC à 2 400 bits/s et 4 800 bits/s sans avoir à établir une connexion permanente par ligne spécialisée ( dite raccordement direct ). Celle-ci est remplacée par une liaison téléphonique commutée, établie et rompue en fonction des besoins, entre l'utilisateur et l'un des trois types suivants de dispositifs d'accès sur les commutateurs SENPAC:

##### 1-1) Entrées banalisées synchrones ( EBS )

Une fois la liaison téléphonique établie, on peut établir une communication SENPAC vers un abonné quelconque du réseau. Il faut donc effectuer deux numérotations successives, la première sur le RTC et la deuxième sur le réseau de paquets.

##### 1-2) Entrées réservées synchrones ( ERS )

Un numéro téléphonique est attribué à un abonné. Lorsqu'une liaison téléphonique est établie vers ce numéro, le réseau établit automatiquement un circuit virtuel avec un abonné prédéterminé.

### 1-3) Sorties banalisées synchrones ( SBS )

Elles permettent à un abonné direct de SENPAC de sortir vers le réseau téléphonique commuté, en plaçant dans l'adresse d'appel SENPAC le numéro téléphonique visé. Le réseau SENPAC se charge alors de l'appel automatique sur le réseau téléphonique.

### 2) Accès asynchrone par le réseau téléphonique commuté ( RTC-X.28 )

Ce service permet de transmettre sur SENPAC à 300 et 1 200 bits/s en protocole X.28, sans avoir à établir une connexion permanente par ligne spécialisée. Celle-ci est remplacée par une liaison téléphonique commutée, établie et rompue en fonction des besoins, entre l'utilisateur et un commutateur du réseau SENPAC. Etant en liaison avec le commutateur SENPAC, l'utilisateur peut alors composer le numéro de l'abonné du réseau auquel il souhaite être connecté et disposer ainsi d'un circuit virtuel le temps que dure la communication.

### 3) Accès vidéotex

Les accès offerts sur les coupleurs asynchrones du réseau peuvent être individuellement spécifiés en mode asynchrone standard ( ADP ) ou en mode vidéotex.

Le profil 30 de l'ADP est le profil adapté au codage vidéotex. Un terminal vidéotex peut accéder au réseau par liaison spécialisée ou par RTC.

On distingue trois types de communication vidéotex:

- la demande d'informations actualisées;
- le "dialogue" avec les ordinateurs;
- le service de messages ( boîtes aux lettres électroniques).

Le réseau permet, d'autre part, le raccordement des serveurs en X.25.

## CHAPITRE II: ETUDE DE L'IMPLANTATION D'UNE STATION TERRIENNE A ANTENNE PARABOLIQUE A L'E.P.T.

Toute formule de télécommunications par satellite doit partir de l'utilisation de stations terriennes peu coûteuses. Le rôle essentiel de ces dernières consiste à émettre et à recevoir des porteuses en radiofréquences dont la modulation transporte le signal de communication proprement dit.

### II-1: Configuration de la station terrienne

Pour les petits DOMSAT, les standards D-1 et D-2 ( IESS-204 et IESS-305 ) sont utilisés pour le service VISTA D'INTELSAT.

Les stations au standard D-1 offrent de petites capacités ( 1 à 12 circuits ) et sont munis généralement d'une antenne de 5m de diamètre.

Elles sont utilisées en stations périphériques, soit d'un réseau DOMSAT, soit d'une liaison internationale de faible capacité.

### II-1-1: Schéma fonctionnel d'une station terrienne type de la classe D-1

Une station terrienne classe D destinée à la fourniture de services LDTS comprendra normalement:

- une antenne parabolique et sa source d'alimentation,
- des lignes de transmission RF,
- un ou plusieurs émetteurs RF,
- un ou plusieurs préamplificateurs à faible bruit à la réception,
- l'équipement bande de base à fréquence radioélectrique,
- l'équipement fréquence radioélectrique à bande de base,
- un dispositif de pointage d'antenne ou d'orientation du faisceau.

## II-1-2: Fonctions des différents équipements de la station

(Voir figure 11)

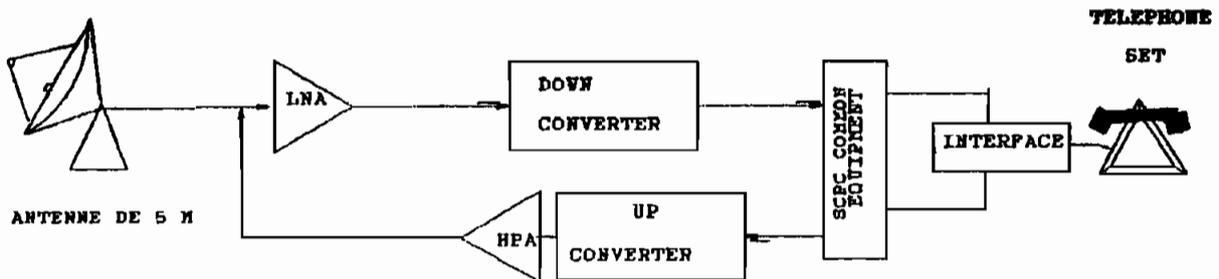


FIG 11 COMPOSANTES STANDARDS D'UNE STATION TERRESTRE CLASSE D-1

### Antenne

Une antenne est un dispositif de couplage entre une ligne de transmission et l'espace environnant. Ces dispositifs peuvent être classés en deux grandes familles: les fils rayonnants et les surfaces rayonnantes.

Dans le domaine des faisceaux hertziens de fréquence supérieure à 1Ghz, on utilise comme antenne des surfaces rayonnantes. Elles sont assimilables au point de vue radioélectrique, à une ouverture percée dans un plan opaque. A l'émission, cette ouverture rayonne, tandis qu'à la réception, elle capte les rayons incidents.

### Amplificateur à faible bruit

Dans les télécommunications par satellite où le signal reçu est très faible ( -80 à -100 dBm ), il est utile de disposer d'un système d'amplification qui ne va pas ajouter du bruit dans ce signal déjà très faible.

La faiblesse de ce signal est due à la distance très éloignée où se trouve le satellite ( 36 000 km ) par rapport à la terre, le niveau du signal émis par le satellite vers la terre.

Pour parer à cet inconvénient, il est utilisé dans les stations terriennes des amplificateurs à faible bruit.

#### Modulateur

La transmission de signaux sur des distances limitées doit utiliser un support, ou véhicule de liaison qui sera le plus souvent une onde électromagnétique. Cette onde servira de signal de base au signal qu'elle transporte. Pour cette raison on l'appellera onde porteuse.

Ainsi le rôle du modulateur consiste à modifier les caractéristiques de l'onde porteuse en fonction du signal que l'on désire transmettre.

#### Démodulateur

Le démodulateur, à l'inverse du modulateur, a pour fonction de séparer à la réception, l'onde porteuse du signal afin de le récupérer.

#### Abaisseur de fréquence

Le signal reçu par l'antenne est en radiofréquence ( 4 Ghz ). Avant démodulation, ce signal doit être converti en signal de fréquence intermédiaire ( 70 Mhz ).

Cette conversion de radiofréquence en fréquence intermédiaire est le rôle de l'abaisseur de fréquence.

#### Elevateur de fréquence.

Contrairement à l'abaisseur de fréquence, l'élevateur de fréquence assure à l'émission la conversion de la fréquence intermédiaire en radiofréquence.

#### Amplificateur de puissance

Le signal issu des équipements terminaux est très faible. Il est de l'ordre du picowatt. Avec les différentes pertes au niveau des lignes de transmission d'une part et dans l'espace d'autre part, il est indispensable que ce signal soit largement amplifié.

## II-2: Dimensionnement de la station terrienne

A qualité donnée, les performances intrinsèques du satellite-puissance et bande de fréquences disponibles-conditionnent directement le dimensionnement des stations terriennes. Les satellites actuels, pourvus d'antennes très directionnelles, sont capables de rayonner des puissances importantes. Ces satellites permettent d'équiper les stations terriennes avec des antennes de faible diamètre ( 5 à 1 m ) ne nécessitant pas une infrastructure lourde.

### II-2-1: Choix du site et système d'orientation de l'antenne

Le principe de fonctionnement des liaisons par satellites est le même que celui des liaisons hertziennes. Les faisceaux hertziens sont des supports de transmission utilisant les ondes radioélectriques de fréquence élevée pour rétablir des liaisons point-à-point.

Un satellite géostationnaire est un satellite géosynchrone dont l'orbite circulaire est située dans le plan équatorial. Les caractéristiques principales de l'orbite sont les suivantes:

Rayon: 42 164 km

Altitude: 35 930 km

Période orbitale: 23 heures, 56 minutes et 1 seconde

Vitesse: 3 075 m/s.

La direction de l'axe d'un faisceau d'antenne ne peut être déterminée que lorsque l'emplacement de la station terrienne et la longitude du satellite avec lequel la station travaillera sont connus.

Les deux angles nécessaires pour le pointage de l'antenne sont les angles de site  $\alpha$  et d'azimut  $\beta$ .

$$\alpha = \text{Arctg} \frac{\left( \cos l * \cos L - \frac{r}{r + R} \right)}{\left( 1 - \cos^2 l * \cos^2 L \right)^{1/2}} \quad ( 1 )$$

$$\beta = \text{Arctg} \left( \text{tg} L / \sin l \right) \quad ( 2 )$$

avec:

l: latitude de la station

L: écart de longitude entre la station et le méridien du satellite

R: distance satellite-terre = 36 423 Km

r: rayon de la terre = 6 378 Km

Les antennes installées doivent être conçues de façon à permettre un changement radical du pointage de l'axe radioélectrique. En effet, à une époque ultérieure de la durée de vie de l'antenne, il pourrait être souhaitable d'utiliser celle-ci avec un satellite positionné à une longitude différente.

Les stations terriennes de la classe D-1 sont équipées d'antennes à grande ouverture. De ce fait, même s'elles n'ont pas de systèmes de poursuite, elles ne courent que peu de risques d'interruption lorsqu'il sera nécessaire de transférer les services sur un autre satellite.

Par ailleurs, nous avons choisi d'installer la station terrienne derrière la bibliothèque. ( Voir annexe 3 figure 12 et annexe 4 figure 13)

L'angle de site qui est par définition l'élevation de l'antenne au dessus de l'horizon est évalué à 70 AU Sénégal.

La latitude  $\phi$  de la région de Thiès étant de 17 N, la résolution de l'équation ( 1 ) nous donne un écart de longitude L de 25.84 W.

En utilisant cette longitude dans l'équation ( 2 ), nous trouvons un angle d'azimut géographique de 58.88 W ou 301.12 E.

