

**Institut Supérieur des Etudes Technologiques en  
communications de Tunis**

## **Projet de fin d'études**

**IMPLEMENTATION D'UNE INTERFACE  
UNIDIRECTIONNELLE D'EMISSION D'INTERNET PAR  
SATELLITE**

**Réalisé par :  
Aloui Ridha  
Béji Chawki  
TS- Télécommunications**

**Encadré par :  
El Abed Salem  
Eddabbabi Mounir**

---

---

**2001-2002**

# REMERCIEMENTS

C'est avec grand honneur que nous avons réservé cette page en signe de gratitude et de reconnaissance à tous ceux qui nous ont aidé de près ou de loin à la réalisation de ce projet.

Notre sincère gratitude s'adresse à :

Mr. **SALEM EL ABED** chef de département de télécoms à **ISETCOM** qui tout le long de l'élaboration de ce projet n'a pas cessé de nous prodiguer ces conseils.

Mr. **MOUNIR EDDABBABI** ingénieur en informatique qui a fourni tout ces capacités pour nous encadrer et pour ces précieux conseils qui nous ont été fort utiles.

Nos remerciements s'adressent également à messieurs les membres de jury pour avoir accepté d'évaluer ce rapport avec l'espoir d'être à la hauteur de leurs attentes.

En fin, nous tenons à remercier tous ceux et celles qui nous ont permis de familiariser à l'univers de télécommunications et surtout Mr. **HAFEDH HERMASSI** et tout les personnels de centre des télécommunications par satellite **DKHILA**.

# Dédicace

**J** e dédie ce travail:

**A ma chère mère**

**Pour toute l'affection et l'amour qu'elle m'a toujours offerts**

**A mon cher père**

**Qui a beaucoup sacrifié pour me faire réussir**

**A mes frères pour leurs aides**

**A mes amis et surtout mon cher binôme Ridha**

**A tous ceux que j'aime**

**Et**

**Tous ceux qui m'aiment**

**Chawki**

# DEDICACE

**Je dédis ce travail à**

**Mon père**  
pour son sacrifice partagé l'heure de mon étude

**Ma mère**  
qui m'a donnée tous le courage par leurs conseil  
précieux

**Mes frères et sœurs**

**Tous ceux que m'aiment**

**Tous que j'aiment**

**Et finalement à mon cher binôme Chawki**

*Ridha*

## Sommaire

<b>Cahier de charge</b>	1
<b>Introduction générale</b>	2
<b>PARTIE I</b>	4
<b>Généralité sur la transmission par satellite</b>	5
1.1 Introduction	5
1.2 Généralités sur les communications par satellite	5
1.2.1 Chaîne de transmission	5
a) Schéma synoptique	5
b) Principe de fonctionnement	6
1.2.2 Bandes de fréquences	6
a) Critères de choix	7
b) Domaine d'applications	8
c) Interprétation	9
1.2.3 Paramètres caractérisant une liaison satellitaire	10
a) Caractéristiques radioélectriques	10
b) Caractéristiques orbitales	10
1.3 Sources perturbatrices en transmission par satellite	10
1.3.1 Perturbations naturelles	10
1.3.2 Perturbations artificielles	12
1.4 Procédures de contrôle et de correction de satellites	12
1.4.1 La dérive en longitude	12
1.4.2 La dérive en latitude	13
1.5 Conclusion	14
<b>Le réseau Internet</b>	15
2.1 Introduction	15

---

2.2 Architecture du réseau Internet -----	15
2.2.1 Architecture OSI-----	15
2.2.2 Architecture TCP/IP-----	16
2.2.3 Protocole IP -----	18
2.2.4 Adressage IP -----	20
2.3 Modes de transmission -----	23
2.3.1 Mode unicast -----	23
2.3.2 Mode broadcast -----	23
2.3.3 Mode multicast-----	23
2.4 Conclusion -----	24
<b>Internet par satellite</b> -----	<b>25</b>
3.1 Introduction-----	25
3.2 Liaison Internet par satellite-----	25
3.2.1 Schéma synoptique -----	25
3.2.2 Principe de fonctionnement -----	26
3.2.3 Circulation bidirectionnelle de l'Internet par satellite -----	26
3.2.4 Qualité de transmission -----	27
3.2.5 Quelques aspects réglementaires -----	28
3.3 Modes de connexion-----	29
3.3.1 Mode Pull -----	29
3.3.2 Mode Push -----	30
3.4 Normalisation MPEG-2/DVB -----	31
3.4.1 Norme MPEG-2 -----	31
3.4.2 Norme DVB -----	36
3.5 Conclusion -----	38
<b>PARTIE II</b> -----	<b>39</b>

---

<b>Etude théorique de l'interface d'émission Internet par satellite</b>	<b>40</b>
4.1 Introduction	40
4.2 Les politiques d'accès aux canaux satellites	40
4.2.1 L'Accès Multiple à Répartition en Fréquence (AMRF)	41
4.2.2 L'Accès Multiple à Répartition dans le Temps (AMRT ou TDMA)	41
L'AMRT statique	41
4.2.3 L'Accès Multiple à Répartition par Code (AMRC)	42
4.3 Schéma synoptique de l'interface d'émission	43
4.4 Etude de bloc d'émission	45
4.4.1 Bloc de modulation	45
a) Définition	45
b) Modulation en quadrature	46
4.4.2 Bloc mélangeur	48
4.4.3 Bloc d'amplification	48
a) Amplificateur à transistors	49
b) Amplificateurs RF de puissance	50
c) Les amplificateurs à fréquence intermédiaire	50
4.5 Etude de bloc de multiplexage	51
4.5.1 Interface PCI/ISA	51
4.5.2 Carte multiplexage	51
4.5.3 Carte codeur MPEG2	52
4.6 Conclusion	55
<b>L'Art de l'Ingénierie</b>	<b>56</b>
5.1 Introduction	56
5.2 Modulateur DVB NTC/2077/FX	56
5.2.1 Description	56
5.2.2 Caractéristiques essentielles	57
5.2.3 Interface	57

---

5.3 Convertisseur NTC/2042/CX -----	58
5.3.1 Description -----	58
5.3.2 Interface FI -----	59
5.3.3 Caractéristiques de transfert -----	60
5.4 Multiplexeur NTC/2087 -----	60
5.4.1 Description -----	60
5.4.2 Interface -----	61
5.4.3 Performance -----	61
5.5 Encodeur MPEG2 (MB86390A) -----	62
5.5.1 Description -----	63
5.5.2 Caractéristiques essentielles -----	63
5.5.3 Application typiques -----	64
5.6 Amplificateur de puissance 1500w (PLX 3002) -----	64
5.6.1 Description -----	64
5.6.2 Performances -----	64
5.6.3 Caractéristiques techniques -----	65
5.7 Interprétation des courbes -----	66
5.8 Conclusion -----	68
<b>Conclusion et perspectives -----</b>	<b>69</b>
<b>Glossaire -----</b>	<b>70</b>
<b>Bibliographie -----</b>	<b>72</b>



## Liste de figures

FIGURE 1: SCHEMA SYNOPTIQUE D'UNE CHAINE DE TRANSMISSION PAR SATELLITE .....	5
FIGURE 2: ALGORITHME DE CORRECTION DU SATELLITE ARTIFICIEL DE LA TERRE.....	13
FIGURE 3: REPRESENTATION DE DATAGRAMME .....	19
FIGURE 4: FORMAT D'ADRESSE IP CLASSE A .....	21
FIGURE 5: FORMAT D'ADRESSE IP CLASSE B .....	22
FIGURE 6: FORMAT D'ADRESSE IP CLASSE C .....	22
FIGURE 7: FORMAT D'ADRESSE IP CLASSE D .....	22
FIGURE 8: SCHEMA D'UNE LIAISON INTERNET VIA SATELLITE.....	25
FIGURE 9 : INTERNET VIA SATELLITE BIDIRECTIONNELLE .....	27
FIGURE 10: OPPOSITION PUSH / PULL .....	31
FIGURE 11 : SCHEMA DE CODAGE TEMPOREL DANS MPEG.....	33
FIGURE 12: SCHEMA SYNOPTIQUE DE L'INTERFACE D'EMISSION .....	43
FIGURE 13: SCHEMA BLOC D'UN MODULATEUR .....	45
FIGURE 14: SCHEMA DE PRINCIPE DU MODULATEUR QPSK .....	46
FIGURE 15: REPRESENTATION VECTORIELLE DE LA MODULATION QPSK .....	46
FIGURE 16 : SCHEMA BLOC D'UN MELANGEUR.....	48
FIGURE 17: MULTIPLEXAGE TEMPOREL .....	52
FIGURE 18: MULTIPLEXAGE FREQUENTIEL.....	52
FIGURE 19: LE CODEUR MPEG2 .....	54
FIGURE 20: MODULATEUR DVB NTC/2077/FX.....	56
FIGURE 21: SCHEMA SYNOPTIQUE DU MODULATEUR DVB NTC/2077/FX.....	57
FIGURE 22: CONVERTISSEUR NTC/2042/CX .....	58
FIGURE 23: SCHEMA SYNOPTIQUE DU CONVERTISSEUR NTC/2042/CX .....	59
FIGURE 24: MULTIPLEXEUR NTC/2087 .....	60
FIGURE 25 SCHEMA SYNOPTIQUE DU MULTIPLEXEUR NTC/2087.....	61
FIGURE 26: SCHEMA SYNOPTIQUE D'ENCODEUR MPEG-2 (MB86390A) .....	62
FIGURE 27: AMPLIFICATEUR DE PUISSANCE PLX 3002.....	64
FIGURE 28 :FORME DE SIGNAL A LA SORTIE DE L'AMPLIFICATEUR .....	66
FIGURE 29 :SIGNAL FILTRE.....	67

---

## Liste de tableaux

TABLEAU 1 : BANDE DE FREQUENCES EN TRANSMISSION PAR SATELLITES.....	6
TABLEAU 2 : PLAN DE FREQUENCE UTILISE EN TRANSMISSION SATELLITAIRE.....	9
TABLEAU 3 : MODELE OSI.....	16
TABLEAU 4: MODELE TCP/IP ET OSI.....	17
TABLEAU 5: MODELE TCP/IP .....	18
TABLEAU 6: BANDES DE FREQUENCE POUR L'INTERNET PAR SATELLITE. ....	29
TABLEAU 7 : LES STANDARDS DE DIFFUSION DE DVB .....	36
TABLEAU 8: TYPES DE MODULATION .....	47

## Cahier de charge

Grâce au satellite, des informations sécurisées peuvent être simultanément distribuées vers un nombre illimité de destinataires ou vers un groupe d'abonnées. Alors ce support représente un moyen efficace pour l'accès à Internet à haut débit, ainsi, pour fournir et mettre à jour en temps réel, des évolutions de logiciels, téléchargement des fichiers, vidéo conférence et des inventaires d'entreprises. Ces avantages nous amènent à faire une étude générale sur le réseau Internet par satellite.

En effet, l'objectif de ce projet est l'implémentation d'une interface unidirectionnelle d'émission d'Internet via satellite.

### Caractéristiques techniques

Interface	Unidirectionnel
Type de signal	Internet
Support de transmission	Satellite
Taux d'erreur	$10^{-9}$
Egalisation	Oui
Interférence	non

## Introduction générale

Le marché de télécommunications connaît des grands bouleversements depuis quelques années. En matière de transport de l'information, deux grands axes d'évolutions se sont démarqués : l'augmentation de débit requis par les applications et le besoin de mobilité ressenti par les utilisateurs. Si la fibre optique a permis dans une grande mesure de satisfaire les besoins en débit des demandeurs, beaucoup de progrès restent à faire en matière de mobilité. Les satellites se positionnent comme des acteurs privilégiés dans ce domaine, capable non seulement de couvrir de large zone d'un seul tenant, mais aussi de diffuser, et de manière sélective, les informations partagés par de nombreuses applications. Afin de mieux intégrer ces éléments dans les systèmes existants, l'industrie du satellite c'est donc lancé dans l'aventure du réseau satellitaire, plus maniable et plus dynamique.

D'autre part, l'Internet à haut-débit devient de plus en plus un besoin et même une nécessité avec la démocratisation des WebTV, des « Streaming » de plus en plus gourmands en bande passante, et des sites Web toujours plus riches en contenu multimédia. Ainsi les fichiers à télécharger sont de plus en plus gros et par conséquent, les temps de téléchargement de plus en plus long pour un Internaute connecté avec un modem téléphonique traditionnel.

Le service d'accès Internet à haut débit résout ce problème en livrant directement le contenu issu des requêtes utilisateurs par satellite à 1,5 Mbps (et même plus). Ce service est une solution hybride: un lien commuté à bande étroite auprès combiné à un lien haut débit par satellite directement auprès de l'utilisateur final.

Dans le cadre de l'implémentation d'une interface unidirectionnelle d'émission d'Internet via satellite, sujet de notre projet de fin d'études, nous avons adopté une méthodologie qui nous a permis de procéder en premier lieu a un aperçu général sur le réseau Internet via satellite comportant les chapitres ci dessous :

- Un premier chapitre, 'Généralité sur le réseau satellitaire', comportant un aperçu sur les communications par satellite, sources perturbatrices en transmissions ainsi les procédures de contrôle et de correction de satellite.
- Un deuxième, réseau Internet, comportant l'architecture générale (Protocole TCP/IP, modèle OSI) ainsi que les différents modes de transmissions (mode unicast, mode multicast, mode broadcast).