Par définition, l'azimut géographique est l'angle horizontal formé par une direction avec le méridien du lieu qui a pour référence le nord géographique.

#### II-2-2: Choix de la bande de fréquence

L'un des paramètres les plus déterminants des stations terriennes de télécommunications par satellite est la température de bruit du système. Plus celle-ci est faible, meilleur sera le facteur de mérite.

Des études menées en télécommunications ont prouvé que, dans les pays tropicaux, cette condition n'est remplie qu'en fonctionnant dans la bande C.

Le système de source doit pouvoir couvrir entièrement les bandes RF d'émission et de réception à savoir:

- émission: 5.925 à 6.425 Ghz sur la liaison montante.
- réception: 3.700 à 4.200 Ghz sur la liaison descendante.

Les stations terriennes doivent être équipées de changeurs de

fréquences pour fonctionner n'importe où dans les bandes indiquées ci-dessus. Ceci leur permet de disposer d'une souplesse opérationnelle suffisante lors du passage d'un plan de fréquences à un autre et en cas de situation d'urgence.

Un changeur de fréquence doit avoir une largeur de bande minimale de 36 Mhz et couvrir la bande du répéteur avec lequel travaille la station.

### II-2-3: Choix du diamètre de l'antenne parabolique

Dans le cadre de nos applications qui consistent essentiellement à établir des liaisons internationales à faible trafic, la technologie des "DOMSAT" nous impose un diamètre d'antenne de 5m.

### II-2-4: Calcul du gain de l'antenne

Le gain d'une antenne est défini comme étant l'augmentation relative en puissance réalisée au foyer de l'antenne.

Le gain peut être défini, pour une même puissance reçue, par:

$$G = \frac{\text{Intensité maximale rayonnée par l'antenne}}{\text{Intensité rayonnée d'une antenne isotrope}}$$

Il peut également être défini par:

$$G = \frac{\text{Puissance que l'antenne fournit au récepteur}}{\text{Puissance que l'antenne aurait fourni au récepteur si la transmission était isotrope}}$$

Ainsi pour une antenne parabolique, nous avons la formule du gain suivante:

$$G = \eta * \frac{4 * \pi * f^2 * A}{c^2}$$

$\eta$  = rendement de l'antenne ( typiquement  $\eta = .55$  )

d = diamètre de l'antenne

$\lambda$  = longueur d'onde

c = vitesse de la lumière (  $c = 2.99 * 10^8$  m/s )

$$f = \frac{c}{\lambda} = \text{fréquence porteuse}$$

$$A = \frac{\eta * d^2}{4} = \text{aire d'ouverture de l'antenne de transmission}$$

Lorsque la fréquence du signal reçu ou émis et le diamètre de l'antenne sont respectivement exprimés en gigahertz et en mètres, nous avons pour un rendement d'antenne de .55:

$$G \text{ ( en dB )} = 10 * \log ( 60.7 * f^2 * d^2 )$$

Ainsi pour notre station, le gain de l'antenne sera:

- à la réception

$$G = 10 \log( 60.7 * 4^2 * 5^2 ) = 43.85 \text{ dB}$$

- à l'émission

$$G = 10 \log( 60.7 * 6^2 * 5^2 ) = 47.37$$

Graphiquement, la figure 14 (Voir annexe 5) nous donne des gains de 44 et 48 dB respectivement pour la réception et pour l'émission.

Pour les stations DOMSAT de la classe D-1, le gain de l'antenne à l'émission mesuré à la source de l'antenne sera au moins égal à:

$G_{\text{mini}} = 46.6 - .06*(\alpha - 30)$  dB à 6 Ghz;  $\alpha$  étant l'angle d'élevation de l'antenne.

Pour notre cas  $\alpha = 70$  ; ce qui nous donne:

$$G_{\text{mini}} = 46.6 - .06*(70 - 30) = 44.2 \text{ dB.}$$

Ceci montre que le gain de notre antenne est conforme aux normes IESS-204.

#### II-2-5: Calcul de la puissance isotrope rayonnée équivalente

La PIRE d'une station terrienne est exprimée par:

$$\text{PIRE} = P * G \text{ ou } \text{PIRE (en dBW)} = P \text{ (en dBW)} + G \text{ (en dBW).}$$

P = puissance d'émission de la station ou de l'amplificateur à haute puissance.

G = gain de l'antenne.

Pour une station de la classe D-1 travaillant sous un angle de site différent de 30 , nous avons:

$$\text{PIRE} = 56.6 - .06*(\alpha - 30).$$

Pour notre cas, avec un angle  $\alpha$  de 70 , nous avons:

$$\text{PIRE}_{\text{mini}} = 56.6 - .06*(70 - 30) = 54.2 \text{ dBW.}$$

#### II-2-6: Choix de l'amplificateur à haute puissance

A partir du tableau 1, nous avons choisi un HPA de 10 watts qui nous donne une PIRE de 57.27 dBW.

**Tableau 1**

BANDE-C : PIRE ( dBw )						
Diamètre ( m )	Puissance HPA ( Watts )					
	10	25	50	75	125	400
3.5	54.5	58.5	61.5	63.3	65.5	70.5
4.6	56.6	60.6	63.6	65.4	67.6	72.6
6.1	59.1	63.1	66.1	67.9	70.1	75.1
7.0	61.4	65.4	68.4	70.2	72.4	77.4
8.0	62.4	66.4	69.4	71.2	73.4	78.4
9.0	63.0	67.0	70.0	71.8	74.0	79.0

**II-2-7: Calcul du facteur de mérite de la station terrienne**

La performance d'un satellite ou d'une station terrienne est évaluée par son facteur de mérite. Ce facteur est par définition le rapport entre le gain de l'antenne à la réception et la température de bruit du système.

Pour une station standard D-1 fonctionnant dans la bande C, le facteur de mérite est donné par la formule suivante:

$$\frac{G}{T} \geq 22.7 + 20 \cdot \log \frac{f}{4} ; f \text{ étant la fréquence de réception}$$

en Ghz.

La fréquence de réception étant de 4 Ghz , le facteur de mérite de la station terrienne vaut:

$$\frac{G}{T} = 22.7 \frac{\text{dB}}{\text{°K}}$$

## II-2-8: Calcul de la température de bruit et du facteur de température

Dans les systèmes terrestres, la puissance du bruit généré dans les équipements, ou plus généralement dans les systèmes de transmission, est spécifiée en termes de facteur de bruit.

Le facteur de bruit est défini comme étant le rapport entre la puissance maximale de bruit utilisable à la sortie du récepteur et la puissance de bruit qui serait utilisable à la sortie dans le cas où le récepteur ne serait pas bruyant et où la seule source de bruit serait une résistance pure à la température ambiante placée à l'entrée du récepteur.

Le facteur de bruit est donné par la formule suivante:

$$NF = 1 + \frac{T_e}{T_o} \quad ( 1 )$$

$T_e$  = température équivalente de bruit qui est la température thermodynamique de la résistance pure, source de bruit, qu'il conviendrait de brancher à l'entrée du récepteur supposé ne pas créer de bruit pour obtenir à la sortie le même bruit que celui normalement créé par le récepteur considéré.

$T_o$  = température de bruit de l'antenne qui est la température de l'espace entourant l'antenne.

Pour les faibles températures équivalentes de bruit ( moins de  $100^\circ K$  ), on a la relation suivante:

$$T_e = 70 * NF \quad ( 2 )$$

En utilisant la relation ( 2 ) dans l'équation ( 1 ) nous obtenons:

$$NF = 1 + \frac{70*NF}{T_0}; \text{ d'où } NF = \frac{T_0}{T_0 - 70}$$

La température ambiante moyenne au Sénégal étant de 298°K, nous avons:

$$NF = \frac{298}{298 - 70} = 1.307$$

$$T_e = 70*1.307 = 91.49 \text{ K}$$

En utilisant la figure 15 ( Voir annexe 6) nous avons pour un angle d'élévation de 70 , un diamètre d'antenne de 5 m et un facteur de mérite de 22.7 dB/K, une température de bruit de 90 K. Ceci nous donné un facteur de bruit de:

$$NF = 1 + \frac{90}{298} = 1.302$$

Nous choisissons du tableau 2 un LNA de 80 K qui nous donne un facteur de bruit de:

$$NF = \frac{80}{70} = 1.143$$

Tableau 2

ANTENNES DE LA BANDE C ( f = 4/6 GHz )

Diamètre (m)	Gt (dB)	Gr (dB)	G/T ( = 10 )							
			LNA :	T = 80	T = 70	T = 65	T = 50	T = 45	T = 40	T = 35
3.5	44.8	42.0		20.5	20.8	21.0	21.6	21.9	22.1	22.4
4.6	47.0	43.7		22.2	22.5	22.7	23.3	23.6	23.8	24.1
6.1	49.5	46.7		25.2	25.5	25.7	26.3	26.6	26.8	27.1
7.0	51.0	47.9		26.4	26.7	26.9	27.5	27.8	28.0	28.3
8.0	52.6	49.5		28.0	28.3	28.5	29.1	29.4	29.6	29.9
9.0	53.1	50.2		28.7	29.0	29.2	29.8	30.1	30.3	30.6
11.0	55.2	52.1		30.6	30.9	31.1	31.7	32.0	32.2	32.5
13.0	56.6	53.7		32.2	32.5	32.7	33.3	33.6	33.8	34.1
15.2	58.3	55.1		33.6	33.9	34.1	34.7	35.0	35.2	35.5
18.0	59.8	56.5		35.0	35.3	35.5	36.1	36.4	36.6	36.9

II-2-9: Calcul des pertes de puissance dans l'espace

La perte de puissance d'une onde radioélectrique dans l'espace est donnée par:

$$Lfs = \frac{(4\pi R^2 f^2)^2}{c^2}$$

f = fréquence de l'onde radioélectrique

c = vitesse de la lumière ( 2.99\*10<sup>8</sup> m/s )

R = distance parcourue dans l'espace

Pour un angle d'élevation différent de 90°, nous avons:

$$R = [ (h+r)^2 + r^2 - 2*r*(h+r)*\cos\theta ]^{1/2}$$

r = rayon de la terre = 6 378 km

h = altitude du satellite = 35 930 km

θ = angle centrale

Pour un angle d'élevation de 70°, la figure 16 (Voir annexe 7) nous donne une distance R de 36 422.667 km et un angle θ de 18°.

Par le calcul, nous avons:

$$R = [(35\,930 + 6\,378)^2 + (6\,378)^2 - 2 \cdot 6\,378 \cdot (35\,930 + 6\,378) \cdot \cos(18^\circ)]^{1/2} = 36\,295.71 \text{ km}$$

Ainsi, à l'émission, nous avons des pertes en dB de:

$$L_{fse} = 20 \cdot \log \left( \frac{4 \cdot 3.14 \cdot 6 \cdot 36\,295.71}{2.99 \cdot 10^9} \right) = 199.22 \text{ dB}$$

De même, pour la réception, nous avons des pertes de:

$$L_{fsr} = 20 \cdot \log \left( \frac{4 \cdot 3.14 \cdot 4 \cdot 36\,295.71}{2.99 \cdot 10^9} \right) = 195.70 \text{ dB}$$

Pour un angle d'élevation de 90°, la figure 17 (Voir annexe 8) nous donne des pertes respectives de 199 et 195.5 dB à l'émission et à la réception.

Pour des angles d'élevation différents de 90°, ces valeurs graphiques doivent être majorées. Ainsi pour notre angle d'élevation de 70°, en interpolant entre 90° et 45°, nous trouvons une majoration de .2 dB.

Ce qui nous donne des pertes effectives de 199.2 dB à l'émission et 195.7 dB à la réception.

#### II-2-10 Calcul de la densité de bruit

Le terme densité de bruit se réfère à la puissance du bruit présent dans une largeur de bande de 1 Hz. Cette densité est exprimée par la formule suivante:

$N_0 = k \cdot T_e$

$N_0$  = densité du bruit

$k$  = constante de Stéphane Boltzmann ( -198.6 dBm/ K/Hz )

Dans notre cas, nous avons une densité de bruit de:

$N_0 = -198.6 \cdot 80 = -15\ 888$  dBm/Hz

II-2-11: Rapport C/N, signal sur bruit en radiofréquence.

De l'entrée du récepteur jusqu'à l'entrée du démodulateur, le signal utile est modulé en fréquence. Le bruit se manifeste par l'effet de capture qui conduit à une rapide dégradation du signal à la démodulation. Il est généralement admis que la valeur minimale de C/N est de l'ordre de 8 dB mais il est conseillé de ne pas descendre en dessous de 12 dB.

Pour se placer nettement au dessus du seuil de capture, la valeur de G/T doit être nettement supérieure à 0 dB.

En SCPC, le seuil nominal fixé de C/N est de 16.5 dB.

## **CHAPITRE III: UTILISATION D'UNE TECHNIQUE**

### **DE TRANSMISSION PAR SATELLITE**

#### **III-1: Choix du satellite géostationnaire**

Les liaisons intercontinentales, utilisées effectivement depuis 1965, ont tendance à utiliser de plus en plus les satellites. Ces derniers, quelque soit leur typed'activité, télécommunication ou télédiffusion, présentent des points communs:

- ils doivent avoir une position fixe par rapport à la terre.

On dit qu'ils sont géostationnaires.

- leur plateforme comporte certains composants nécessaires à:

- \* l'alimentation en énergie.

- \* l'émission, réception: antennes.

- \* la "translation" de la bande de fréquence reçue de la terre vers la bande de fréquence à rémettre: répéteurs.

- le satellite est "atteint " à partir d'une ou plusieurs stations d'émissions terrestres, par un faisceau hertzien modulé en fréquence.

- dans le sens descendant le satellite "arrose" toute une zone géographique dont l'importance est dépendante des caractéristiques du satellite:

- \* puissance rayonnée.

- \* caractéristiques des antennes.

La zone géographique reçoit l'ensemble de la bande de fréquences, ce qui oblige à sélectionner celle que l'on désire.

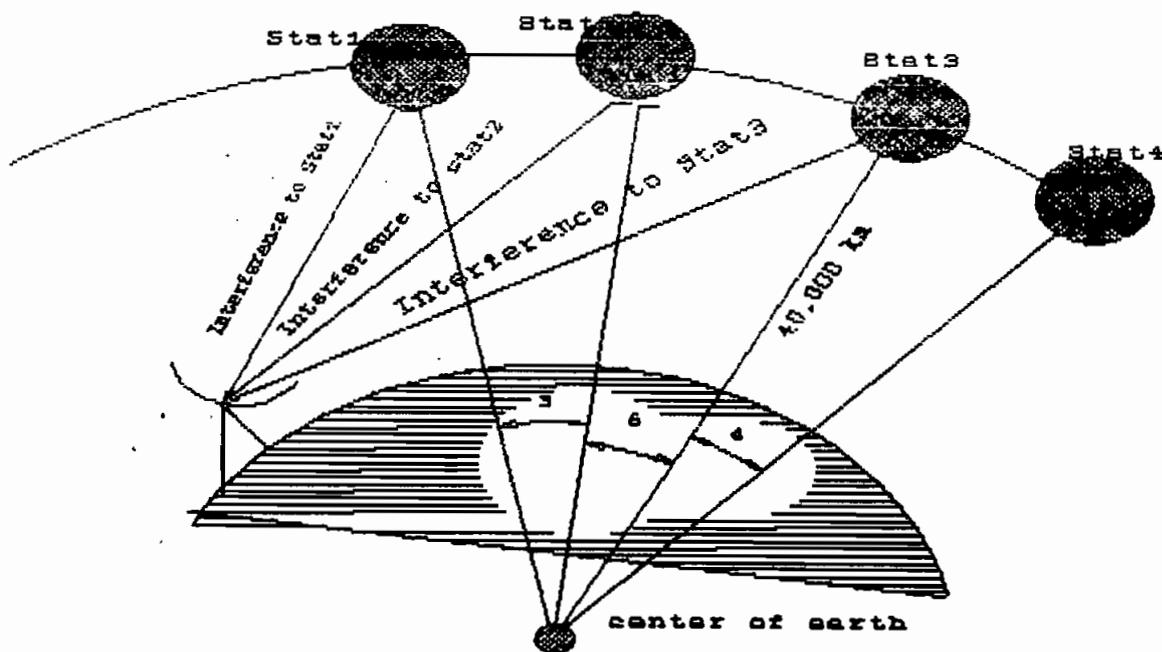
Le satellite de télécommunication a pour objectif de relier

plusieurs sites d'émission ( récepteurs spécialisés au sol ). Ces sites peuvent ensuite acheminer, par les infrastructures terrestres existantes, les communications téléphoniques ou programmes TV par exemple.

Les satellites commerciaux de télécommunications d'INTELSAT se trouvent répartis à travers les trois régions océaniques du globe. Cependant la majorité de ces satellites se trouvent dans la R.O.A. à cause du trafic fort élevé dans cette région.

Les satellites se partagent l'utilisation des allocations spectrales limitées. Pour un arc donné d'une orbite géostationnaire, le nombre de satellites est aussi limité. Afin d'éviter toute interférence, la séparation spatiale requise entre les satellites est de  $3^{\circ}$  à  $6^{\circ}$ .

( Voir figure 18 )



C'est ainsi que dans la R.O.A., nous avons les satellites 307° Est; 325.5° Est; 332.5° Est; 342° Est et 359° Est.

Le choix d'un satellite géostationnaire dépendra essentiellement de sa couverture géographique, de la bande de fréquence utilisée et du type d'application que l'on veut faire.

Dans notre cas, nous fonctionnerons dans la bande C.

( Voir annexe 9 figure 19)

### **III-2 Accès au satellite géostationnaire**

En vertu des dispositions de l'Accord Intelsat, aucune station terrienne ne peut avoir accès au secteur spatial d'Intelsat sans avoir reçu l'approbation nécessaire. La station terrienne doit être conforme aux critères adoptés par Intelsat pour réduire les brouillages entre les stations terriennes et les satellites Intelsat dans lesquels une capacité de secteur spatiale est mise en location.

L'une des spécificités importantes des transmissions par satellite est de permettre l'accès multiple. Chaque station d'un réseau a accès au même répéteur du satellite permettant ainsi, naturellement, les liaisons point-à-multipoint ( diffusion ).

Deux sortes d'accès multiple sont utilisées pour l'affectation des canaux de transmission:

- l'accès multiple préassigné,
- l'accès multiple à assignation à la demande ( DAMA ).

Trois critères distincts sont utilisés pour définir l'accès:

- l'accès multiple à répartition en fréquence ( AMRF ),
- l'accès multiple à répartition dans le temps ( AMRT ),

- l'accès multiple à répartition codée ( AMRC ).

Le choix parmi ces différents types est optimisé en fonction des paramètres du système.

Pour la transmission de données, l'accès le plus couramment utilisé est l'AMRT.

### III-3 Principe de l'AMRT.

Dans un système AMRT toutes les stations transmettent séquentiellement vers le satellite sur une seule porteuse et reçoivent du satellite en saut de fréquence jusqu'à cinq porteuses.

Le principe des sauts de fréquence permet à toutes les stations de communiquer entre elles et donne la possibilité d'accroître la capacité du système sans augmenter le coût des équipements radio.

Le saut de chaque station est synchronisé de telle sorte qu'au moment où il arrive au satellite, il est le seul signal présent. Ainsi il n'y a aucune collision avec le trafic issu de n'importe qu'elle autre station.

Les bords de trafic sont amplifiés par le transpondeur du satellite et retransmis dans un rayon où ils sont reçus par toutes les stations participantes. Ainsi toutes les stations du réseau peuvent recevoir les bords de trafic et en choisir celui destiné à une station particulière.

Le terme "accès multiple" se réfère principalement au fait que n'importe quel nombre de stations participantes peut entrer dans le réseau en occupant des périodes exclusives de bords de

trafic dans la construction de l'AMRT.

L'AMRT offre un certain nombre d'avantages par rapport à l'AMRF satellite à accès multiple. Par exemple, son avantage le plus significatif est la présence d'une seule porteuse dans le transpondeur à un instant donné. L'AMRF nécessite la transmission simultanée de multiples porteuses; réduisant ainsi la capacité disponible des répéteurs.

Le second avantage important est l'utilisation du domaine temporel à la place du domaine fréquentiel pour faire une sélection. Dans un système AMRF, une station terrienne peut transmettre et recevoir sur une multitude de fréquences pour achever un plan de trafic désiré et doit en conséquence pourvoir un grand nombre de convertisseurs de fréquences pour les chaînes sélectionnées. Dans un système AMRT, la sélectivité désirée est accomplie temporellement et non fréquentiellement. Ceci est beaucoup plus simple et moins coûteux comme outil.

L'AMRT convient idéalement aux communications digitales depuis que les signaux digitaux s'accommodent au stockage et aux conversions de vitesses. L'AMRT convient également aussi aux opérations à assignation à la demande dans lesquelles les durées de trafic sont ajustées de façon à s'accommoder à la demande.