- Un troisième chapitre illustrant le réseau Internet via satellite et ses caractéristiques (modes de connexion, norme MPEG2/DVB).

En second lieu, nous avons fait l'étude théorique de l'interface unidirectionnelle d'émission d'Internet via satellite qui est l'objet du quatrième chapitre de deuxième partie et enfin nous avons conclu en donnant un choix d'équipement d'émission d'Internet vers le satellite.

## **PARTIE I**

### **APERÇU SUR LE RESEAU INTERNET VIA SATELLITE**

**Chapitre1 : Généralité sur la transmission par satellite**

**Chapitre2 : Le réseau Internet**

**Chapitre3 : Internet par satellite**

## Chapitre 1

# Généralité sur la transmission par satellite

### 1.1 Introduction

Le réseau de télécommunication par satellites est constitué d'un secteur terrien (les stations terriennes), assurant la connexion aux réseaux terrestres, et d'un secteur spatial (le satellite), réalisant la jonction entre les stations. La transmission par satellite, en plus de sa qualité, apporte un gain de temps dans les déplacements et multiplie l'offre de diffusion des formations. Dans ce chapitre nous allons donner un aperçu général sur le réseau satellitaire.

### 1.2 Généralités sur les communications par satellite<sup>[1]</sup>

#### 1.2.1 Chaîne de transmission

##### a) Schéma synoptique

Le schéma synoptique d'une chaîne de transmission par satellite est donné par la figure 1.

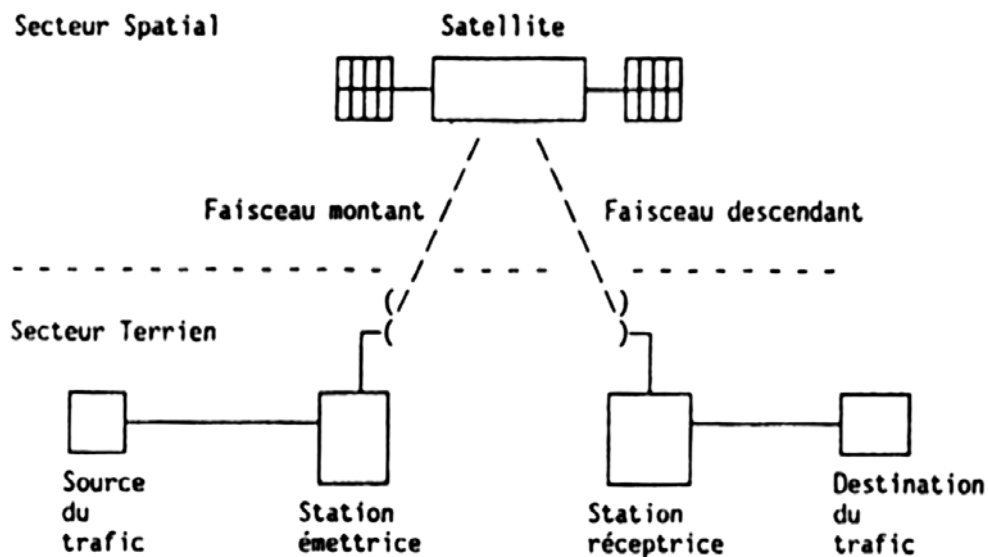


Figure 1: Schéma synoptique d'une chaîne de transmission par satellite

## b) Principe de fonctionnement

Une liaison satellitaire se compose généralement de deux segments ou secteurs :

- Secteur terrien :

Le secteur terrien est constitué de deux grandes stations :

- Station de transmission de l'information numérique permettant d'assurer les fonctions suivantes :
  - Régénération de signal : la mise en niveau du signal.
  - D'assurer les fonctions de télémétrie et de télésurveillance des équipements émission/réception.
- Station de contrôle et de correction : permet de corriger le satellite lorsqu'il dérive en longitude et latitude sous l'influence des forces de perturbation extérieure.

- Secteur spatial :

Le secteur spatial est constitué d'une charge utile et d'une plate forme, c'est-à-dire d'un ensemble des équipements de transmission, d'alimentation électrique et des sous systèmes mécaniques permettant le contrôle continu de la pression, de la température. En effet, le rôle principal du secteur spatial est la transposition du signal reçu au signal de rémission à fin de réduire le phénomène d'interférence. Il permet la transmission de l'information avec un compromis entre le coût et la qualité de service.

### 1.2.2 Bandes de fréquences<sup>[III]</sup>

C'est l'un des points les plus stratégiques dans la télécommunication par satellite et l'allocation des ressources du spectre radio. Le spectre est découpé en plusieurs zones appelées bandes. Ce découpage est dû essentiellement aux propriétés physiques d'absorption de l'atmosphère, et à l'histoire du développement des communications par voie radio.

Les bandes pour les communications par satellite se répartissent comme le montre le tableau 1 (ces valeurs sont en Ghz).

1	2	4	8	12.5	18	26.5	46	56
	L	S	C	X	Ku	K	Ka	V
0				10		20	40	50

**Tableau 1 : Bande de fréquences en transmission par satellites**



### a) Critères de choix

Le choix des fréquences dépend de trois considérations :

- Des contraintes opérationnelles.
- Des conditions de propagation.
- Des règlements sur la répartition des fréquences.

#### \* Contraintes opérationnelles

La longueur d'onde  $\lambda$  apparaît dans la relation fondamentale suivante:

$$S/B = ((P_e \cdot G_e \cdot G_r) / (A \cdot K \cdot T \cdot B_{FI})) \cdot (\lambda / 4\pi d)^2$$

avec

S/B : Signal/Bruit,

$P_e$  : Puissance d'émission,

$G_e$  : Gain d'antenne d'émission,

$G_r$  : Gain d'antenne réception,

A : Affaiblissement total,

$K = 1,38 \cdot 10^{-23} \text{ J/}^\circ\text{K}$  : Constante de Boltzmann,

T : Température absolue,

$B_{FI}$  : Bande passante de l'amplificateur à FI,

d : portée,

Les contraintes opérationnelles essentielles qui réagissent sur cette relation sont l'ouverture des antennes  $\theta$  et leur surface S, ces deux paramètres respectivement liés au gain par :

$$G = 16 K / \theta^2$$

et

$$G = 4K\pi S / \lambda^2$$

#### \* Conditions de propagation

Dans le vide, une onde électromagnétique se propage en ligne droite et subit seulement l'atténuation d'espace libre. Tout autre milieu introduit des perturbations dont les effets les plus importants en ce qui concerne les télécommunications par satellites, sont les suivants :

- Absorption
- Diffusion ou diffraction
- Emission propre
- Réfraction

- Rotation du plan de polarisation de l'onde électromagnétique (Effet Faraday).

\* Règlements sur la répartition des fréquences

La répartition du spectre des radiofréquences entre les différents services de radiocommunication est fixée dans le cadre de l'Union Internationale des Télécommunications UIT.

Le Comité Consultatif International des Radiocommunications (CCIR), organisme de l'UIT, formule des recommandations sur les caractéristiques techniques des radiocommunications internationales.

**b) Domaine d'applications**

- La bande L : L'exploitation commerciale de la bande L remonte aux années 70. Elle sert comme support aux services MSS (en particulier aux terminaux mobiles), de télévision UHF, de télévision cellulaire et de liens de télévision pour les studios.
- La bande S : Cette partie du spectre a traditionnellement été utilisée pour des activités de recherche. Plus récemment, des plages de cette bande ont été adaptées par l'UIT, organisme internationale de normalisation en télécommunication pour des applications futures MSS et mobiles.
- La bande C : Elle a été considérée un moment comme obsolète mais un regain d'intérêt très important pour cette bande a été retrouvé ces dernières années avec l'arrivée des applications de télévision par satellite.
- La bande X : Cette bande est traditionnellement utilisée par les applications militaires.
- La bande Ku : Cette bande est utilisée pour les applications de télécommunications et de télédiffusions.
- La bande Ka : Cette bande est utilisée pour les applications de télécommunications et de gouvernemental.

Les domaines d'applications de ces bandes sont résumés dans le tableau 2 :

<b>Bande</b>	<b>Fréquence en GHz</b>		<b>Usage</b>
	Liaison montant	Liaison descendant	
<b>L</b>	1.6265/1.6605	1.530/1.559	Mobile
<b>S</b>	2.655/2.620	2.500/2.655	Télécommunication et Télédiffusion
<b>C</b>	5.925/6.425	3.700/4.200	Télécommunication
<b>X</b>	7.900/8.400	7.250/7.750	Gouvernementale
<b>Ku</b>	14.000/14.500	10.950/11.200 11.450/11.700 11.700/12.200	Internationale Internationale Télécommunication
	17.300/17.800	12.200/12.700	Télédiffusion
<b>Ka</b>	27.000/30.000	17.700/20.200	Télécommunication
	30.000/31.800	20.200/21.200	Gouvernementale

**Tableau 2 : Plan de fréquence utilisé en transmission satellitaire**

### c) Interprétation

De point de vue de l'utilisateur, le comportement global de ces fréquences évolue suivant différents aspects en particulier :

- La taille de l'antenne diminue quand la fréquence augmente. La portabilité des petites antennes est très appréciée aujourd'hui sur le marché.
- La disponibilité des bandes passantes croît avec la fréquence réservant relativement facilement une part de la bande Ka de nos jours, alors que la place sur les bandes S et L sont très précieuse.
- La qualité de la propagation a tendance à se dégrader fortement avec les hautes fréquences.
- Les hauts débits et notamment les services de télévision par satellite et l'Internet par satellite se positionnent dans des bandes plus élevées traditionnellement C, mais aussi de plus en plus Ku et Ka.

### 1.2.3 Paramètres caractérisant une liaison satellitaire

#### a) Caractéristiques radioélectriques

- Temps de propagation:

Le temps de propagation est supérieur à 238 ms et peut atteindre 275 ms. L'expérience montre que ce temps de propagation n'est pas gênant dans une conversation téléphonique à l'intérieur d'un réseau qui utilise un seul satellite relais. Pour augmenter la portée, il faut deux bonds du trajet radioélectrique et utiliser deux satellites. Le temps de propagation dépasse alors 0.5 seconde. Il semble que ce délais soit excessif pour des conversations téléphoniques commerciales.

- Couverture maximale: la couverture doit être le plus grand possible de façon à assurer des liaisons entre stations éloignées les unes des autres et réparties uniformément dans la zone.

#### b) Caractéristiques orbitales

Une orbite est la trajectoire idéale que suit un satellite en l'absence de perturbation. Il existe de multiples possibilités d'orbites pour un satellite. Contrairement à ce que nous le pourrions penser, la trajectoire sans propulsion d'un appareil autour de la terre ne dépend pas du tout de son poids. Ce pendant, elle est conditionnée par des règles précises.

Plusieurs points sont remarquables dans l'orbite du satellite:

- L'apogée A, point où le satellite est le plus loin de la terre.
- Le périgée P, point où le satellite est le plus proche de la terre.
- Les nœuds N et N', points où le satellite traverse le plan équatorial.
- Les paramètres qui caractérisent la position de l'ellipse sont : l'inclinaison  $i$  définie comme l'angle entre  $0^\circ$  et  $90^\circ$  lorsque le satellite tourne dans le même sens de la terre, et entre  $90^\circ$  et  $180^\circ$  lorsqu'il tourne le sens contraire.

### 1.3 Sources perturbatrices en transmission par satellite<sup>[II&III]</sup>

#### 1.3.1 Perturbations naturelles

Le satellite stationnaire est soumis à des perturbations qui sont dues à :

- La dissymétrie du potentiel de gravitation terrestre.
- L'attraction de la lune et du soleil.

- La pression de radiation solaire.

Il n'a pas à tenir compte de la traînée atmosphérique qui, à 36000Km d'altitude est négligeable devant les perturbations précédentes :

- Influence de la dissymétrie du potentiel terrestre : le potentiel de gravitation terrestre comporte des dissymétries en latitude et en longitude.

L'effet principal est une oscillation du satellite dans le plan équatorial autour de deux positions d'équilibre stable situées vers 105 degrés de longitude Ouest et vers 75 degrés de longitude Est.

Le mouvement du satellite autour d'un point d'équilibre stable est régie par l'équation :

$$\frac{d^2L}{dt^2} = -K^2 \sin 2L$$

ou L est la longitude du satellite compté par rapport au point d'équilibre stable le plus proche et avec

$$K = 410^{-15} \text{ rad/s}^2$$

- Influence de l'attraction de la lune et de soleil: L'influence de la lune et de soleil se manifestent essentiellement par un mouvement perpendiculaire au plan de l'équateur.

Cette influence a pour effet de faire tourner l'inclinaison du plan de l'orbite de 1 degré par an ( 0.3 degrés dus au soleil et 0.7 degrés dus à la lune ) vers le plan de l'écliptique.

- Influence de la pression de radiation solaire : un satellite de surface apparente  $S_a$  dans la direction du soleil, totalement réfléchissant et de masse m est soumis à une force F donnée par la relation suivante :

avec

$$F = 2WS_a/C$$

ou

$$2W/C = 9.210^{-6} \text{ N/m}^2$$

L'accélération due à la pression de radiation est donc :

$$\gamma = 9.2 \cdot 10^{-6} S_a/m \text{ m/s}^2$$

### 1.3.2 Perturbations artificielles

Ces perturbations sont dues à des facteurs de bruit délivrés par les sources constituant la chaîne de transmission. Ces facteurs de bruit sont dus au déplacement des électrons dans les semi-conducteurs (diode, transistor...). Ces déplacements d'électrons dépendent essentiellement de l'intensité du courant basse fréquence, des alimentations des différents sous-systèmes constituant le répéteur et de l'intensité du courant haute fréquence alimentant le répéteur.

Le facteur de bruit d'un tel récepteur ( $F_r$ ) égal à la température de l'amplificateur à faible bruit ( $F_{AFB}$ ), au facteur de bruit de mélangeur ( $F_M$ ) et du facteur de bruit de l'amplificateur à fréquence intermédiaire ( $F_{AFI}$ ).

$$F_r(\text{dB}) = F_{AFB}(\text{dB}) + F_M(\text{dB}) + F_{AFI}(\text{dB})$$

Comme le niveau du signal à l'entrée d'un récepteur satellitaire est variable en fonction du temps, en conséquence la qualité et la disponibilité seront variables, c'est-à-dire ne dépendent pas aux normes fixées par le CCIR. Alors, nous fixerons le taux d'erreur à  $10^{-9}$  et en variant le rapport signal sur bruit en fonction du niveau de signal à l'entrée du récepteur satellitaire.

## 1.4 Procédures de contrôle et de correction de satellites<sup>[I&II]</sup>

Sous l'influence des sources perturbatrices extérieures tel que l'attraction de la lune et de soleil et la dissymétrie de potentiel de gravitation terrestre, le satellite peut dériver en longitude et en latitude.

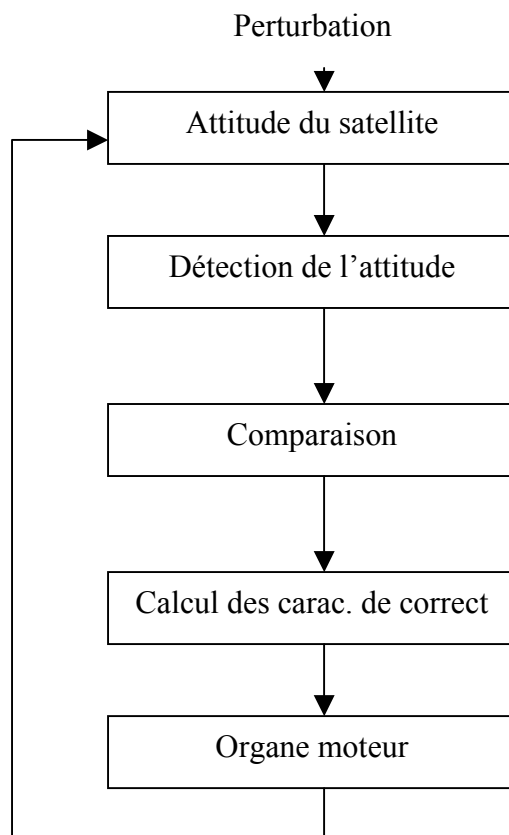
### 1.4.1 La dérive en longitude

La dérive en longitude est due essentiellement à la dissymétrie de potentiel de gravitation terrestre et à la pression de radiation solaire qui se manifeste sous forme d'oscillation du satellite entre deux points stables situés à  $165^\circ$  de longitude Ouest et  $15^\circ$  de longitude Est sur le plan de l'équateur.

### 1.4.2 La dérive en latitude

La dérive en latitude est due essentiellement à l'attraction de la lune et du soleil qui se manifeste d'un mouvement perpendiculaire du satellite par rapport au plan de l'équateur. Pour garantir une qualité de service répondant aux normes internationales et une liaison en temps réel et sans interruption, il faut maintenir le satellite dans une fenêtre normalisée par le CCIR (normaliser à  $0.5^\circ$  qui correspond à 730Km ).

Pour atteindre cet objectif, il faut corriger le satellite grâce à un algorithme de correction (figure 2) :



**Figure 2: Algorithme de correction du satellite artificiel de la terre**

Le satellite est soumis à des forces perturbatrices qui l'écartent de sa position initiale. Pour garantir une liaison en temps réel et sans interruption, il faut maintenir le satellite dans une fenêtre normalisée par le CCIR grâce à un algorithme de correction.

### Etape de correction

- ❑ Détection des paramètres caractérisant l'orbite réelle du satellite grâce à des détecteurs.
- ❑ Comparaison des caractéristiques de l'orbite réelle avec les caractéristiques de l'orbite de référence ( orbite Keplerienne).
- ❑ Grâce à des organes moteurs situés à bord du satellite qui permettent de pousser le satellite en longitude et en latitude dans la fenêtre normalisée par le CCIR par commande de la terre (station de contrôle et de correction) toute en appliquant des impulsions de vitesse périodique  $\Delta v$ .

$$\Delta V = 5 \sin 2L \quad \text{m/s}$$

avec L : c'est longitude à partir de quel il faut maintenir le satellite (en degrés).

$$T = 520 \sqrt{\Delta L / \sin 2L} \quad \text{en jours}$$

T : période de correction du satellite,

$\Delta L$  : fenêtre de correction (en radians),

## 1.5 Conclusion

Les systèmes de satellites de télécommunications sont entrés dans une période de transition, allant des communications point par point entre des stations terrestres de grande dimension, jusqu'aux communications plus denses en informations entre de petits équipements à faible coût. Cette évolution est liée aux divers progrès technologiques réalisés dans ce domaine : la transmission numérique, les méthodes d'accès multiple. Les capacités des canaux ont été ainsi démultipliées, l'emploi des fréquences optimisé, et les puissances des signaux diminuées, ce qui s'est traduit par une réduction des coûts de transmission et l'emploi condensé de ce support ou différents domaines. L'accès Internet via satellite constitue à ce jour la conséquence la plus concrète de ces différentes améliorations.



## Chapitre 2

### Le réseau Internet

#### 2.1 Introduction

Le réseau Internet est un réseau informatique mondial constitué d'un ensemble de réseaux nationaux, régionaux et privés, qui sont reliés par le protocole de communication TCP-IP et qui coopèrent dans le but d'offrir une interface unique à leurs utilisateurs. Dans ce chapitre nous allons donner l'architecture générale du réseau Internet (modèle OSI, protocole TCP/IP, adressage IP ...).

#### 2.2 Architecture du réseau Internet

##### 2.2.1 Architecture OSI

OSI signifie (**O**pen **S**ystem **I**nter**c**onnexion, ce qui se traduit par Interconnexion de systèmes ouverts). Ce modèle a été mis en place par l'ISO afin de mettre en place un standard de communications entre les ordinateurs d'un réseau, c'est-à-dire les règles qui gèrent les communications entre des ordinateurs. En effet, aux origines des réseaux chaque constructeur avait un système propre (nous parlons de système propriétaire). Ainsi de nombreux réseaux incompatibles coexistaient. C'est la raison pour laquelle l'établissement d'une norme a été nécessaire.

Le rôle du modèle OSI consiste à standardiser la communication entre les machines afin que différents constructeurs puissent mettre au point des produits (logiciels ou matériels) compatibles (pour peu qu'ils respectent scrupuleusement le modèle OSI).

Le modèle OSI est un modèle qui comporte 7 couches (tableau 3):

Couche Application
Couche Présentation
Couche Session
Couche Transport
Couche Réseau
Couche Liaison Donnée
Couche Physique

**Tableau 3 : Modèle OSI**

- **La couche physique :** définit la façon de laquelle les données sont converties en signaux numériques.
- **La couche liaison donnée :** définit l'interface avec la carte réseau.
- **La couche réseau :** permet de gérer les adresses et le routage des données.
- **La couche transport :** elle est chargée du transport des données et de la gestion des erreurs.
- **La couche session :** définit l'ouverture des sessions sur les machines du réseau.
- **La couche présentation :** définit le format des données (leur représentation, éventuellement leur compression et leur cryptage).
- **La couche application :** assure l'interface avec les applications.

### 2.2.2 Architecture TCP/IP<sup>[1]</sup>

TCP/IP est une suite de protocole (utilisé sur Internet). Il signifie **Transmission Control Protocol/Internet Protocol** (la notation TCP/IP se prononce "T-C-P-I-P", elle provient des noms des deux protocoles majeurs de la suite de protocoles, c'est-à-dire les protocoles TCP et IP). Il représente la façon de laquelle les ordinateurs communiquent sur Internet. Pour cela il se base sur l'adressage IP, c'est-à-dire le fait de fournir une adresse IP à chaque machine du réseau afin de pouvoir acheminer des paquets de données. Etant donné que la suite de protocoles TCP/IP a été créée à l'origine dans un but militaire, elle doit répondre à un certain nombre de critères parmi lesquels:

- ❑ Fractionnement des messages en paquets.
- ❑ Utilisation d'un système d'adresse.

- ❑ Acheminement des données sur le réseau ( routage).
- ❑ Contrôle des erreurs de transmission de données.

La connaissance du système de protocole TCP/IP n'est pas essentielle pour un simple utilisateur, au même titre qu'un téléspectateur n'a pas besoin de savoir comment fonctionne son téléviseur. Toutefois, sa connaissance est nécessaire pour les personnes désirant administrer ou maintenir un réseau fonctionnant dans un système de protocoles TCP/IP.

Le modèle TCP/IP, inspiré du modèle OSI, reprend l'approche modulaire (utilisation de modules ou couches) mais en contient uniquement quatre (tableau 4):

Modèle TCP/IP	Modèle OSI
Couche Application	Couche Application
	Couche Présentation
	Couche Session
Couche Transport (TCP)	Couche Transport
Couche Internet (IP)	Couche Réseau
Couche Accès réseau	Couche Liaison donnée
	Couche Physique

**Tableau 4: Modèle TCP/IP et OSI**

Comme nous pouvons le remarquer, les couches du modèle TCP/IP ont des tâches beaucoup plus diverses que les couches du modèle OSI, étant donné que certaines couches du modèle TCP/IP correspondent à plusieurs couches du modèle OSI.

Le rôle de chaque couche est le suivant :

- **Couche accès réseau :** spécifie la forme sous laquelle les données doivent être acheminées quel que soit le type de réseau utilisé.
- **Couche Internet :** elle est chargée de fournir le paquet de données (datagramme).
- **Couche Transport :** elle assure l'acheminement des données.
- **Couche Application :** elle englobe les applications standard du réseau (TELNET, SMTP, FTP,...).

Voici les principaux protocoles faisant partie de la suite TCP/IP(tableau 5):

Modèle TCP/IP
Couche Application: Applications réseau
Couche Transport TCP ou UDP
Couche Internet IP, ARP, RARP
Couche Accès réseau FTS, FDDI, PPP, Ethernet, Anneau à jeton
Couche Physique

**Tableau 5: Modèle TCP/IP**

### 2.2.3 Protocole IP

Le protocole Internet a été conçu pour réaliser l'interconnexion de réseaux informatiques et permettre ainsi les communications entre systèmes. Il fait partie de la couche Internet de la suite des protocoles TCP/IP. C'est l'un des protocoles les plus importants d'Internet car il permet l'élaboration et le transport des datagrammes IP (les paquets de données).

En réalité, le protocole IP traite les datagrammes IP indépendamment les uns des autres en définissant leur représentation, leur routage et leur expédition.

Le protocole IP détermine le destinataire du message grâce à 3 champs:

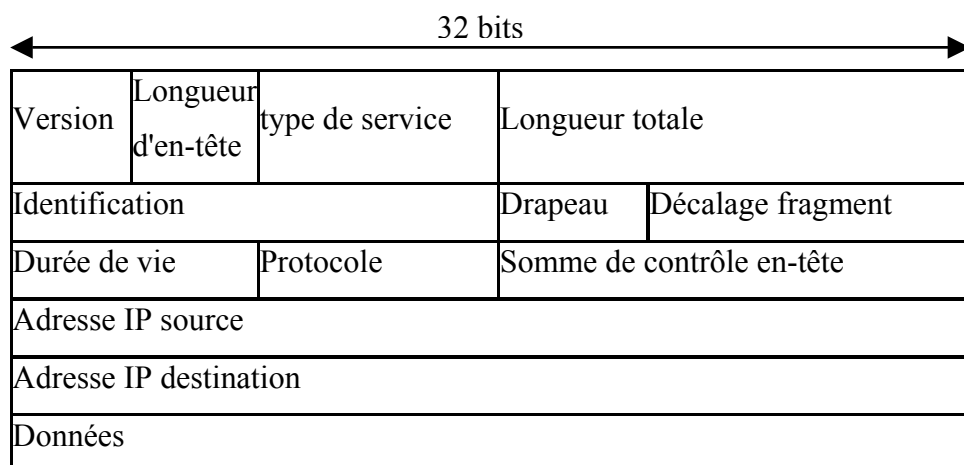
- Le champ adresse IP: adresse de la machine.
- Le champ masque de sous-réseau: un masque de sous-réseau permet au protocole IP de déterminer la partie de l'adresse IP qui concerne le réseau.
- Le champ passerelle par défaut: permet au protocole Internet de savoir à quelle machine remettre le datagramme si jamais la machine de destination n'est pas sur le réseau local.

## Datagramme<sup>[3]</sup>

Les données circulent sur Internet sous forme de datagrammes (nous parlons aussi de paquets). Les datagrammes sont des données encapsulées, c'est-à-dire des données auxquelles ils ont ajouté des en-têtes correspondant à des informations sur leur transport (telles que l'adresse IP de destination,...).

Les données contenues dans les datagrammes sont analysées (et éventuellement modifiées) par les routeurs permettant leur transit.