Intelsat a introduit un système à AMRT opérant sur des porteuses digitales de 120 Mb/s à 6/4 Ghz. Ce système utilise l'interpolation digitale de la parole pour atteindre 3 000 chaînes pour une fréquence allouée du transpondeur de 80 Mhz dans les satellites internationaux Intelsat-V et Intelsat-VI.

### III-4 Architecture de base de l'AMRT

La construction commence avec un saut de référence et il peut y avoir un second saut de référence pour des raisons de fiabilité. Les repérages des bonds du trafic sont assumés par rapport au moment où débute le bond de référence .

Chaque bond de trafic provient d'une station terrienne et porte le trafic de celle-ci vers toutes les stations destinataires dans une transmission digitale.

Le bond de trafic d'une station A débute à l'instant  $T_a$  après le saut de référence, celui d'une station B à l'instant  $T_b$ , et ainsi de suite. La position et la durée de chaque bond de trafic relativement à celui de référence sont assignées à un protocole établi pour le fonctionnement du système. Il peut s'agir d'un protocole préassigné, dans lequel cas la position et la durée assignées sont changées exceptionnellement et seulement pour un réarrangement global du réseau. Ceci peut être un protocole de demande assignée, dans lequel cas la position et la durée des bonds peuvent être ajustées presque continuellement pour satisfaire la demande du trafic.

Généralement, la vitesse de transmission est déterminée d'une part par la largeur de bande et la puissance disponibles du transpondeur et d'autre part par le facteur de mérite de la station réceptrice. La durée des sauts de trafic dépend strictement du volume de trafic et de la durée du préambule nécessaire pour accommoder le processus de réception, le contrôle du réseau et le signal du service.

### III-5 Équipement terminal AMRT

Un terminal AMRT doit être capable de traiter aussi bien les signaux analogiques que digitaux. Puisque l'AMRT est une méthode inhérente de transmission digitale, les signaux analogiques en bande de base doivent être convertis au préalable dans une forme digitale pour la transmission sur la liaison AMRT. De même, les signaux digitaux en bande de base peuvent nécessiter aussi un traitement additionnel avant la transmission réelle pour réorganiser les canaux ou modifier leur codage et les signaux multiplexés conformément aux recommandations de la liaison de transmission digitale.

Le côté de transmission d'un équipement terminal AMRT doit être pourvu d'un interface de traitement nécessaire pour réaliser la compatibilité avec le réseau terrestre, traiter les signaux d'entrée convenablement pour le mode de transmission par bond et les convertir en signaux RF convenables pour la transmission sur une liaison AMRT. Une fonction analogique est assumée par le côté de réception d'un terminal AMRT. Dans ce cas, le traitement consiste à recevoir le bond AMRT de la liaison RF, traiter digitallement pour convertir les signaux transmis sous forme de signaux terrestres.

L'équipement terminal AMRT est composé de quatre éléments: un équipement terminal commun AMRT ( CTTE ), un équipement d'interface terrestre ( TIE ), le modem de bond ( BM ) et l'équipement terminal radiofréquence ( RFT ).

Le CTTE est responsable de tout contrôle de temps réel et du

traitement de données nécessaires pour acquérir et maintenir l'accès au réseau AMRT.

Le modem AMRT opérant à une fréquence intermédiaire ( typiquement 70 à 140 Mhz ) est utilisé pour convertir le signal digital dans une forme convenable à la transmission par satellite . Les données digitales sont converties en signal de fréquence intermédiaire en utilisant la modulation de phase à deux états. Le signal de fréquence intermédiaire est alors converti par le RFT à la fréquence appropriée pour la transmission à travers le transpondeur.

### III-6 Technique de modulation et de démodulation

Les capacités à transmettre croissant, des études ont porté sur le développement de systèmes dont l'occupation spectrale soit la plus faible possible tout en étant compatibles avec une bonne qualité, donc un coût acceptable.

Il est possible de moduler directement la fréquence à émettre. Mais l'emploi de cette méthode pose des problèmes de stabilité de fréquence et conduit de plus à des structures différentes pour les équipements d'émission-réception.

On préfère en général séparer les fonctions démodulation et d'émission, en modulant une fréquence intermédiaire ( F.I. ). Une transposition réalisée dans l'émetteur permet de passer à la fréquence porteuse radioélectrique. Pour la démodulation, on passe aussi par le stade intermédiaire de la F.I., la transposition étant effectuée par le récepteur.

Le choix de la F.I. résulte d'un compromis. Trop haute, elle rend difficile la réalisation des amplificateurs, alors que trop basse, elle pose des problèmes de filtrage et de linéarité des modulateurs-démodulateurs. Pour la majorité des systèmes, la F.I. est de 70 Mhz et cette normalisation est internationale.

Le développement que connaît le codage numérique des signaux a pour conséquence la mise au point de systèmes spécialement adaptés à ce type de transmission. La majorité des systèmes fonctionne en modulation angulaire qui présente l'avantage d'être peu sensible aux non-linéarités en amplitude des équipements et d'assurer un niveau de sortie du démodulateur indépendant des fluctuations de la propagation. Le choix se porte le plus souvent sur la modulation par déplacement de phase qui est d'une mise en oeuvre aisée.

La modulation cohérente est caractérisée par le fait que la fréquence de la porteuse est un multiple de la fréquence de rythme du signal binaire à transmettre.

Pour la télématique, la modulation de phase à deux états est la plus utilisée. On établit une correspondance entre la valeur de l'élément binaire 0 ou 1 et le déplacement de phase de la porteuse à un instant séparant deux éléments binaires successifs de la façon suivante:

<u>Elément binaire</u>	<u>Saut de phase</u>
0	0
1	$\pi$

L'occupation spectrale d'une porteuse modulée en phase dépend

uniquement de la vitesse de modulation. A débit binaire égal, le spectre d'une onde modulée en phase à quatre états est deux fois moins large que celui d'une onde modulée en phase à deux états.

Un tel spectre, de largeur infinie, n'est pas transmis. Dans la pratique, il est nécessaire d'utiliser un filtrage de largeur un peu supérieure au filtre théorique: l'optimum se situe souvent aux environs de 0.6 fois la largeur de l'arche centrale. La largeur de bande nécessaire à la transmission d'un signal numérique modulé en phase est approximativement:

- $1.2/T$  en modulation à deux états.
- $0.6/T$  en modulation à quatre états.

T est la durée d'un élément binaire.

Les transmissions numériques à fort débit utilisent de préférence la modulation à quatre états.

Notre station ayant un petit facteur de mérite, les signaux émis seront faibles. De ce fait nous aurons besoin de plus de capacité au niveau du répéteur pour une bonne amplification des signaux. En effet, nous avons la formule suivante:

$$P = K \cdot T \cdot B$$

P = puissance du signal

T = température de bruit du système

B = largeur de bande occupée dans le répéteur

Ainsi, notre station sera très probablement autorisée à travailler avec les satellites de réserve.

**CHAPITRE IV: ETUDE ECONOMIQUE COMPARATIVE DE**  
**LA TRANSMISSION PAR LE RESEAU SENPAC ET DE LA**  
**TRANSMISSION PAR SATELLITE**

**IV-1 Télématique par le réseau SENPAC**

La tarification du réseau SENPAC se compose de plusieurs éléments. La taxation de trafic est essentiellement fonction du volume des données transmises. La distance et la durée de la communication sont d'ordre secondaire.

Les éléments de tarification sont:

**IV-1-1 Coût d'accès au réseau**

Nous avons un accès par réseau téléphonique commuté avec entrée banalisée asynchrone. Le coût d'une impulsion est de 55 FCFA toutes les 6 mn quelque soit l'origine de l'appel à l'intérieur du Sénégal.

En outre, la location mensuelle du modem est de 3 190 FCFA.

**IV-1-2 La taxe à la durée**

Cette taxe est fonction de deux paramètres: le type du réseau d'accès et la nature de l'entrée.

RESEAU D'ACCES TELEPHONIQUE	Entrée banalisée FCFA/mn
300 bit/s	4.5
1 200 bit/s	7
2 400 bit/s	9
4 800 bit/s	9

**TABLEAU 3**

Pour une entrée banalisée avec accès par le réseau téléphonique à 1 200 bit/s, la taxe est de 7 FCFA/mn.

#### IV-1-3 La taxe au volume

Ce coût dépend uniquement du volume d'informations transmises bimestriellement.

- jusqu'à 12 500 Koctets:-----10FCFA/Koctets
- de 12 500 à 50 000Koctets:-----7.5FCFA/Koctes
- au delà de 50 000 Koctets:-----5 FCFA/Koctets

#### IV-1-4 Tarification des services additionnels

- Les frais d'inscription constituent une taxe forfaitaire unique de 11 000 FCFA.

- Le N.U.I. est obligatoire pour les usagers accédant par le R.T.C. pour des communications internationales. Les redevances mensuel les pour ce service s'élèvent à 2 200 FCFA.

#### IV-1-5 Tarification du service international

La tarification du service international dépend de la zone géographique de destination. Ce tarif fait intervenir des coefficients de majoration s'appliquant à la taxe à la durée et à la taxe au volume.

ZONE GEOGRAPHIQUE	COEFFICIENT DE MAJORATION	
	Taxe à la durée	Taxe au volume
AFRIQUE	5	2.5
EUROPE	10	5
AUTRES CONTINENTS	16	8

TABLEAU 4

## IV-2 Calcul des coûts liés à SENPAC et aux bases de données

### IV-2-1 Frais d'abonnement à une base de données

Pour la grande majorité des bases de données, l'abonnement est établi pour une connexion de durée trois heures. Le prix de cet abonnement est de l'ordre de 20 000 FCFA.

### IV-2-2 Frais SENPAC

#### IV-2-2-a Trafic échangé

1) L'exploitation étant du ressort du responsable de la bibliothèque, nous suggérons de faire deux abonnements par mois et trois communications à une transaction par jour; soit 60 communications par mois du Lundi au Vendredi.

2) Durée de la transaction: 6 minutes.

3) Volume transmis par transaction: 10 Koctets.

4) Appel avec N.U.I.

5) La majorité des bases de données seront nord-américaines.

#### IV-2-2-b Taxes mensuelles

##### 1) Taxes indépendantes du trafic

- taxe d'abonnement pour le modem: 3 190 FCFA.

- taxe d'abonnement pour le N.U.I.: 2 200 FCFA.

##### 2) Taxes dépendantes du trafic

- taxes à la durée = coefficient de majoration\*taxe/mn\*durée de la transaction\*nombre de communications mensuelles.

taxes à la durée =  $16*7*6*60 = 40\ 320$  FCFA.

##### 3) Taxes dépendantes du volume

- volume transmis = volume transmis par transaction\*nombre de communications mensuelles.