Voici ce à quoi ressemble un datagramme (figure 3):



**Figure 3: Représentation de Datagramme**

Voici la signification des différents champs:

- ❑ **Version:** il s'agit de la version du protocole IP que nous l'utilisons (actuellement nous utilisons la version 4 **IPv4**) afin de vérifier la validité du datagramme. Elle est codée sur 4 bits.
- ❑ **Longueur d'en-tête:** il s'agit du nombre de mots de 32 bits sur lesquels est réparti l'en-tête.
- ❑ **Type de service:** il indique la façon selon laquelle le datagramme doit être traité.
- ❑ **Longueur totale:** il indique la taille totale du datagramme en octets. La taille de ce champ étant de 2 octets, la taille totale du datagramme ne peut dépasser 65536 octets. Utilisé conjointement avec la taille de l'en-tête, ce champ permet de déterminer où sont situées les données.
- ❑ **Identification, drapeaux (flags) et déplacement de fragment :** sont des champs qui permettent la fragmentation des datagrammes.
- ❑ **Durée de vie:** (appelée aussi TTL: **Time To Live**) indique le nombre maximal de routeurs à travers lesquels le datagramme peut passer. Ainsi, ce champ est

décrémenté à chaque passage dans un routeur, lorsque celui-ci atteint la valeur critique de 0, le routeur détruit le datagramme. Cela évite l'encombrement du réseau par les datagrammes perdus.

- ❑ **Protocole**: ce champ permet de savoir de quel protocole est issu le datagramme
  - ICMP (Interne Control Message Protocol)
  - IGMP (Interne Group Message Protocol)
  - TCP (Transmission Control Protocol)
  - UDP (Unit Datagram protocol)
- ❑ **Somme de contrôle de l'en-tête (*header checksum*)**: ce champ contient une valeur codée sur 16 bits qui permet de contrôler l'intégrité de l'en-tête. La somme de contrôle est le complément à un de tous les mots de 16 bits de l'en-tête (champ *somme de contrôle exclu*). Celle-ci est en fait telle que lorsque nous faisons la somme des champs de l'en-tête (somme de contrôle incluse), nous obtenons un nombre avec tous les bits positionnés à 1.
- ❑ **Adresse IP Source**: ce champ représente l'adresse IP de la machine émettrice, il permet au destinataire de répondre
- ❑ **Adresse IP destination**: adresse IP du destinataire du message

## 2.2.4 Adressage IP<sup>[2]</sup>

Chaque équipement impliqué dans une communication Internet doit posséder une adresse Internet unique, codée sur 4 octets. Cette adresse est représentée par quatre chiffres décimaux séparé par un point. L'adresse Internet 1100 0001. 00110001. 1001 0101. 0110 0100 s'écrira 193.49.148.100

### Types d'adresses IP

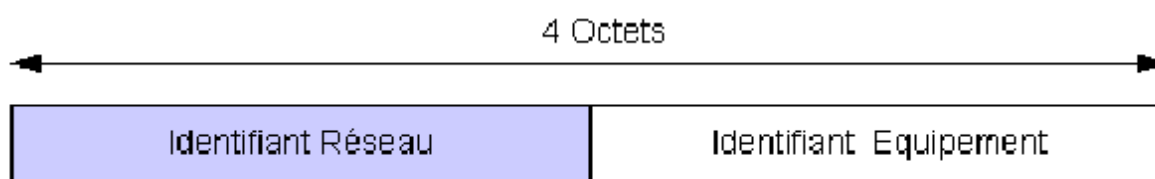
Adresse "unicast": permet d'identifier un équipement IP de façon unique.

Adresse "multicast": adresse de diffusion vers un groupe d'équipements IP.

Adresse "broadcast": adresse de diffusion vers toute les adresses IP d'un même sous-réseau.

### Format des adresses Internet

L'adresse Internet (adresse IP) d'un équipement, codée sur 4 octets, contient à la fois un identifiant du réseau et identifiant de l'équipement connecté au réseau.



Dans une adresse IP la partie “Identifiant Réseau” peut être codée sur 1, 2 ou 3 octets. Les trois bits de poids fort du premier octet déterminent la classe de l’adresse et définissent ainsi implicitement le nombre d’octets utilisés pour le codage de l’identifiant du réseau.

Seules les trois premières classes A-B-C peuvent être utilisées pour des adresses effectives d’équipements.

### Les classes d’adresses Internet

**Classe A** : le bit de poids fort du 1er octet est égal à 0.

Octet 1	Octet 2	Octet 3	Octet 4
ID Réseau	ID Equipement		
<b>0</b>			

Adresses classe A utilisables : **1**.0.0.1  
**126**.255.255.254

**Figure 4: Format d’adresse IP classe A**

### Remarques

- L’adresse 127.x.y.z (x, y et z sont respectivement les octets 2, 3 et 4) ne doit jamais être utilisée pour adresser un équipement. C’est une adresse réservée, elle permet de tester le bon fonctionnement de la carte réseau d’un équipement. Cette adresse est appelée Local Loopback (Adresse de boucle locale).
- Pour interconnecter deux réseaux Internet (Identifiant différents) il faut utiliser un équipement d’interconnexion appelé routeur. Celui ci possède au moins deux interfaces réseaux et deux adresses IP.
- L’adresse de diffusion 255.255.255.255 appelée Broadcast permet d’adresser l’ensemble des équipements d’un réseau. Cette adresse de diffusion n’est pas transmise par les routeurs.

**Classe B** : les deux bits de poids du 1er octet sont respectivement égaux à 10

Octet 1	Octet 2	Octet 3	Octet 4
ID Réseau		ID Equipement	
<b>10</b>			

Adresses classe B utilisables : **128**.0.0.1  
**191**.255.255.254

**Figure 5: Format d'adresse IP classe B**

**Classe C** : les trois bits de poids du 1er octet sont respectivement égaux à 110

Octet 1	Octet 2	Octet 3	Octet 4
ID Réseau			ID Equipemt
<b>110</b>			

Adresses classe C utilisables : **192**.0.0.1  
**223**.255.255.254

**Figure 6: Format d'adresse IP classe C**

#### Classe D

La classe D ne peut pas être utiliser pour adresser des équipements individuels, mais elle est utilisée pour la diffusion d'un message à un groupe de nœuds IP.

Octet 1	Octet 2	Octet 3	Octet 4
<b>1110</b>	ID Groupe		

Adresses de groupes utilisables (Classe D): **224**.x.y.z  
**239**.t.u.v

**Figure 7: Format d'adresse IP classe D**

#### Classe E :

La classe E ( 4 bits de poids fort à 1) est réservée pour une utilisation ultérieure.



## 2.3 Modes de transmission<sup>[4]</sup>

### 2.3.1 Mode unicast

C'est le principe le plus utilisé et le plus simple. Les ordinateurs possédant chacun une adresse IP, nous pouvons envoyer les trames en spécifiant l'adresse IP de l'ordinateur à qui nous voulons envoyer les informations. Les éléments actifs et passifs du réseau (commutateurs, répéteurs, routeurs,...) dirigent l'information dans la bonne direction pour que les trames arrivent au bon endroit. Seule la machine ayant l'adresse contenue dans la trame regarde et traite l'information.

### 2.3.2 Mode broadcast

Le principe du broadcast est d'envoyer une information à tous les ordinateurs du réseau où nous l'avons. Au lieu d'envoyer en unicast vers l'adresse IP de chaque machine (ex. 193.169.1.37 avec un masque 255.255.255.0), nous envoyons la trame à tous les ordinateurs du sous-réseau en utilisant l'adresse de broadcast (ici, 193.169.1.255). Cette adresse est réservée à cet usage. Chacun des ordinateurs du sous-réseau regarde et traite la trame comme si elle leur était personnellement adressée.

Les trames de broadcast ont une caractéristique particulière : c'est de ne pas pouvoir passer les routeurs puisqu'il s'adresse uniquement à tous les ordinateurs d'un même sous-réseau.

### 2.3.3 Mode multicast

Plutôt que d'envoyer les fichiers du serveur vers chacune des machines clientes (unicast) nous pouvons n'envoyer l'information qu'une seule fois et chaque ordinateur client la récupère. En effet, dans un réseau Ethernet par exemple, toutes les trames qui circulent passent par tous les ordinateurs. C'est le principe du multicast : nous envoyons l'information à une adresse et tous les clients écoutent cette adresse.

Chaque client multicast s'enregistre avec une adresse IP multicast de classe D (entre 224.0.0.0 et 239.255.255.255 sauf 224.0.0.0 non utilisée et 224.0.0.1 qui correspond au "broadcast du multicast"). C'est sur cette adresse que les informations vont être envoyées.

Les clients écoutent ce qui arrive sur cette adresse et suivent la procédure décrite par le protocole multicast implémenté.

## 2.4 Conclusion

Internet est un réseau informatique mondial (source d'information), son but est l'échange de l'information. Généralement, le trafic d'Internet est transmis via le réseau terrestre existant. L'accroissement de trafic d'Internet nous laisse chercher une système de transmission plus fiable et qui résoudre le problème apporter par les différents supports de transmission terrestre (qualité de service, débit, transmission en temps réel et sans interruption, etc.). Tous ces problèmes sont des avantages pour l'accès au réseau Internet par satellite qui sera étudier dans le chapitre suivant.

## Chapitre 3

### Internet par satellite

#### 3.1 Introduction

De nombreuses applications distribuées peuvent bénéficier de connections à haut débit vers l'Internet (Ethernet 10 Mbits, FDDI, etc.). Cependant, pour obtenir de bonnes performances de bout en bout, les sites distants doivent être reliés par des liens à haut débit qui sont actuellement très onéreux (ATM, etc.). Une solution asymétrique à faible coût peut être réalisée en utilisant des réseaux satellitaire qui peuvent couvrir de larges zones géographiques. La connexion est unidirectionnelle, car les récepteurs ne peuvent transmettre de données sur le réseau satellitaire, mais elle est permanente, à haut débit avec une meilleure qualité de service.

#### 3.2 Liaison Internet par satellite

##### 3.2.1 Schéma synoptique

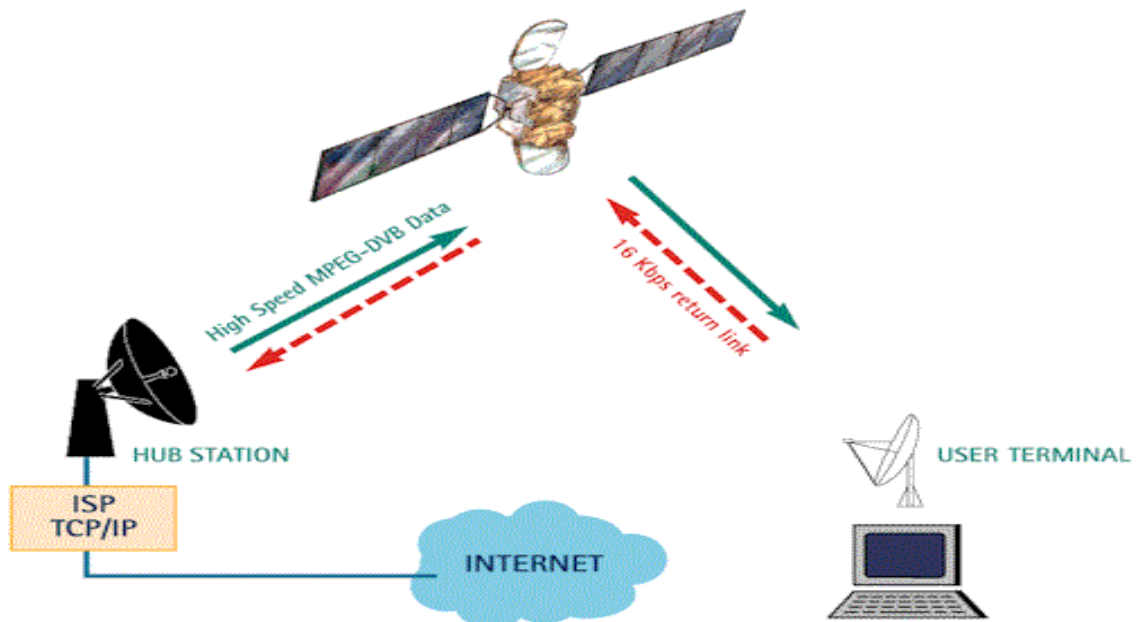


Figure 8: Schéma d'une liaison Internet via satellite

### 3.2.2 Principe de fonctionnement

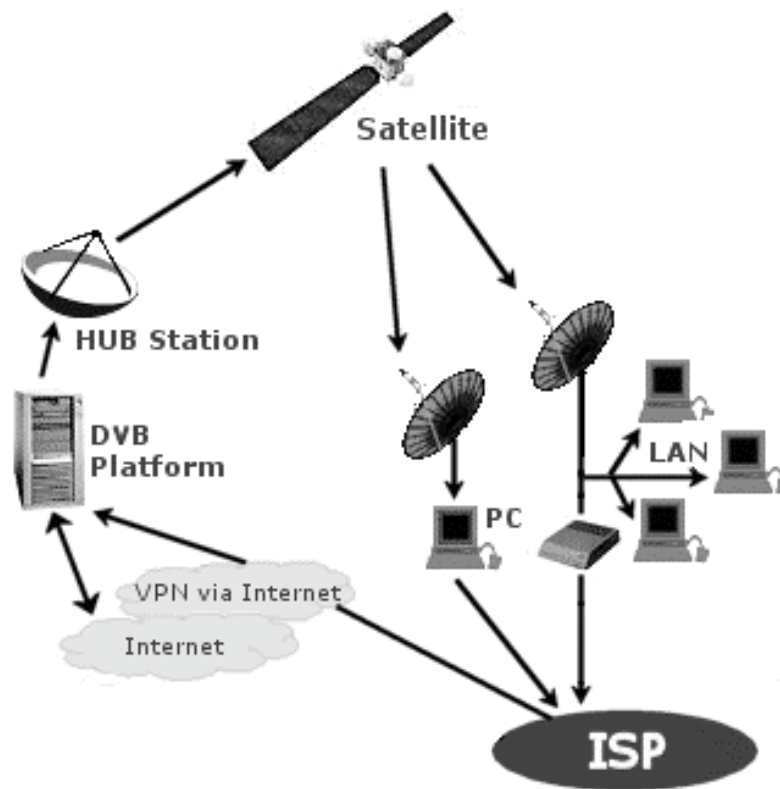
Le principe de fonctionnement de l'Internet par satellite est simple. A l'inverse de la connexion par modem téléphone standard, vous n'avez qu'un « interlocuteur » : les serveurs proxy de fournisseur d'accès situé à la station d'émission (appelée aussi « station d'Uplink »). En effet, là où un internaute utilisant une connexion par modem entrera en contact avec différents serveurs disséminés sur le réseau mondial d'Internet, un internaute « connecté » par satellite ne communiquera qu'avec un seul serveur qui est chargé de récupérer les demandes de l'abonné et de lui retransmettre le résultat de ses requêtes par la voie des airs. L'inconvénient de cette liaison c'est qu'en cas de panne du serveur de la station d'émission : il est impossible de contacter quelques sites Internet que ce soit sans avoir à retourner à une utilisation complète de l'accès Internet terrestre. La fiabilité du matériel du fournisseur d'accès devient alors un élément non négligeable.