## IV-2 Calcul des coûts liés à SENPAC et aux bases de données

### IV-2-1 Frais d'abonnement à une base de données

Pour la grande majorité des bases de données, l'abonnement est établi pour une connexion de durée trois heures. Le prix de cet abonnement est de l'ordre de 20 000 FCFA.

### IV-2-2 Frais SENPAC

#### IV-2-2-a Trafic échangé

1) L'exploitation étant du ressort du responsable de la bibliothèque, nous suggérons de faire deux abonnements par mois et trois communications à une transaction par jour; soit 60 communications par mois du Lundi au Vendredi.

2) Durée de la transaction: 6 minutes.

3) Volume transmis par transaction: 10 Koctets.

4) Appel avec N.U.I.

5) La majorité des bases de données seront nord-américaines.

#### IV-2-2-b Taxes mensuelles

##### 1) Taxes indépendantes du trafic

- taxe d'abonnement pour le modem: 3 190 FCFA.

- taxe d'abonnement pour le N.U.I.: 2 200 FCFA.

##### 2) Taxes dépendantes du trafic

- taxes à la durée = coefficient de majoration\*taxe/mn\*durée de la transaction\*nombre de communications mensuelles.

taxes à la durée =  $16*7*6*60 = 40\ 320$  FCFA.

##### 3) Taxes dépendantes du volume

- volume transmis = volume transmis par transaction\*nombre de communications mensuelles.

économique d'opter pour un service soumis à droit de reprise.

En considérant un coût moyen du capital de 10%, la valeur actualisée du coût du secteur spatial avec droit de reprise est de 1 901 328 FCFA.

#### IV-3-2 Coût du secteur terrien

Le coût d'une station terrienne dépend de l'équipement installé.

En 1983, le Groupe d'étude Intelsat a déterminé le coût d'une station terrienne de la classe D comme suit:

<u>Equipement</u>	<u>Montant (en FCFA)</u>
- Antenne	8 100 000 FCFA
- Amplificateur de puissance	2 250 000 FCFA
- Amplificateur à faible bruit	450 000 FCFA
- Chaines émission et réception	4 500 000 FCFA
- Equipement de bande de base ( 1 voie )	2 250 000 FCFA
- Equipement termineur	900 000 FCFA
- Equipement de service, bâtis, éléments et pièces de rechange.	2 250 000 FCFA -
<b>TOTAL</b>	<b>20 700 000 FCFA</b>

En considérant toujours un coût du capital de 10 %, la valeur actualisée du coût du secteur terrien est de 36 671 313 FCFA.

Avec les développements de la technologie, les fabricants ont procédé à une refonte totale de la conception des stations terriennes. Ainsi, ils réalisent de nos jours des unités optimisées et intégrées livrables sur commande.

Un prototype qui a coûté environ 40 000 000 FCFA a été installé

par le Groupe Intelsat à la nouvelle maison de l'O.R.T.S.

Donc, de nos jours, le coût d'acquisition d'une station  
terrienne intégrée de la classe D-1 est d'environ

40 000 000 FCFA.

## CHAPITRE V: CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS

L'étude économique montre que les frais d'exploitation annuels liés à l'utilisation d'une technique de télécommunication par satellite sont essentiellement constitués du coût du secteur spatial, lequel coût nous paraît compétitif par rapport au coût d'exploitation du réseau SENPAC.

Pour élevé que puisse paraître le coût d'investissement de la station terrienne dont la durée de vie économique est de 10 ans, il n'en demeure pas moins que ce système de télécommunications par satellite présente maints avantages pour la région de Thiès en général et pour l'E.P.T. en particulier.

En effet, une installation simple de télécommunications contribuerait grandement à la promotion du développement de l'économie et de l'éducation dans la région de Thiès.

Développement économique dans la mesure où l'Ecole Polytechnique pourrait constituer une banque de données scientifiques, techniques et financières qui serait à la fois exploitable par l'école et les entreprises de la région.

Il y aura un essor de l'éducation en ce sens que l'Ecole Polytechnique pourrait faire du télé-enseignement que les industries de la région de Thiès pourront utiliser dans le cadre de la formation professionnelle de leurs employés.

La relation étroite et réciproque qu'il y a entre le développement industriel et économique d'une part et le développement des télécommunications d'autre part rend fort

souhaitable l'implantation immédiate d'une station terrienne de télécommunications par satellite à l'Ecole Polytechnique de Thiès.

Les enjeux ainsi définis sont considérables, les obstacles à surmonter aussi. Il ne s'agit pas en fait d'obstacles techniques; ils sont plutôt juridiques et économiques.

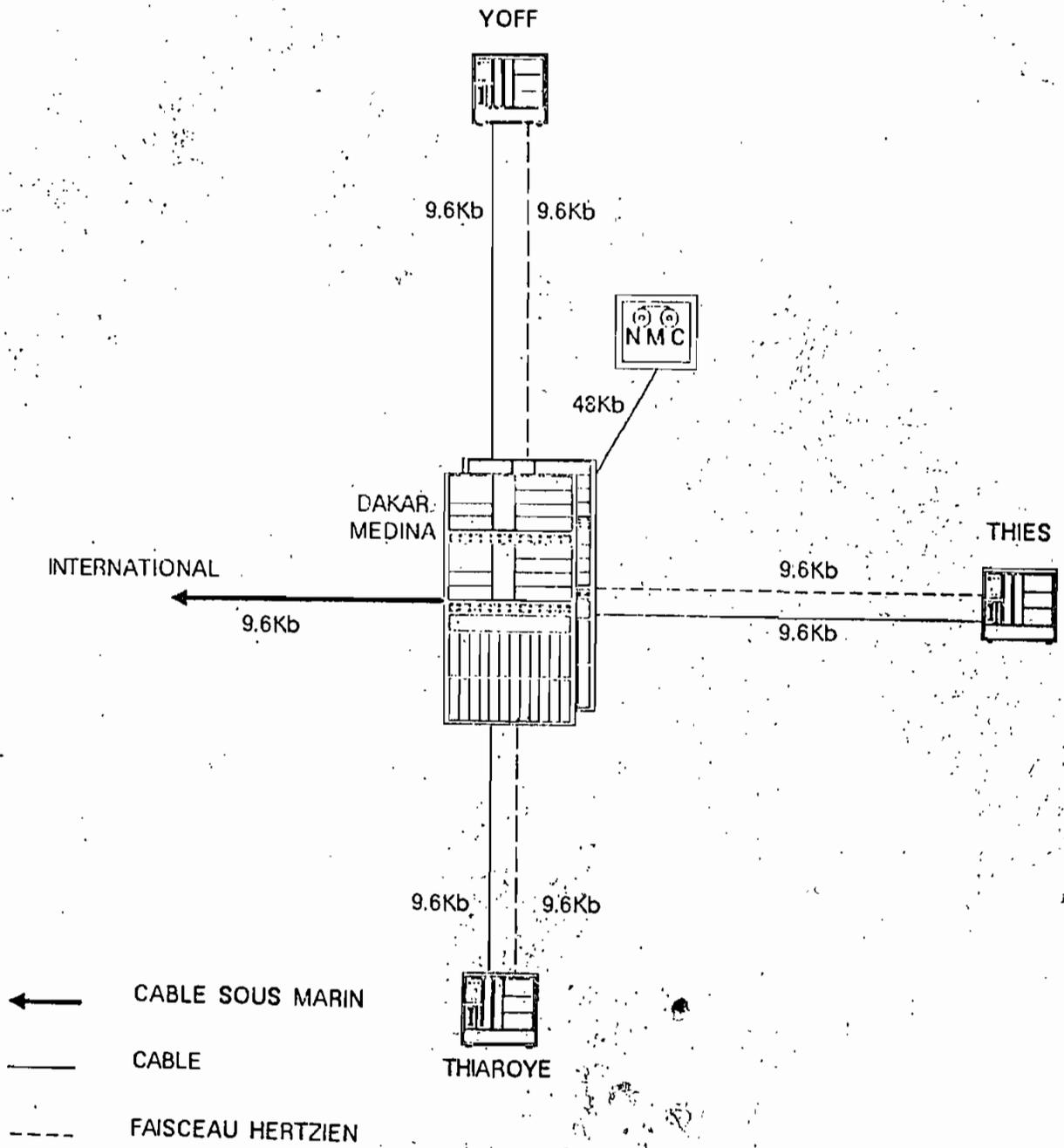
Sur le plan juridique, la SONATEL ayant le monopôle des télécommunications par satellite au Sénégal doit donner son approbation pour l'implantation de cette station terrienne.

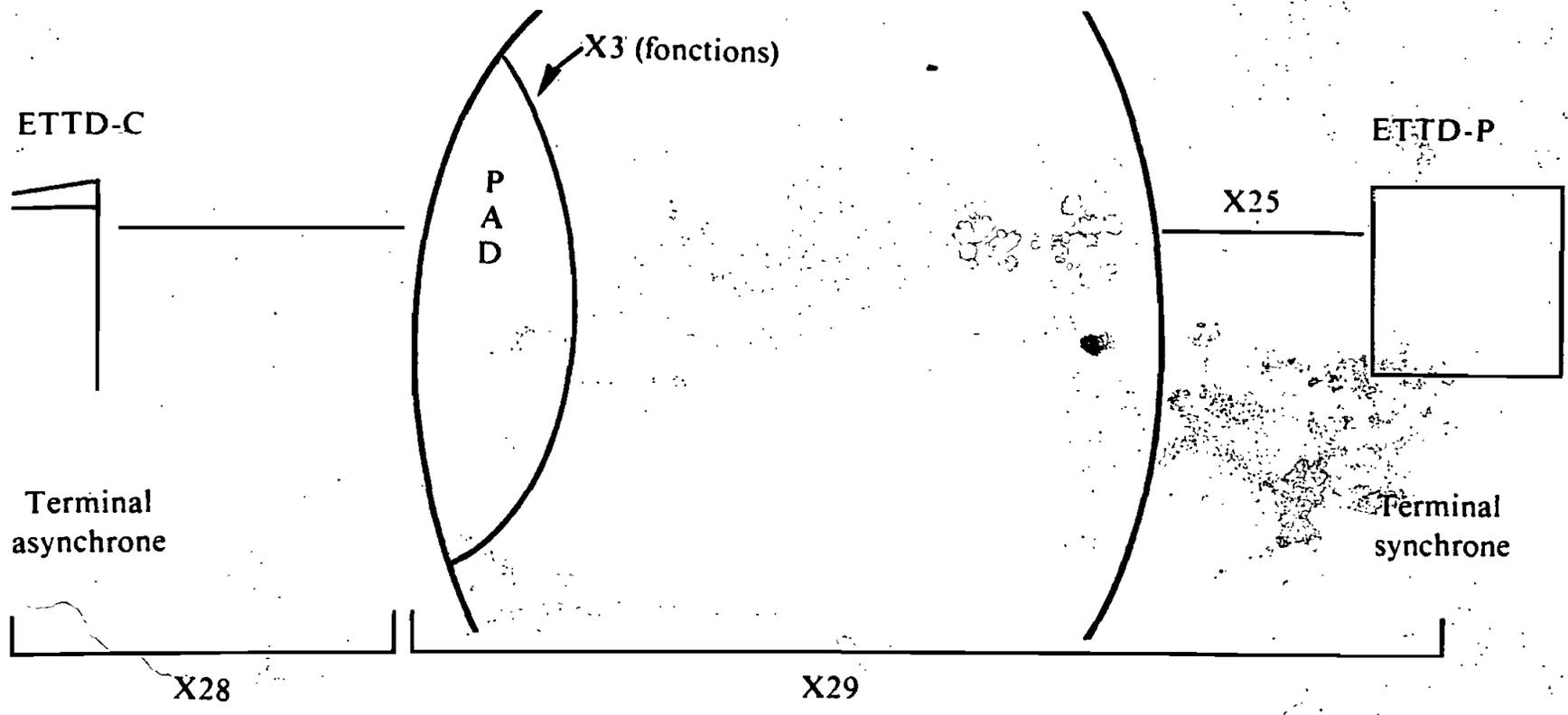
Sur le plan économique, eu égard aux avantages que ce projet représente pour l'ensemble de la région de Thiès, l'Ecole doit inviter les industries de la place à participer à son financement. Ainsi ensemble, nous pourrons constituer un réseau de télécommunications dans lequel l'E.P.T.