### 3.2.3 Circulation bidirectionnelle de l'Internet par satellite

Le satellite est en relation permanente avec une station terrestre qui lui envoie les informations à partir d'une dorsale Internet alors que l'utilisateur est en relation indirecte avec celui-la : c'est à dire les informations émises par l'utilisateur sont transmises par une ligne téléphonique terrestre (modem/RTC ou numéris).

Le protocole UDLR ( Uni Direction Link Routing) est un mécanisme standard qui ouvre la bi-directionnalité du canal satellitaire en utilisant, par exemple, une voie de retour terrestre (modem téléphonique) tout en supportant l'ensemble des applications au standard Internet (IP, TCP, UDP, etc.). Il constitue, dans un environnement satellitaire, un outil puissant pour : d'une part, fournir une connectivité IP complète (unicast et multicast) en complémentarité avec des infrastructures terrestres existantes et d'autre part, permettre l'émergence et le déploiement rapide de nouveaux usages de l'Internet.

Les classes de débits vont de 128 kbit/s à plusieurs Mbits/s. 2, 4 ou 8 Mbit/s. pour les solutions courantes les plus rapides.



**Figure 9 : Internet via satellite bidirectionnelle**

L'envie de surfer sur le Net ou l'envoi d'un e-mail vous prend alors cliquez simplement sur votre souris et vous êtes sur Internet :

Si votre PC ou serveur reste allumé, tout votre courrier et/ou données, vous sont automatiquement renvoyés dès qu'ils sont reçus par le Hub. Cela vous fera économiser les temps d'essais de connexions, les attentes de ligne libre, fournisseur d'accès occupé etc. Dans le cas où votre PC ou serveur serait éteint, tous vos messages seront stockés sur le Hub pour vous être transmis ultérieurement, dès que vous êtes de nouveau en ligne.

### 3.2.4 Qualité de transmission<sup>[5]</sup>

Les machines informatiques travaillent dans un environnement sans erreur. Les systèmes de codage des signaux sonores et vidéo sont maintenant très performants en terme de taux de compression et de débits nécessaires mais deviennent aussi de plus en plus sensibles aux erreurs. Les systèmes de transmission, quels qu'ils soient, doivent en conséquence garantir l'intégrité des flux binaires.

Les liaisons hertziennes spatiales étant soumises aux aléas de la propagation, des mécanismes de correction d'erreur ont été mis au point pour lutter, dans une certaine mesure, contre les affaiblissements et les brouillages. Des codes correcteurs d'erreur très puissants permettent d'obtenir des taux d'erreurs de l'ordre de  $10^{-12}$  sur les données, soit en fait un transfert globalement sans erreur, pour un taux d'erreur binaire (TEB) sur le canal de l'ordre de  $10^{-12}$ . La contre-partie de cette puissance est l'existence d'un seuil sur la qualité de la liaison au-dessous duquel le service devient totalement inexploitable, les codes correcteurs sont alors saturés et créent des erreurs en avalanche au lieu de les corriger.

La qualité de transmission hertzienne numérique est exprimée par le taux d'erreur et la disponibilité, elle est déterminée par des calculs de bilans de liaison.

Les bilans de liaison sont calculés à partir de très nombreux paramètres, le bilan global combine le bilan "thermique" et les calculs de brouillage par les autres systèmes en exploitation.

Les bilans "thermiques" sont fixés par les caractéristiques des équipements et les conditions météorologiques en considérant que la transmission est totalement isolée par rapport aux autres systèmes.

### **3.2.5 Quelques aspects réglementaires<sup>[5]</sup>**

L'Union Internationale des Télécommunications (UIT), organisme spécialisé de l'ONU, définit l'occupation du spectre des fréquences lors des Conférences Mondiales des Télécommunications (CMT). Le monde a ainsi été partagé en trois "Régions" et les usages ont été répertoriés et répartis dans différents "Services".

Trois ensembles de bandes de fréquences sont disponibles :

	Espace vers terre	Terre vers espace
bande C	3,400 - 4,200 GHz 4,500 - 4,800 GHz	5,925 - 6,725 GHz 6,725 - 7,025 GHz
bande Ku	10,70 - 10,95 GHz 10,95 - 11,20 GHz 11,20 - 11,45 GHz 11,45 - 11,70 GHz 11,70 - 12,50 GHz 12,50 - 12,75 GHz	
		12,75 - 13,25 GHz 13,75 - 14,50 GHz
bande Ka	17,70 - 20,10 GHz	28,60 - 31,00 GHz

**Tableau 6: Bandes de fréquence pour l'Internet par satellite.**

### 3.3 Modes de connexion<sup>[6]</sup>

Il existe deux modes de connexions : mode Push et mode Pull qui sont fréquemment utilisés aujourd'hui pour décrire la manière dont les documents sont transmis dans réseau Internet.

#### 3.3.1 Mode Pull

Le terme Pull littéralement signifie "tirer". Quand l'internaute décide d'aller sur le site de Yahoo pour y mener une recherche, nous disons qu'il est en train de "tirer" (pull) l'information du serveur de Yahoo jusqu'à son système. Cette action est assimilée comme un pull à l'état pur... Cependant, nous pouvons continuer à faire du pull en déléguant certaines tâches répétitives à un agent. Si par exemple, au lieu de se connecter directement à Yahoo Cette tâche est déléguée à un agent de recherche (par exemple WebSeeker), il s'agit toujours de pull. Dans ce cas, l'agent remplace l'internaute et il "tire" les documents demandés. Dans la démarche pull, ce qui est important c'est que l'utilisateur est actif dans son choix. De même, si avec un agent de veille comme Webspector vous décidez de surveiller le site Web d'un

concurrent, c'est toujours du pull même si l'agent stocke les pages qu'il trouve et donne l'impression de les "pousser" vers la cible (push).

### 3.3.2 Mode Push

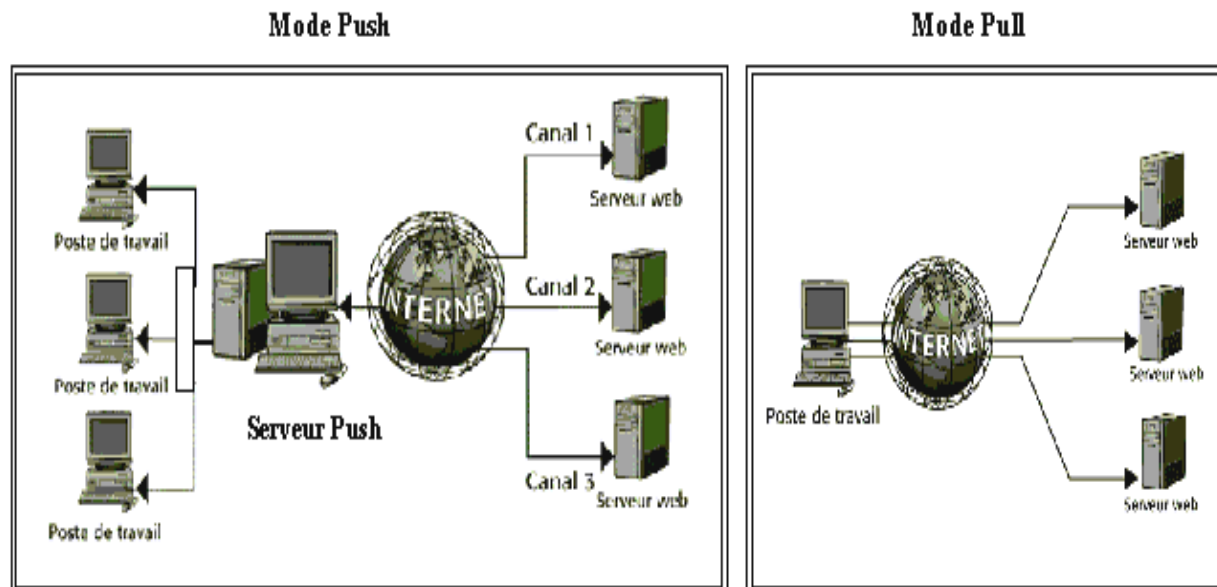
Le terme push signifie "pousser", c'est une autre possibilité intéressante de la réception de données par satellite vers un micro-ordinateur : le Push de données. Ce mode de réception de données rejoint complètement l'utilisation d'un satellite de façon normale. L'intérêt de l'utilisation d'un satellite est la possibilité de toucher des millions d'utilisateurs (ou spectateurs) en un seul envoi de données. A l'inverse, en utilisation point à point (principe de base de l'Internet), le service du satellite ne seront utilisés que pour une seule personne isolée. Le mode Push peut donc être utilisé pour émettre des données intéressant un large public. Nous pouvons donc imaginer l'envoi de centaines de sites Internet vers tous les postes d'un groupe d'abonnés ayant les mêmes centres d'intérêts. Par ailleurs, l'utilisateur n'a plus besoin d'effectuer de requêtes sur les serveurs proxy de son fournisseur d'accès et par conséquent, n'a même plus besoin de se connecter à l'Internet pour recevoir des données. Ce type de transmission est le plus économique pour une société de service utilisant un satellite, mais moins personnalisé pour un internaute qui ne choisira par forcément ce qu'il lui sera envoyé.

Dans une optique push, en revanche l'utilisateur joue un rôle beaucoup moins actif car l'information est "poussée" vers son système. C'est exactement le même principe que la télévision. Il existe des dizaines de chaînes qui diffusent de l'information et le rôle de l'utilisateur consiste uniquement à choisir la chaîne qui le convient et à la suivre.

En somme le principe du Push consiste à apporter aux utilisateurs l'information de manière directe. Désormais ceux-ci n'ont plus besoin de naviguer sur le réseau pour trouver les éléments dont ils ont besoin. Il y a donc une opposition de nature entre le push et le pull, qui représente la méthode classique d'utilisation de l'Internet.

La technologie Push a permis la mise sur pied de logiciels de diffusion de données sur Internet pour permettre aux utilisateurs de recevoir les éléments d'information en temps réel et suivant des critères personnalisés.





**Figure 10: Opposition push / pull**

Cette technologie introduit une forte notion de personnalisation: chacun peut choisir et modifier au choix la nature des informations qu'il souhaite recevoir, ainsi que la manière dont il souhaite les recevoir (fréquence des mises à jour par exemple).

Quant à l'usage, cette technologie pourrait être utilisée en vue de : l'envoi des messages et documents internes dans le réseau ; diffuser des articles de journaux et documents multimédias (visioconférence), faire de la publicité, ...

### 3.4 Normalisation MPEG-2/DVB

#### 3.4.1 Norme MPEG-2<sup>[10-VI&VII]</sup>

MPEG-2 (**M**oving **P**ictures **E**xperts **G**roup) est un standard générique de codage vidéo/audio, unique à l'échelle internationale et indépendante des applications et des supports de stockage ou de transmission. Il s'affirme comme étant un acteur majeur de la vidéo numérique d'aujourd'hui et de demain.

Le numérique s'impose dans tous les domaines, qu'il s'agisse de l'image, du son ou de la transmission de données, et la vidéo ne peut qu'emprunter le même chemin. Pour passer de la vidéo analogique traditionnelle à la vidéo numérique, il est indispensable de créer des formats spécifiques, entièrement compatibles avec le monde informatique. Le MPEG-2

remplit ces conditions et s'affirme comme le format incontournable de la vidéo d'aujourd'hui et de demain.

### **Numériser la vidéo**

De par sa structure même, la vidéo est complexe à numériser et s'avère très gourmande en débit, ce qui implique un besoin en espace disque très important. Il ne faut pas oublier que la vidéo mélange images et sons au rythme élevé de 25 images par seconde. Cette cadence est en effet indispensable pour assurer la perception fluide des mouvements par l'œil. Une image vidéo numérisée est représentée par 768 lignes composées chacune de 576 pixels. Les couleurs sont codées sur 16 bits afin d'obtenir un nuancier de 16 millions de couleurs, offrant ainsi une gamme de nuances très étendue. Si nous numérisons chaque image individuellement, nous obtenons un poids de fichier de 884 736 octets ( $768 \times 576 \times 16 = 7077888$  bits). A une cadence de 25 images par seconde, nous arrivons ainsi à un débit de 21,6 Mo/s. Difficile dans ces conditions de stocker ou de faire circuler de la vidéo. Il apparaît donc indispensable de la compresser en limitant toutefois les pertes inhérentes à ce genre d'opération.