sera la station maitresse et chaque entreprise constituera une station périphérique.

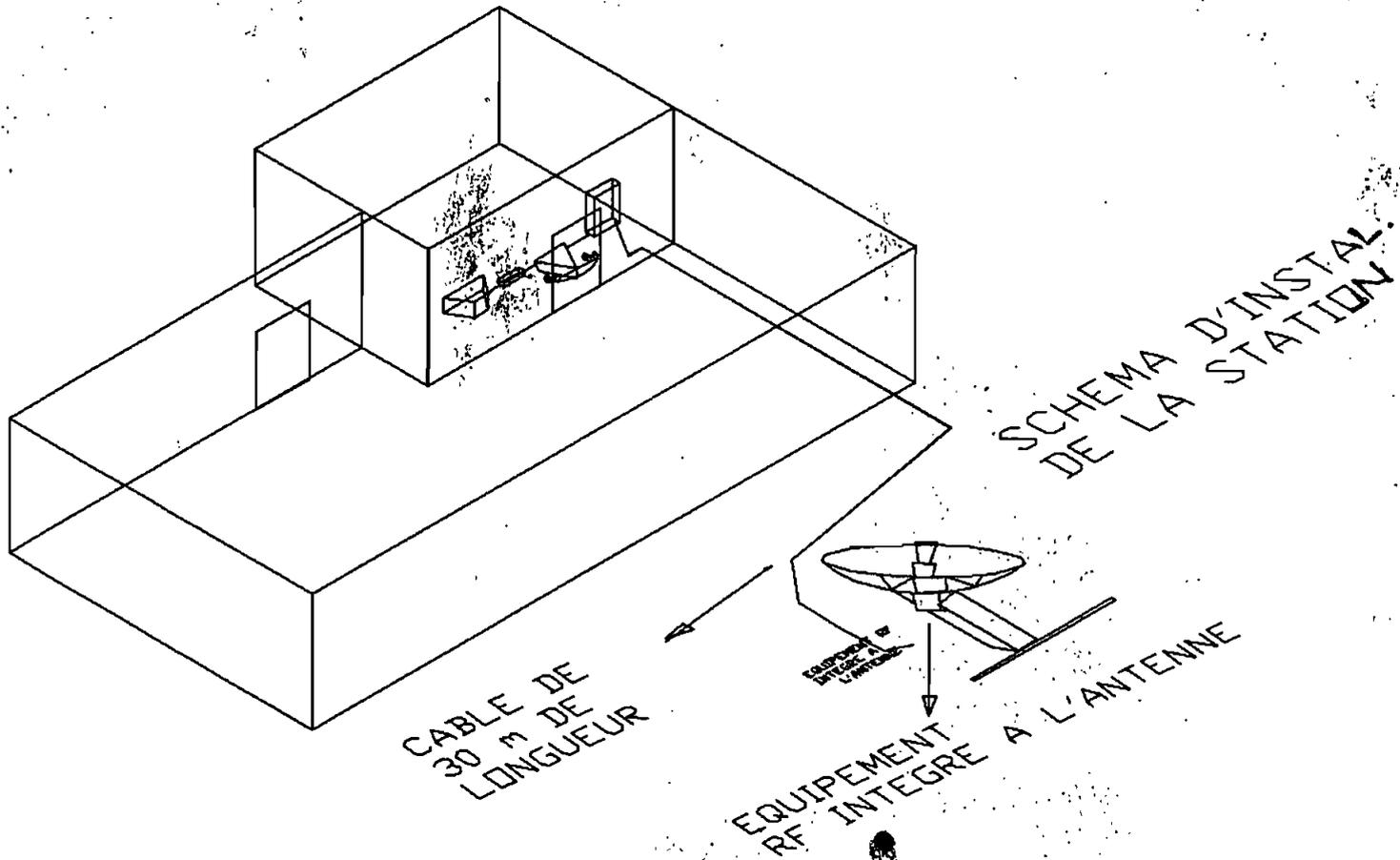
# I. LE RESEAU SENPAC

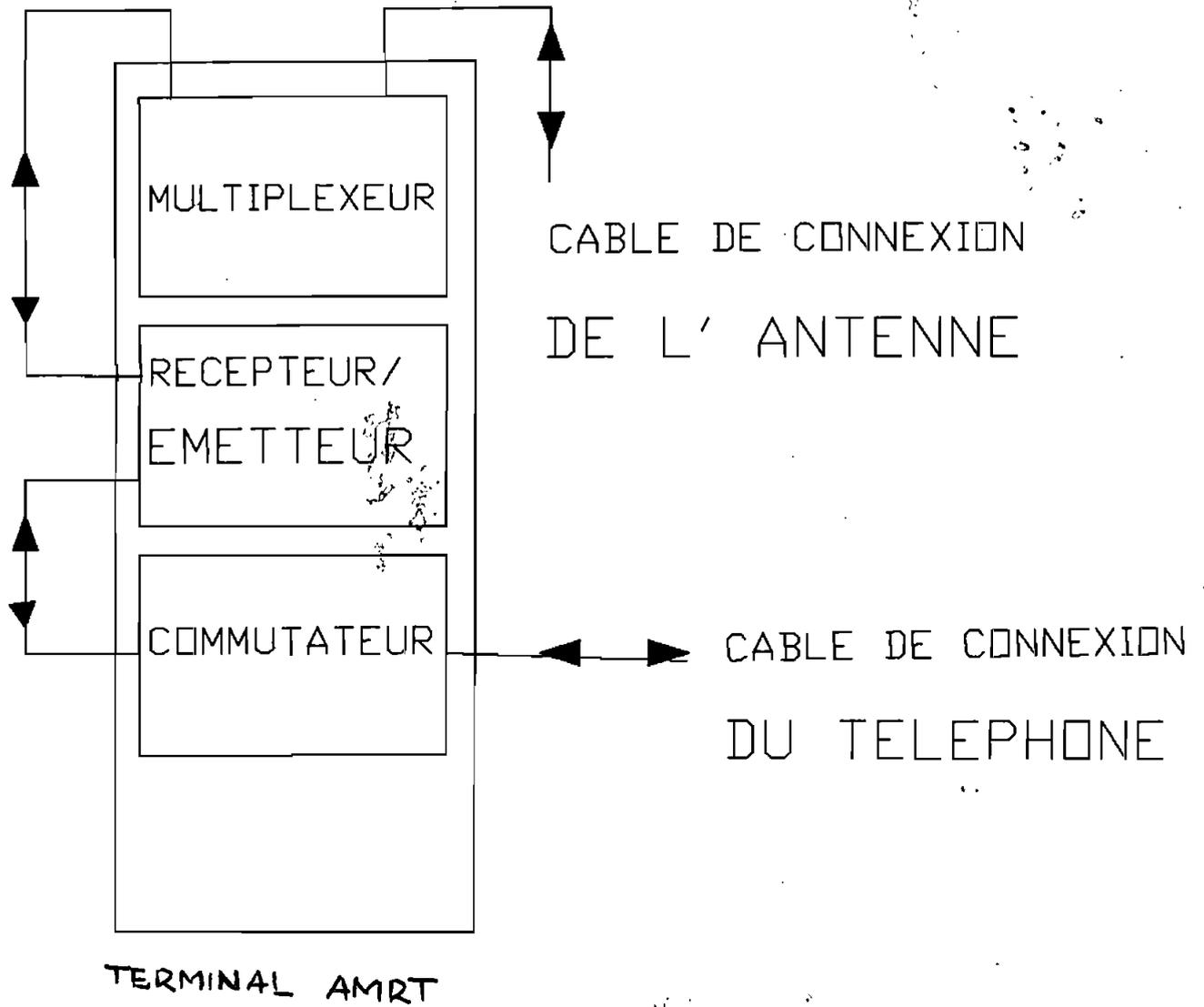
## a) RESEAU SENPAC : TOPOLOGIE INITIALE





10





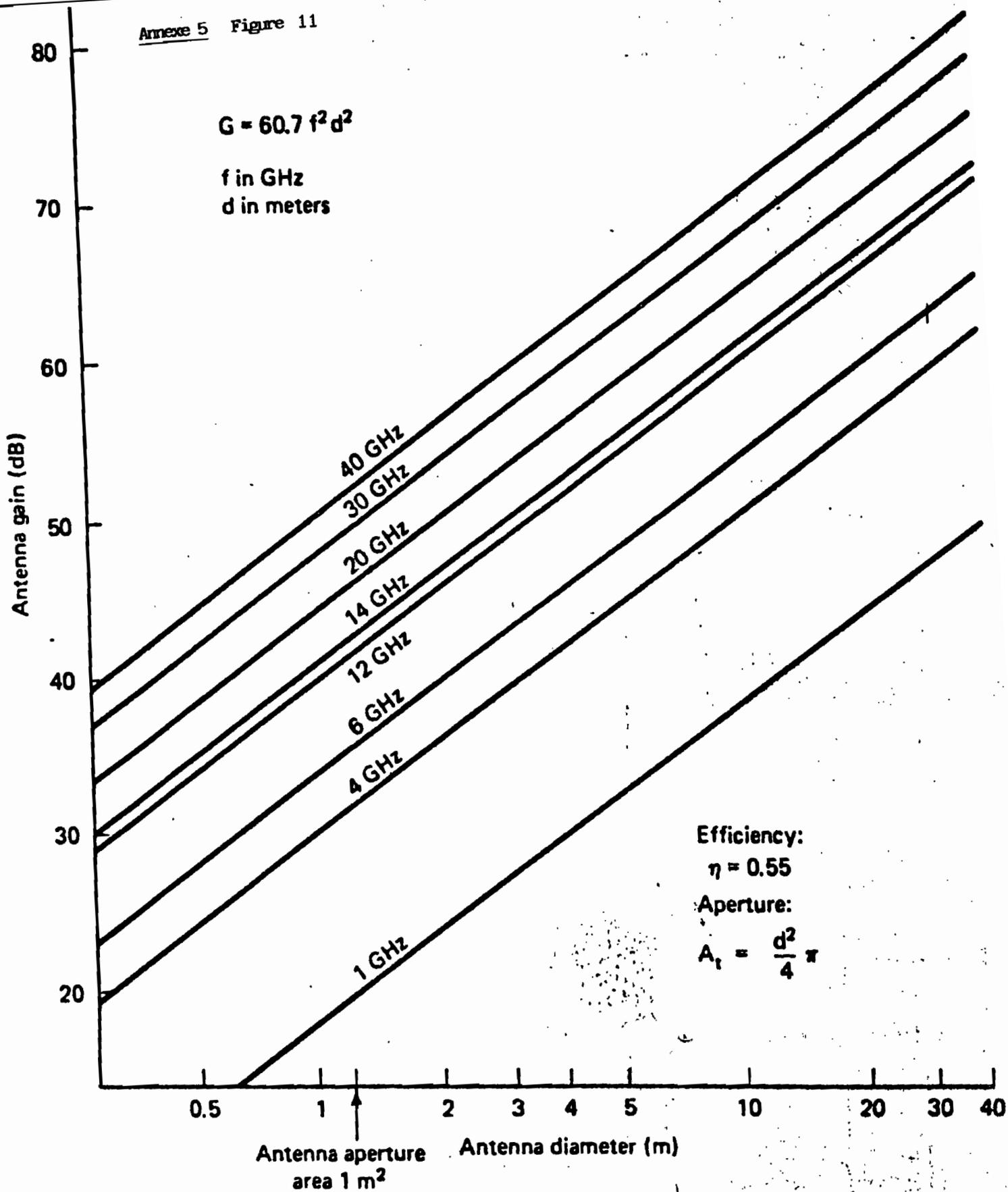
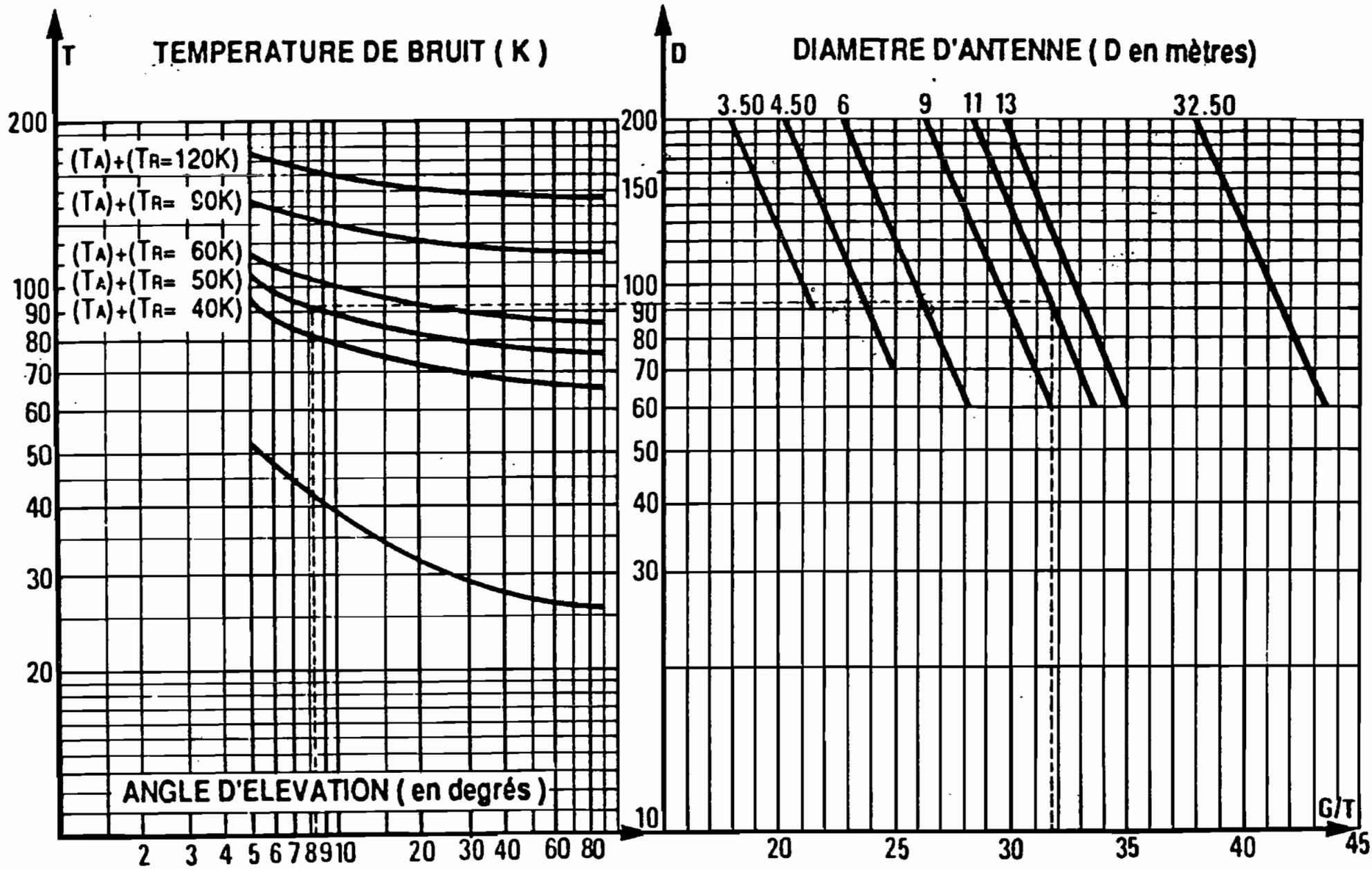
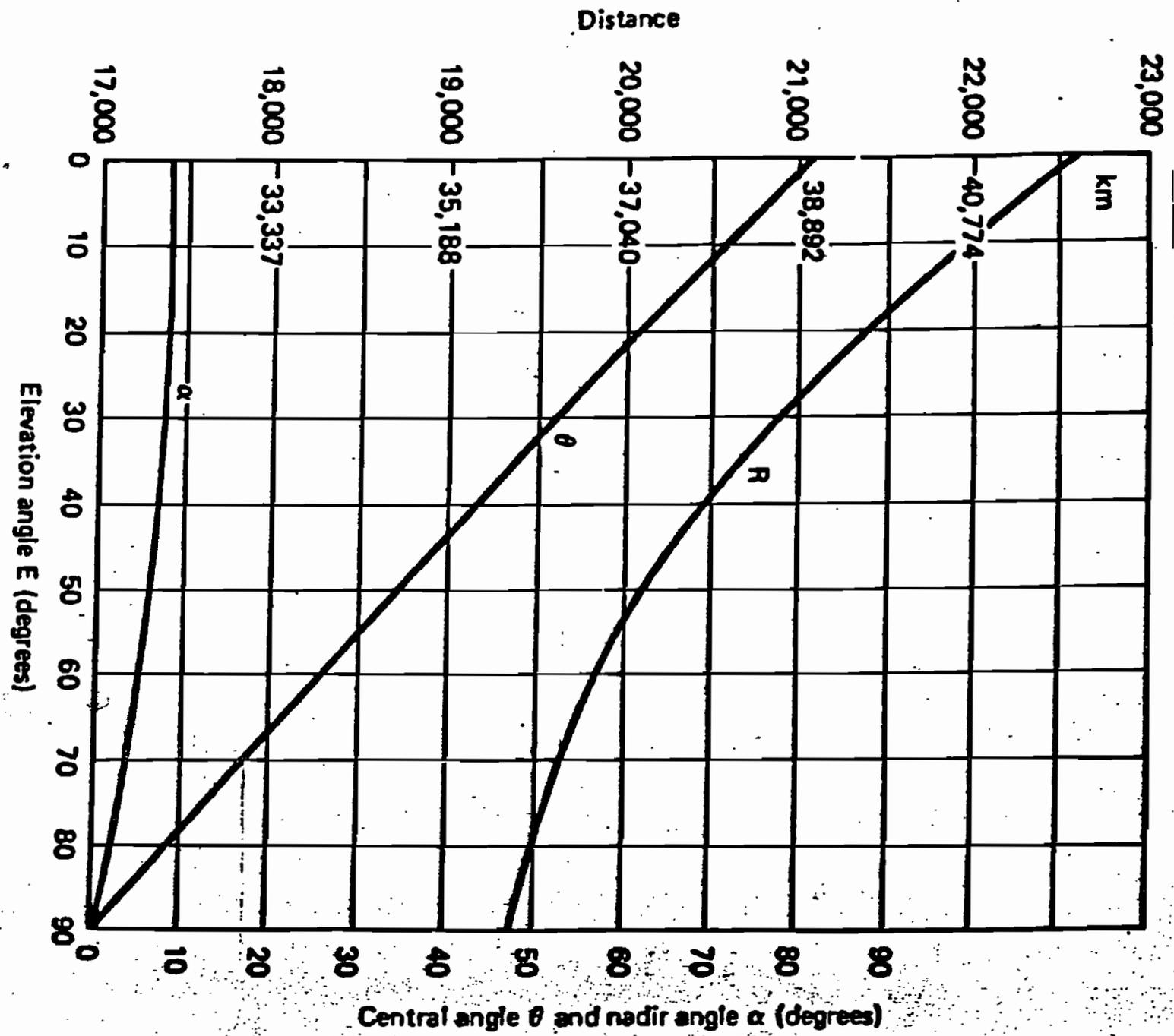


Figure 1.18 Antenna gains at different frequencies. Smaller antennas can be used when the frequency is higher. These antenna gains are for parabolic antennas having an efficiency of 0.55. For an ideal antenna, add 2.6 dB to the antenna gain.