### **Les différents moyens de compresser la vidéo**

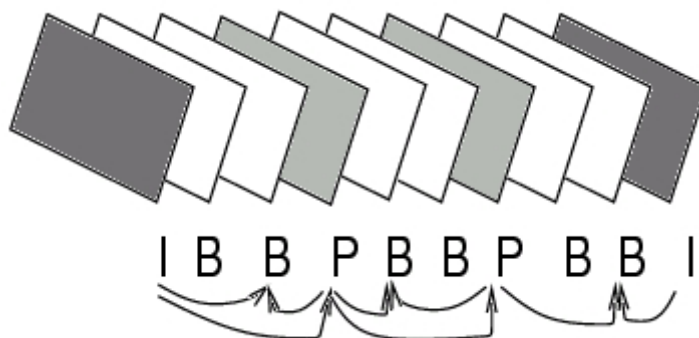
Plusieurs solutions existent pour diminuer le débit nécessaire à une vidéo. Nous pouvons déjà réduire le nombre d'images par seconde, mais il faut savoir qu'en dessous de 16 i/s, l'œil commence à percevoir une très désagréable saccade des mouvements. Il est également possible de restreindre la taille de l'image, mais il faudra alors agrandir numériquement chaque pixel pour que la vidéo s'affiche en plein écran, procurant alors une forte pixellisation. Enfin, nous pouvons simplement restreindre la gamme des couleurs visibles, au risque de transformer sensiblement la réalité. Mais le résultat le plus intéressant consiste à compresser la vidéo dans son ensemble. Nous agissons soit par compression spatiale, soit par compression temporelle. Dans le premier cas, nous partons du principe qu'il existe dans chaque image des zones aux caractéristiques communes (contraste, luminosité, colorimétrie). Inutile alors de coder séparément chaque pixels. Il suffit alors d'en coder un et de signaler que les autres sont identiques, ce qui permet de gagner beaucoup de place. C'est le principe adopté pour la compression d'images fixes en JPEG (Joint Picture Expert Group) qui est appliqué aux séquences animées. Il a donné naissance au Motion JPEG, appelé aussi MJPEG. Il est employé par la plupart des cartes d'acquisition vidéo et dans la technologie DV (Digital Vidéo). La compression temporelle utilise une toute autre méthode, en constatant qu'il y a peu de différences entre des images consécutives. C'est le principe utilisé par le

MPEG qui s'avère environ 4 fois moins gourmand en espace disque que le MJPEG, à qualité visuelle égale.

## Les principes de base

Pour compresser au maximum le signal vidéo, le MPEG-2 fait appel à des algorithmes très complexes. Le principe de base du MPEG consiste donc à coder une image de référence, et de noter les suivantes uniquement par leurs variantes. Ainsi, lorsque nous filmons en plan fixe un paysage traversé par une voiture, seule cette dernière crée une différence d'une image à l'autre. Inutile alors de coder l'ensemble des images. L'image de référence s'appelle I, les images suivantes P ou B. Les images P sont Prédites, et composées à partir de l'image I qui les précède. Les images B sont Bidirectionnelles, dépendant des images I et P qui les entourent, de chaque côté. Chaque image I, B ou P est à son tour compressé suivant un algorithme proche de celui utilisé par le MJPEG. Bien sûr, plus la scène est statique, et moins les fichiers B et P seront lourds. En général, nous constatons que les images P pèsent environ 50% d'une image I, alors que les images B n'en représentent qu'environ 15%. C'est d'ailleurs grâce à ces dernières que nous arrivons à des débits très faibles, sans nuire à la qualité.

Le dessin de la figure 11 permet de comprendre le mécanisme. Au départ, l'encodeur code une image I. Cette image ne fait aucune référence à une autre image. À partir de cette image, l'algorithme de l'encodeur calcule une prédiction et code la différence entre la prédiction et l'image; c'est une image P. Cette image P sert elle-même à prédire une autre image P, jusqu'à ce qu'il soit décidé de coder à nouveau une image I. Entre les images I et P, l'encodeur utilise la prédiction bidirectionnelle cette fois sur base des images P ou I les plus proches. C'est ainsi qu'il parvenu à glisser deux images B entre des images I et P sans dégradation perceptible de la séquence.



**Figure 11 : Schéma de codage temporel dans MPEG.**

Suivant le MPEG-2 que nous le souhaitons obtenir, il est possible de faire varier le nombre d'images I, B et P qui entrent dans la composition de l'image vidéo. Cette valeur s'appelle un GOP (Group Of Pictures), et est fixé sur toute la longueur du film. On trouve des GOP d'une seule image (I, cas du Fast 601), de deux images (IB, utilisé pour le Betacam SX ou IP, pour la Pinnacle DC1000), de six images (IBBPBB), de huit images (IBBPBBBP), voire de 12 images comme pour le MPEG1 (IBBPBBBPBBPBB). Il n'y a pas vraiment de règles précises, et chaque fabricant d'encodeur MPEG hard ou soft est libre de définir le GOP qui lui convient (certains logiciels d'encodage MPEG permettent même à chacun de choisir la longueur de son GOP).

La taille du GOP a logiquement une influence sur le poids d'une seconde de vidéo (plus il est long et moins le fichier sera lourd). Mais ce n'est pas la seule façon de le faire varier. Il en existe deux autres, qui ont une interaction directe avec la qualité de l'image résultante. La première consiste à faire varier le taux de compression appliqué à la vidéo. A nouveau, deux possibilités pour y arriver : soit nous appliquons un taux de compression fixe (CBR pour Constant Bit Rate) soit un taux variable (VBR pour Variable Bite Rate). Dans le premier cas, l'image I est compressée dans son ensemble, quel que soit son contenu. Si nous choisissons le mode VBR, la compression de chaque image I est variable suivant son contenu.

Autre méthode pour influencer sur le débit vidéo et la qualité finale, la possibilité de jouer sur la taille de l'image. Les membres du Moving Picture Expert Group ont déterminé quatre tailles d'images, appelés aussi Level. Nous trouvons tout d'abord le Low Level (352x288 en PAL ou 352x240 en NTSC) qui reprend le format appliqué au MPEG-1 et destiné à diminuer le débit vidéo. La Main Level, format le plus répandu, utilise la totalité d'une image vidéo (720x576 en PAL ou 720x480 en NTSC). C'est lui qui est employé pour la mastérisation des DVD-Video (Digital Vidéo Disc Vidéo). Enfin, deux autres formats existent, le High Level et le High 1440 Level. Ils sont destinés à la future TVHD (Télévision Haut Définition), avec des tailles d'image de 1920x1080 et de 1440x1152.

Pour standardiser également le type de flux MPEG-2, nous utilisons des Profile. Nous distinguons également 4 (Simple, Main, Main+, Next), mais le plus commun reste la Main Profile. Il est compris par l'ensemble des décodeurs, utilisé pour le DVD-Video et la télévision et Internet par satellite. A lui seul, il représente plus de 95% des utilisations du MPEG-2.

## **Normes de MPEG**

De leurs réflexions sont nés différents formats, regroupés sous les références MPEG-1, MPEG-2, MPEG-4 et MPEG-7. Chacun répond à un besoin spécifique. Conçu pour les applications multimédia, le MPEG-1 offre une qualité vidéo proche du VHS. Le MPEG-4 reprend les mêmes principes mais est destiné à la base aux communications mobiles, alors que le futur MPEG-7 est plus tourné vers la communication réseaux. Mais c'est le MPEG-2 qui intéresse les professionnels de la vidéo en adaptant les principes du MPEG-1 à une qualité d'image de type Broadcast, c'est à dire diffusable. C'est d'ailleurs lui qui est destiné à assurer le traitement de la TVHD de demain (Télévision Haute Définition) depuis l'abandon du MPEG-3. Il faut dire que la TVHD ne fera qu'accentuer le problème avec une taille d'image nettement supérieure (1920x1080) imposant des débits atteignant alors 75 Mo/s ! Le MPEG-2 a été élaboré et approuvé par le Moving Picture Expert Group en 93 et 94 et concerne la définition des standards MPEG-2 Vidéo, MPEG-2 Audio et MPEG-2 Système. Il est régi par 9 normes définissant tant les statuts du standard international que différents niveaux de compléments. Pour information, le standard MPEG-2 est défini par l'ISO (Organisation Internationale de Normalisation) sous l'article ISO/IEC JTC1/SC29/WG11. Mais il faut savoir que cette normalisation n'est pas fermée, et le MPEG-2 est ouvert à des évolutions ou des particularités, au bon vouloir des fabricants de matériels ou concepteurs de logiciels.

### **Les différentes applications**

La principale utilisation du MPEG-2 concerne la diffusion de films. Nous le trouvons bien sûr dans les DVD-Video, qui permettent de faire tenir jusqu'à 4 heures de vidéo sur un disque de 12 cm. La qualité obtenue est supérieure à celle du VHS (Vidéo Home Salon) et s'apparente à celle obtenue avec des systèmes vidéo analogiques de type Broadcast. Cela est dû à plusieurs raisons. Tout d'abord, nous gagnons environ 20% en débit (passage d'un Frame Rate de 30Hz à 24 Hz). Mais le plus important vient du fait que le MPEG-2 procure une vidéo non entrelacée, ce qui réduit sensiblement les problèmes de flou occasionnés par les mouvements, tout en améliorant la netteté générale de l'image. Ainsi, il ne faut pas oublier que les sources servant à faire des DVD-Video sont généralement de meilleure qualité que celles utilisées pour la copie sur cassettes VHS (numérisation directe du film 70 mm et non-utilisation d'un master vidéo intermédiaire). Le MPEG-2 est aussi utilisé pour la transmission via satellite ou câble optique de programmes TV. En compressant chaque canal, il est possible

de faire passer beaucoup plus de programmes dans un même " tuyau ". C'est aussi un excellent moyen de stockage de films vidéo, tant pour l'amateur que pour le professionnel. L'avènement de supports de stockage de haute capacité à bas coûts (disques durs, DVD-RAM, voire DVD-ROM) ne fera qu'amplifier l'utilisation du MPEG-2. Enfin, il ne faut pas oublier que ce standard vidéo, prévu à la base pour marier vidéo et informatique, est quasiment universel.

### 3.4.2 Norme DVB<sup>[11]</sup>

DVB signifie Digital Vidéo Broadcast, c'est un standard basé sur le MPEG-2. DVB définit comment transmettre des signaux MPEG-2 en utilisant le satellite, le câble et la diffusion terrestre, comment transmettre les informations de systèmes, les guides de programmes en utilisant le système de codage utilisé pour protéger le signal.

Le projet DVB repose sur les principes de codage contenus dans la norme MPEG 2. Il a créé des sur couches d'informations pour proposer des systèmes complets de codage, de transmission et d'embrouillage de programme (audio, vidéo, multimédia).

DVB a défini des standards de diffusion pour plusieurs supports :

<b>DVB-S</b>	Diffusion sur satellite
<b>DVB-C</b>	Diffusion sur tous réseaux câblés.
<b>DVB-T</b>	Diffusion sur un réseau terrestre
<b>DVB-MC /S</b>	Système de diffusion multipoint par micro ondes
<b>DVB-SI</b>	Système d'information de service, qui permet à l'utilisateur de naviguer à travers le monde DVB.
<b>DVB-CA</b>	Un système d'embrouillage commun.
<b>DVB-CI</b>	Une interface commune pour les systèmes de contrôle d'accès.

**Tableau 7 : Les standards de diffusion de DVB**

Toutes ces normes ont été pensées pour être suffisamment souples afin que chaque acteur puisse y trouver son compte.

□ **les standards proposés doivent être :**

\* Ouvert : les standards sont accessibles à tous.

\* Inter opérable : un appareil conforme au standard, s'adapte sans problème au réseau.

\* Flexible : le transport de données est basé sur le standard MPEG. Celui ci encapsule en paquet ces données. Les systèmes DVB sont pensés pour avoir un maximum d'élément en commun. Cela permet de passer d'un réseau de distribution à un autre, simplement, sans de coûteuses opérations de décodage-recodage.

□ **La transmission de signaux à la norme DVB**

L'application de la norme DVB permet de multiplier par 6 ou 9 les capacités de diffusion de programmes audiovisuels d'un répéteur satellite. C'est la numérisation des signaux qui permet de telles performances. Le nombre de programmes par répéteur dépend du taux de compression utilisé pour chacun des programmes ainsi que de la diffusion d'éventuels services interactifs. Les images utilisées comme source pour la diffusion numérique DVB sont à la norme 4: 2: 2 avec une définition maximale de 576 lignes de 720 points où chaque point (pixel) est codé sur 12 bits. Cette norme est ainsi appelée parce que, successivement, quatre valeurs de luminance, deux valeurs de chrominance rouge et deux valeurs de chrominance bleue sont transmises après avoir été échantillonnées. Pour permettre la diffusion d'images avec une telle définition, il faudrait un débit théorique de:  $720\text{pts} * 576\text{lignes} * [12\text{bits (lum)} + 12\text{bits (chrom)}] * 25\text{images/s} = 248,832 \text{ Mbit/s}$

□ **Service d'accès DVB/IP par satellite :**

Le service d'accès DVB/IP par satellite admet la présence d'un FSI pour achever la connectivité d'Internet unidirectionnelle. La technologie DVB/IP permet la transmission d'information IP sur flux de transport MPEG2/DVB de diffusion.

A l'exception des Etats-Unis d'Amérique, du Mexique, du Canada et de la Corée du Sud, le DVB a été adopté par tous les pays dans le monde pour la télévision et la radio numérique

### 3.5 Conclusion

L'Internet par satellite est un moyen d'accéder à l'Internet en passant par un prestataire de service spécialisé qui retransmet les demandes des utilisateurs par satellite. Les utilisateurs équipés d'une carte de réception DVB-MPEG2 réseau et d'une parabole reçoivent leurs demandes par satellite à des débits qui peuvent atteindre plus de 2Mb/s. En théorie, il est possible de recevoir un retour de fichier par satellite à des vitesses pouvant aller jusqu'à 48Mb/s.

Les applications Internet qui peuvent utiliser le satellite sont :

- Les navigateurs Web (Microsoft Internet Explorer, Netscape Navigator, Opéra...) pouvant utiliser un proxy.
- Les clients FTP pouvant être configurés pour utiliser un proxy
- Les accélérateurs de téléchargement (en se connectant sur le serveur)
- Windows Media Player (en mode TCP/IP et non UDP).
- ICQ 2000 en utilisant le mode proxy HTTP. . et en général, tous les logiciels supportant les proxy http.

les applications qui ne marchent pas alors :

- Les clients FTP comme Cute FTP, WS\_FTP, etc.
- MIRC et autres clients IRC.
- Napster et les autres logiciels d'échanges de fichiers MP3 ou divers. Et en général, les logiciels n'utilisant pas le protocole HTTP ou ne supportant pas l'utilisation de proxy.

Néanmoins, ce n'est pas parce que les informations ne redescendent pas par satellite que les logiciels ne fonctionnent pas! Vous pouvez tout à fait continuer à utiliser (par exemple) Mirc, mais vous ne bénéficiez pas de la vitesse l'accès satellite.



## **PARTIE II**

### **ETUDE THEORIQUE D'UNE INTERFACE D'EMISSION D'INTERNET PAR SATELLITE**

**Chapitre 1 : Etude théorique de l'interface d'émission Internet  
par satellite**

**Chapitre 2 : L'Art de l'ingénierie**

## Chapitre

# Etude théorique de l'interface d'émission Internet par satellite

## 4.1 Introduction

Aujourd'hui, de nombreuses stations terrestres veulent accéder aux satellites par l'intermédiaire de fréquences spécifiques pour pouvoir transporter leurs informations. S'il n'y avait pas de politique d'accès au support, les signaux transmis par une station se confondraient avec d'autres provenant d'une source différente ; ces signaux seraient alors incompréhensibles et impossibles à décoder. Ceci engendrerait donc leur perte et il serait nécessaire de les retransmettre. De plus, il n'est pas envisageable d'avoir des canaux satellitaires dédiés à une station car ce système serait beaucoup trop coûteux. La mise en place d'une politique d'accès aux canaux satellitaires a donc été réalisée tout d'abord pour permettre à plusieurs stations ou utilisateurs d'accéder à un même canal de transmission. Ensuite, pour avoir une exploitation maximale des transpondeurs du satellite tout en garantissant qu'il y ait le moins de collisions possibles.

## 4.2 Les politiques d'accès aux canaux satellites<sup>[7]</sup>

Les différentes politiques d'accès que nous pouvons trouver dans le domaine des communications par satellites sont :

- AMRF
- AMRT
- AMRC

### 4.2.1 L'Accès Multiple à Répartition en Fréquence (AMRF)

C'est le premier procédé employé, il a tendance à disparaître. Il est particulièrement adapté aux transmissions analogiques. L'équipement nécessaire est important au niveau spatial et terrestre. En effet, chaque station terrestre doit comporter : un modulateur, un émetteur,  $n$  démodulateurs et  $n$  récepteurs. De plus, chaque satellite doit posséder la possibilité d'amplifier simultanément  $n$  porteuses.

Cette technique analogique a été l'une des premières utilisées, son principe est pour  $n$  stations dans le système de communication, de découper la bande passante du transpondeur satellitaire en  $n$  sous-bandes (500 sous-bandes de fréquence par transpondeur). Chaque sous-bande est assignée à une station et lui permet d'émettre simultanément mais indépendamment des autres stations. Pour pouvoir mettre en place cette technique, chaque station possède un modulateur un émetteur,  $n$  récepteurs et  $n$  démodulateurs.

### 4.2.2 L'Accès Multiple à Répartition dans le Temps (AMRT ou TDMA)

Cette méthode d'accès est à l'heure actuelle la plus utilisée dans le domaine de transmission par satellite. Son rendement est bien meilleur que celui de l'AMRF. De plus, si des nouvelles stations arrivent dans le système de communication, il est facile de découper de nouvelles tranches de temps. Nous pouvons distinguer deux types d'AMRT: l'AMRT statique, le plus simple, et l'AMRT dynamique.

#### L'AMRT statique

Le principe de cette technique est de découper le temps en plusieurs tranches qui vont être affectées aux stations terrestres. Dans ce cas toutes les stations émettent sur le canal avec la même fréquence tout en utilisant la totalité de la bande passante, mais de façon successive. Au contraire de l'AMRF, les stations sont donc équipées que d'un récepteur et d'un démodulateur. Par ailleurs, cette technique nécessite le besoin d'une station de synchronisation temporelle ainsi que le besoin de synchroniser l'émission au début de tranches pour éviter les chevauchements de signaux. Pour cela, il y a entre chaque tranche de temps un intervalle réservé à cet effet.

Chaque tranche de temps est composée d'un en-tête. Les premiers bits de cet en-tête sont utilisés pour l'acquisition des circuits de recouvrement de porteuse et de rythme du

démodulateur. L'en-tête sert également à identifier la station émettrice. Plus les tranches de temps sont grandes et l'en-tête prend de place minime par rapport aux données à transmettre, le taux d'utilisation du canal satellite augmente.

**Problème:** si la station n'utilise pas sa tranche de temps pour émettre, il y a perte de la tranche : d'où la naissance de l'AMRT dynamique.

### 4.2.3 L'Accès Multiple à Répartition par Code (AMRC)

Le principe de cette méthode d'accès est l'allocation de canal par durée et non par paquet, ceci en utilisant un code identifiant chacune des stations du système de communication. En effet, les stations peuvent alors utiliser la totalité de la bande passante, le code qui leur est affecté permet de dissocier les données qu'elles envoient de celles des autres stations. En effet, toutes les stations vont émettre sur le même canal en même temps, avec la même fréquence, mais chacune de ces stations pourra reconnaître les données qui lui sont destinées grâce au code d'identification approprié.

Dans ce système, chaque temps bits (durée de transmission d'un bit) est décomposé en  $m$  intervalles de temps élémentaires, appelés chips. Un exemple simple pour illustrer la méthode AMRC, est le codage de la valeur binaire 1 par +1 et celui de la valeur binaire 0 par -1. Nous Prenons l'exemple d'une station qui est identifié par son code 00011011. Pour transmettre un bit à 1, la station transmet la séquence de chips (-1 -1 -1 +1 +1 -1 +1 +1) et pour transmettre un bit à 0, elle transmet la séquence de chips (+1 +1 +1 -1 -1 +1 -1 -1). Aucune autre station du système de communication ne peut utiliser ces deux séquences spécifiques à cette station.

### 4.3 Schéma synoptique de l'interface d'émission

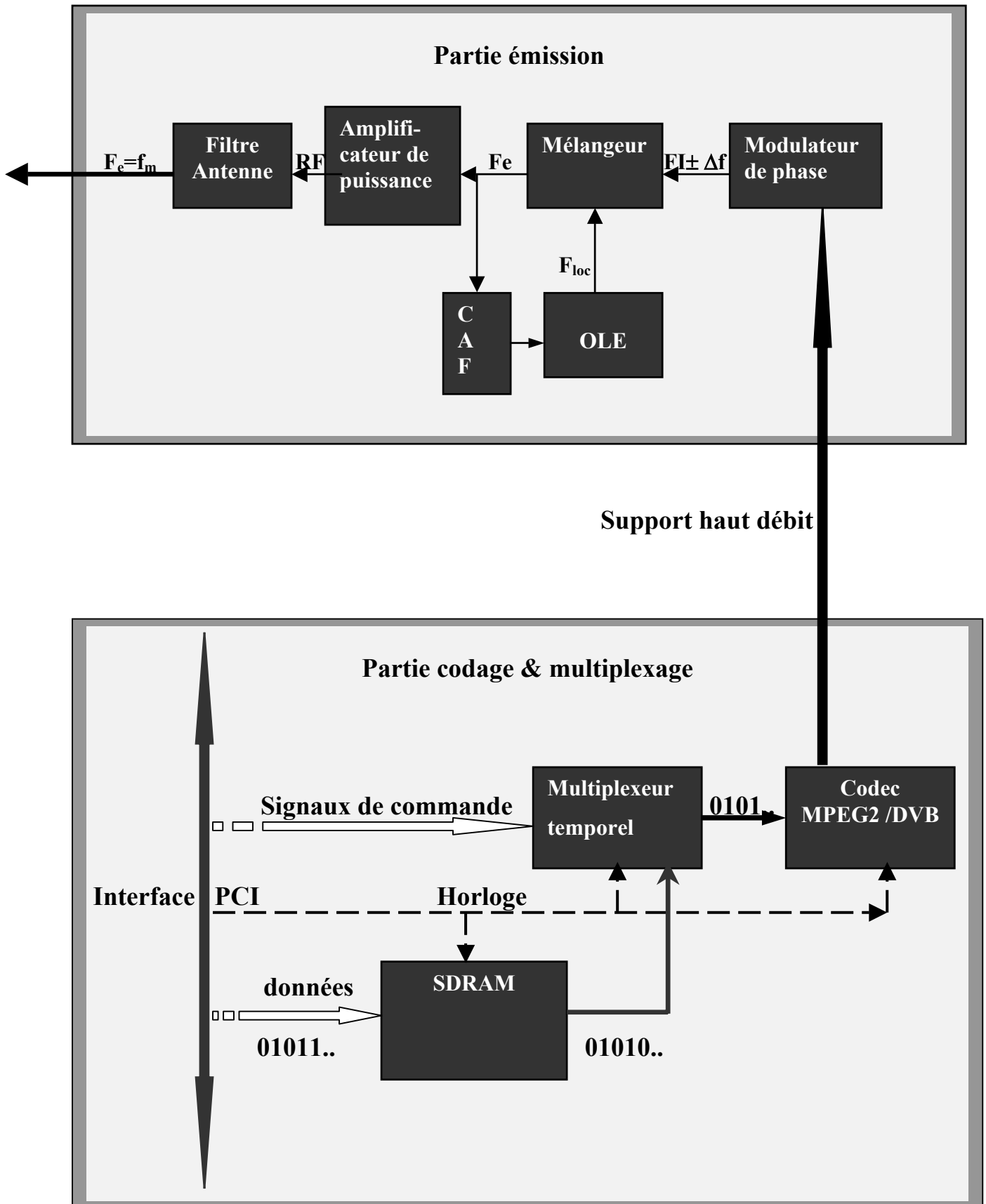


Figure 12 : Schéma synoptique de l'interface d'émission

## □ Interprétation de schéma synoptique :

**Partie codage et multiplexage :** comporte les éléments suivants:

- Une interface PCI
- Un multiplexeur
- Un codec MPEG2/DVB
- Une mémoire dynamique SDRAM

Après certaines traitements, les informations sont encapsulées sous formes de paquets. Au début ils sont stockés dans la mémoire SDRAM pour être utiliser par le multiplexeur.

→ L'horloge est généré à partir d'un base de temps , il est le chef d'orchestra qui assure la synchronisation de multiplexeur et le codec MPEG2/DVB ainsi le SDRAM.

→ Les signaux de commande sont générés par un microcontrôleur qui surveille le fonctionnement de cette étage.

Le fonctionnement de différents étages peut être piloté par le microprocesseur.

**Partie émission :** comporte les éléments suivants :

- un modulateur de phase ( Ce dispositif sera examiné plus en détail dans le sous-chapitre).
- mélangeur accordé à un oscillateur local, ses entrées sont : la fréquence intermédiaire (FI) et la fréquence local ( $f_{loc}$ ), et sa sortie est la fréquence d'émission ( $f_e$ ).
- une commande de contrôle automatique de fréquence destinée à limiter les dérives lentes de l'oscillateur
- un ampli de puissance dont le gain est relativement élevé puisqu'en sortie nous cherchons une puissance de l'ordre du KW.
- un filtre passe-bas

La connexion entre la partie émission et la partie multiplexage codage se fait par l'intermédiaire d' un support haut débit.

## 4.4 Etude de bloc d'émission<sup>[V]</sup>

### 4.4.1 Bloc de modulation

#### a) Définition

La modulation d'une onde consiste à faire varier dans le temps un ou plusieurs de ses paramètres : son amplitude, sa fréquence, sa phase en fonction du signal représentatif des informations à transporter.