(a)

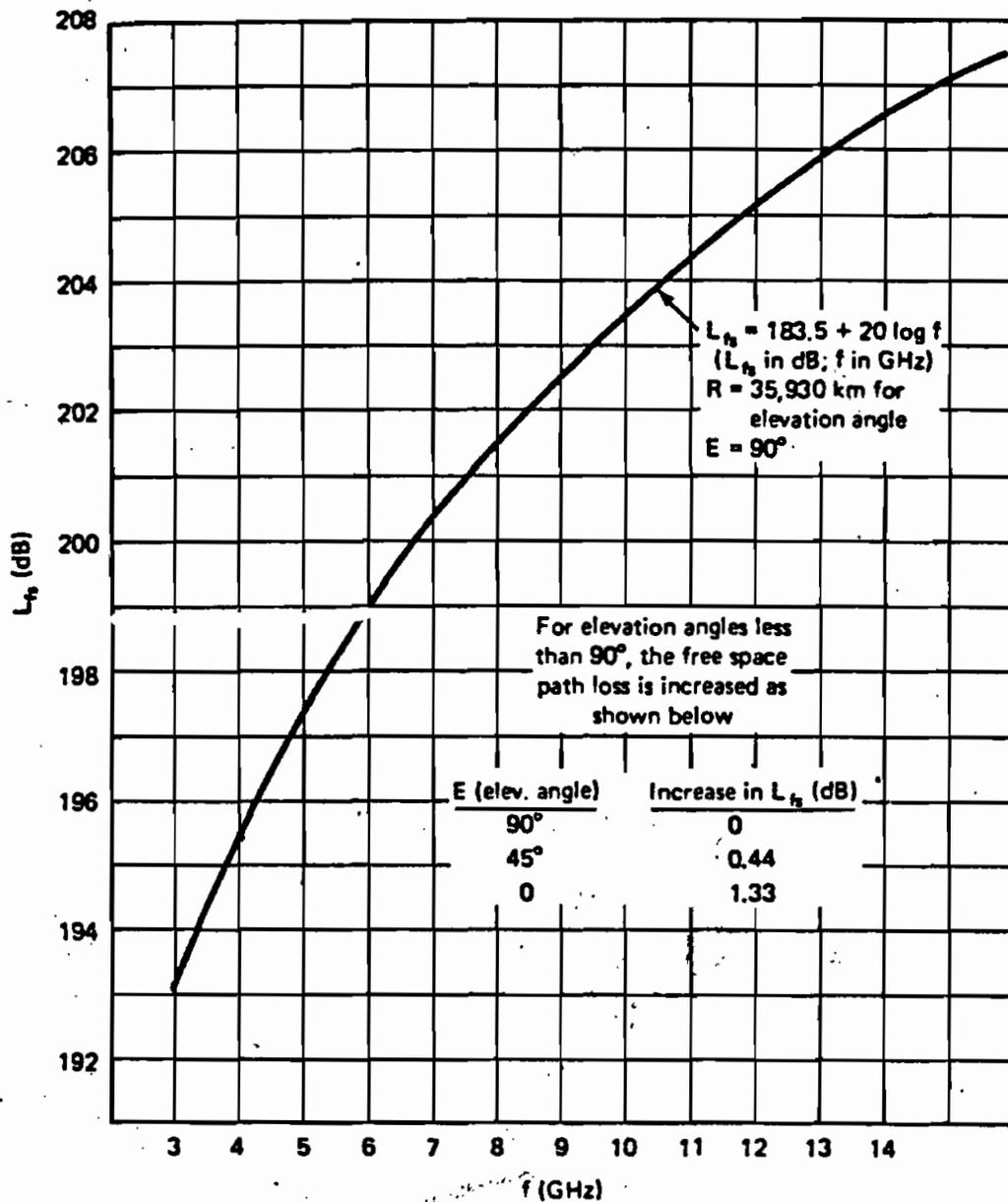
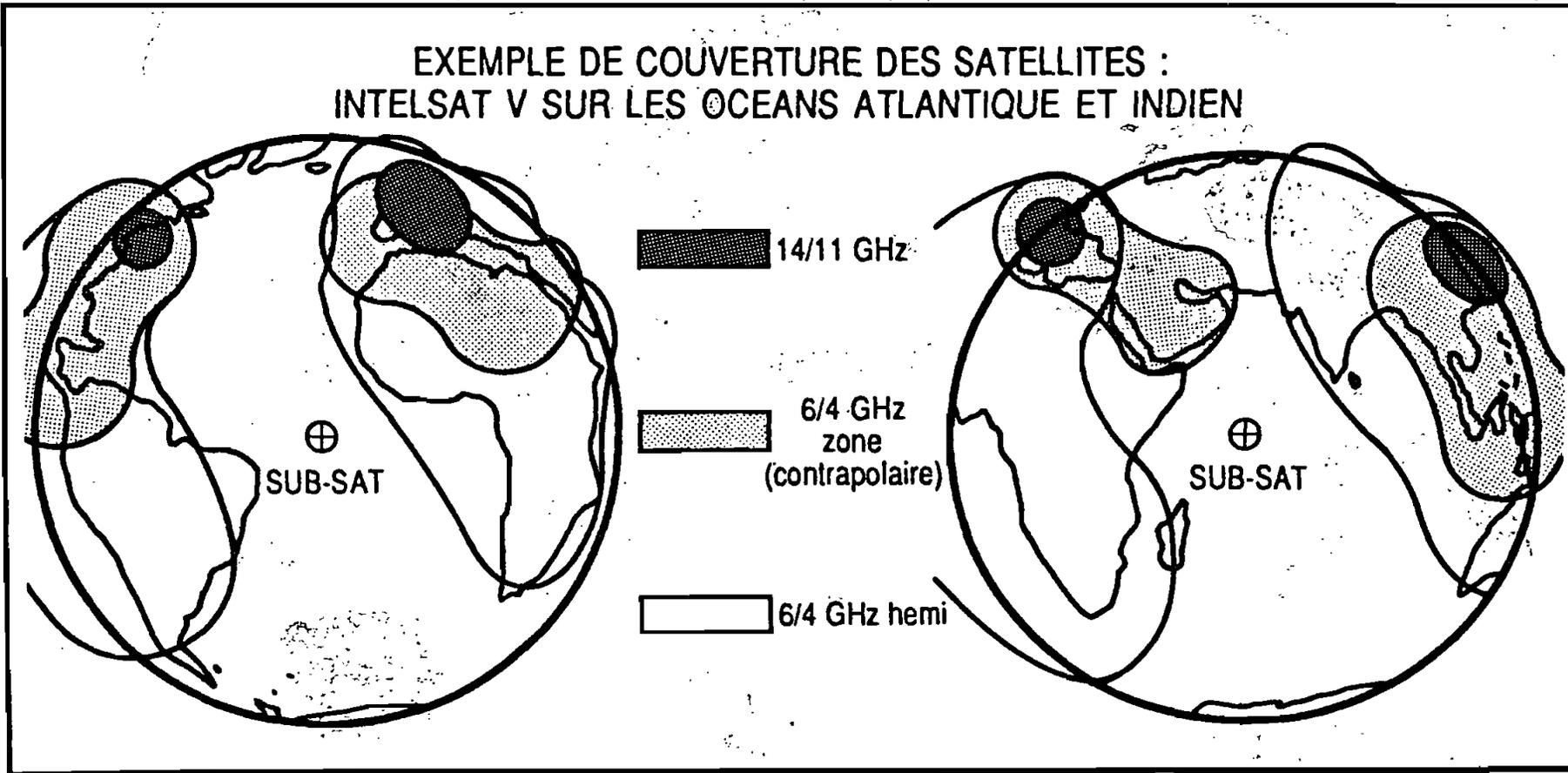


Figure 1.19 Free space path loss.

### EXEMPLE DE COUVERTURE DES SATELLITES : INTELSAT V SUR LES OCEANS ATLANTIQUE ET INDIEN



## LEXIQUE

SENPAC: Réseau Sénégalais de transmission de données par Paquets.

INTELSAT: International Telecommunications Satellite Organization.

CCITT: Comité Consultatif International du Téléphone et du Télégraphe.

ETTD: Equipement Terminal de Traitement de Données.

ETCD: Equipement de Terminaison de Circuit de Données.

NTI: Noeud de Transit International.

ISO: International Standard Organisation.

HDLC: High Level Data Link Control Procedures.

ADP: Assembleur Désassembleur de Paquets.

RTC: Réseau Téléphonique Commuté.

DOMSAT: Réseaux nationaux de télécommunications par satellite.

IESS: International Earth Station Specifications.

LDTS: Low Density Telephone Service ( Service de téléphonie à faible densité ).

RF: Radiofréquence.

PIRE: Puissance Isotrope Rayonnée Equivalente.

NF: Noise Factor.

HPA: High Power Amplifier ( Amplificateur haute puissance ).

LNA: Low Noise Amplifier ( Amplificateur faible bruit ).

SCPC: Single channel per Carrier - Porteuse monovoie.

ROA: Région de l'Océan Atlantique.

FI: Fréquence Intermédiaire.

SONATEL: Société Nationale des Télécommunications.

NUI: Network User Identifier.

## BIBLIOGRAPHIE

- 1- MARC MATHIEU, Télécommunications par faisceau hertzien, Dunod Paris 1979.
- 2- RONALD BROWN, les Télécommunications, Larousse 1971.
- 3- OCDE, Ordinateur et Télécommunication, 1973.
- 4- JEAN LAFFAY, les Télécommunication. "Que sais-je?", Presses Universitaires de France, 1968.
- 5- PIERRE MATHELOT, La Télématique. "Que sais-je?", Presses Universitaires de France, 1965.
- 6- SERVICE VISTA D'INTELSAT, 1984.
- 7- Colloque sur les nouvelles technologies de télécommunications, Dakar Octobre 1988.
- 8- UREF-SUNIST, Document technique, DAKAR 1989.
- 9- CLAUDE P. MAJUR, Utilisation des nouvelles technologies dans l'enseignement: vidéo-disque, CD-ROM, Disque laser, ETC....  
5 Août 1987.
- 10- Informatique et Bureautique, Novembre 1986.
- 11- Informatique et Bureautique, Mars 1987.
- 12- Informatique et Bureautique, Octobre 1987.
- 13- Informatique et Bureautique, Avril 1988.
- 14- Informatique et Bureautique, Octobre 1988.
- 15- Radio Plans - Electronique Loisirs N 432.
- 16- Radio Plans - Electronique Loisirs N 464.
- 17- Radio Plans - Electronique Loisirs N 466.
- 18- Radio Plans - Electronique Loisirs N 472.
- 19- Radio Plans - Electronique Loisirs N 481.
- 20- Documents SENPAC.