Deux types de signaux à moduler sont possibles:

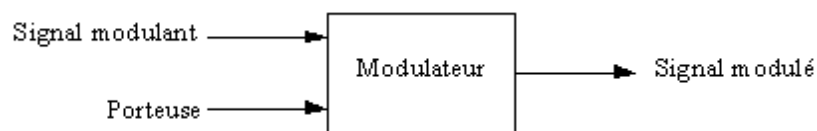
- Les signaux analogiques (signaux continus): téléphonie, télévision ...
- Les signaux numériques (signaux discrets): téléphonie, données, télévision ...
  - Les transmissions analogiques :

La technique de modulation des signaux analogiques utilisée pour les satellites est la modulation de Fréquence (Frequency Modulation). Le signal analogique à transmettre module une fréquence porteuse  $F_p$ , c'est-à-dire explore une gamme de fréquences ( $F_1$  à  $F_2$ ) autour de cette même porteuse.

- Les transmissions numériques :

Bien que la modulation de fréquence soit aussi utilisée, la modulation de phase PM (Phase Modulation) est la technique la plus utilisée pour les transmissions numériques par satellite.(figure13)

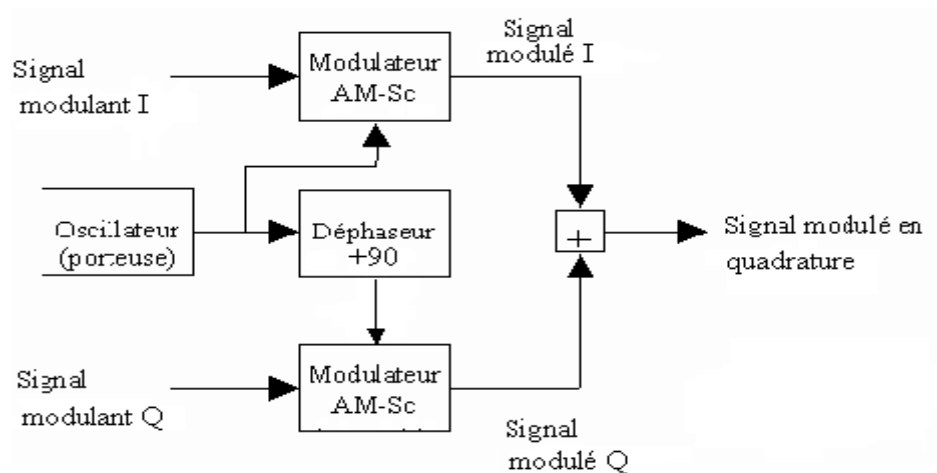
La modulation de phase choisie est la MDP4 (Modulation par Déplacement de Phase à 4 états) ou QPSK (Quadrature Phase Shift Keying). Cette technique fournit quatre niveaux par élément d'information à transporter.



**Figure 13: Schéma bloc d'un modulateur**

## b) Modulation en quadrature<sup>[8]</sup>

Lorsque le saut de phase désiré doit être différent de  $180^\circ$ , la modulation en quadrature s'impose. Ce type de modulation consiste à prendre deux porteuses de même fréquence, mais déphasées l'une par rapport à l'autre de  $90^\circ$  (quadrature). Ces porteuses sont ensuite modulées en amplitude, puis additionnées l'une avec l'autre. (figure 14)



**Figure 14: Schéma de principe du modulateur QPSK**

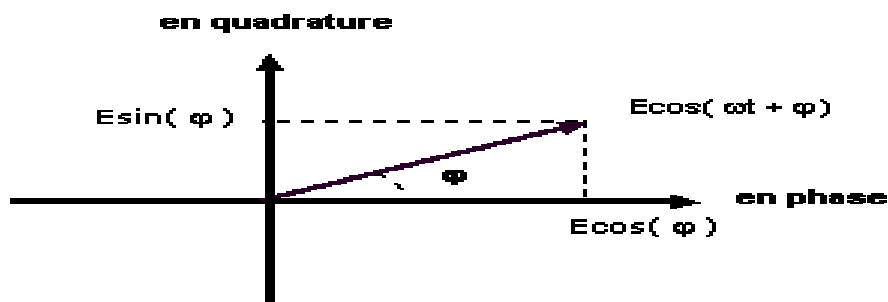
Une porteuse sinusoïdale d'amplitude  $E$  et de phase  $\varphi$  repérée par rapport à une référence de phase donnée a pour expression :

$$e(t) = E \cos(\omega t + \varphi)$$

Si nous développons cette expression, nous obtenons :

$$e(t) = E \cos \varphi \cos(\omega t) - E \sin \varphi \sin(\omega t) = i(t) \cdot \cos(\omega t) + q(t) \cdot \cos(\omega t + \pi/2)$$

Cette porteuse peut se représenter dans le plan de Fresnel par un vecteur. (figure 15)



**Figure 15: Représentation vectorielle de la modulation QPSK**



Nous pouvons donc synthétiser une porteuse d'amplitude et de phase donnée de la façon suivante :

- l'oscillateur fournit le signal de référence  $\cos(\omega t)$  et le même signal déphasé de  $\pi/2$
- la composante  $\cos(\omega t)$  est multipliée par le signal  $i(t)$  ( In phase)
- la composante  $\sin(\omega t)$  est multipliée par le signal  $q(t)$  (Quadrature)
- ces deux signaux sont additionnés pour donner  $e(t) = E\cos(\omega t + \varphi)$

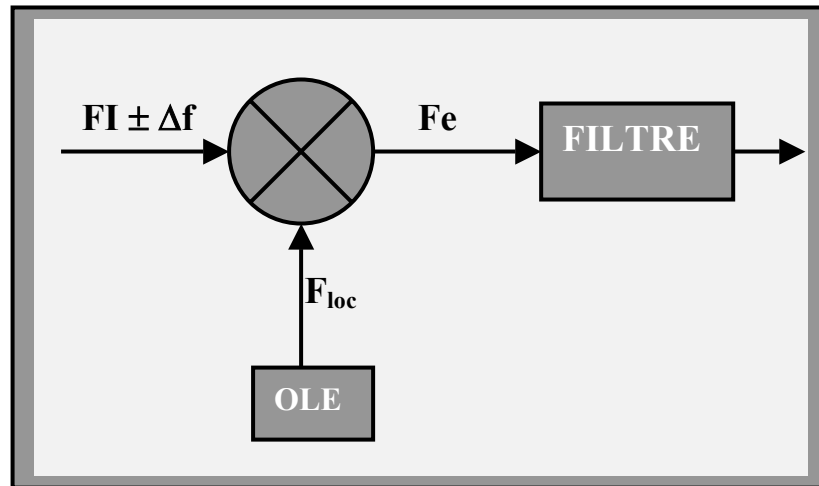
L'application suivante, montre l'intérêt du modulateur à quadrature pour produire des signaux modulés en amplitude ou différents types de modulations numériques.(tableau 8)

Type de modulation	i(t)	q(t)	porteuse e(t)
QPSK numérique	2 niveaux	2 niveaux	4 phases différentes, amplitude constante 1 état de porteuse = transmission de 2 bits
$\pi/4$ QPSK numérique	3 niveaux	3 niveaux	8 phases différentes, amplitude constante 1 état de porteuse = transmission de 3 bits
16 QAM numérique	4 niveaux	4 niveaux	16 états différents (amplitude et phase) 1 état de porteuse = transmission de 4 bits

**Tableau 8: Types de modulation**

#### 4.4.2 Bloc mélangeur

Le schéma –bloc d'un mélangeur d'émission est représenté par le figure 16.



**Figure 16 : Schéma bloc d'un mélangeur**

Le mélangeur comme son nom l'indique sert à mélanger deux fréquences FI et  $F_{loc}$   
FI : Fréquence intermédiaire

$F_{loc}$  : Fréquence de l'oscillateur local.

A la sortie du mélangeur nous obtenons la somme et la différence des deux fréquences mélangées.

Pour obtenir une fréquence intermédiaire, il faut placer un filtre accordé sur la somme ou la différence à la sortie du mélangeur.

#### 4.4.3 Bloc d'amplification <sup>[9&IX]</sup>

Les étages d'un émetteur doivent fournir des puissances importantes : quelques watts à quelques dizaine de watts pour les émetteurs à transistors et quelques milliers des watts pour les émetteurs à tubes ; dans ces conditions, le rendement des étages devient un facteur important dans leur conception.

Une autre solution pour augmenter la puissance jusqu'à quelques centaine de watts c'est de mettre des amplificateurs à transistors en cascades.

## **Amplificateurs de tension, de courant et de puissance**

Lorsqu'un radio-amateur parle d'amplificateur, il pense immédiatement à un amplificateur de puissance, un équipement qui va lui permettre de "sortir 1500 Watts" au lieu de 100 Watts qui lui sont fournis par son émetteur-récepteur. Dans ce genre d'amplificateur l'impédance d'entrée et l'impédance de sortie sont pratiquement égales.

### **Facteur d'amplification ou gain d'un amplificateur**

- Le gain d'un amplificateur de tension est le rapport entre la tension de sortie et la tension d'entrée.
- Le gain d'un amplificateur de courant est le rapport entre le courant de sortie et le courant d'entrée.
- Le gain d'un amplificateur de puissance est le rapport entre la puissance de sortie et la puissance d'entrée.

Les gains peuvent s'exprimer en nombre de fois, mais aussi en décibel.

- Pour un amplificateur en tension :  $A = 20 \log (U_{\text{sortie}} / U_{\text{entrée}})$
- Pour un amplificateur en courant :  $A = 20 \log (I_{\text{sortie}} / I_{\text{entrée}})$
- Pour un amplificateur en puissance :  $A = 10 \log (P_{\text{sortie}} / P_{\text{entrée}})$

### **a) Amplificateur à transistors**

L'essentiel de notre étude va se limiter aux amplificateurs à transistors. Les amplificateurs à tubes ne sont pratiquement plus utilisés pour la réalisation d'amplificateurs de puissance dont la sortie est d'au moins 500Watts. Pour fonctionner comme amplificateurs, les transistors bipolaires doivent être polarisés dans le sens passant afin de produire une certaine amplification. Par conséquent, si nous utilisons un transistor NPN, le collecteur et la base doivent être positifs par rapport à l'émetteur, et le collecteur doit être plus positif que l'émetteur. Par contre, si nous utilisons un transistor PNP, le collecteur et la base doivent être négatifs par rapport à l'émetteur, et le collecteur doit être plus négatif que l'émetteur.

La polarisation est obtenue en appliquant les tensions nécessaires entre collecteur et émetteur et entre émetteur et base. Chacun des deux types de transistor (PNP et NPN) peut être utilisé avec soit le plus à la masse, soit le moins à la masse.

Au moins nous polarisons un transistor, au moins il y a du courant de collecteur. lorsque la polarisation devient plus importante, le courant de collecteur augmente, et la température de la jonction augmente

## b) Amplificateurs RF de puissance

Tout radio-amateur digne de ce nom a toujours envie d'avoir plus de puissance et d'obtenir le meilleur rendement possible, mais lorsqu'il s'agit de travailler avec de centaines de watts, voir 1500 Watts, nous devons porter une attention toute particulière au rendement.

Le but est de transférer le maximum de puissance à la charge.

La puissance totale générée par l'amplificateur est donnée par :

$$P_{IN} = P_{OUT} + P_D$$

Où

$P_{IN}$  : puissance fournie par l'alimentation (encore appelée DC input),

$P_{OUT}$  : puissance fournie à la charge,

$P_D$  : puissance dissipée sous forme de chaleur,

Le rendement est donné par  $P_{OUT} / P_{IN}$

ou encore

Le rendement = Puissance de sortie HF / puissance d'alimentation.

## c) Les amplificateurs à fréquence intermédiaire

D'une façon générale, la fréquence intermédiaire est généralement située entre la SHF et la BF et elle permet de mieux gérer certains processus. Ces processus (modulation, démodulation, amplification, ...) sont plus simples à gérer aussi s'ils sont réalisés sur une seule fréquence.

Les étages à FI sont accordés sur une fréquence bien spécifique et ne doivent pas constamment être réajustés. Ces étages doivent aussi pouvoir laisser passer une certaine bande de fréquence, ce qui veut aussi dire qu'un étage à FI devra bloquer les signaux qui sont en dehors de sa bande passante.

Un amplificateur à FI est donc un amplificateur passe-bande accordé sur une fréquence bien particulière, un amplificateur à FI contribue ainsi en premier lieu à la sélectivité.

Mais le facteur d'amplification d'un amplificateur à FI dans **n** récepteur dépend aussi du niveau d'entrée. Un amplificateur FI est donc aussi un amplificateur dont nous pourrions faire varier le gain, ce gain est commandé par un circuit particulier appelé contrôle automatique de gain ou CAG (AGC : Automatic Gain Control).

Plus l'amplificateur FI comprend d'étages, plus grand sera la plage où nous pourrons ajuster le gain commandé par la tension de CAG. Au fait l'AGC est une tension détectée dans l'étage audio, et cette tension est proportionnelle à la force des signaux reçus.

Il faut aussi éviter de choisir une FI où il y a des signaux très forts comme les fréquences de radiodiffusion.

## **4.5 Etude de bloc de multiplexage**

### **4.5.1 Interface PCI/ISA**

Le bus d'un PC peut mettre en oeuvre une ou plusieurs normes d'interfaca comme PCI (Peripheral Component Interconnect) et ISA (Industry Standard Architecture) qui sont deux standards physiques et électriques différents et qui se présentent sous la forme d'une carte d'extension se fixant dans l'unité centrale.

Une carte d'extension pour PC telle qu'une carte VIDEO 3D peut être conçue en standard ISA ou PCI. Les connexions (ou slots) PCI ou ISA sont différant ainsi une carte ISA ne peut être enfichée dans un slot PCI et vice et versa.

Le standard ISA est plus ancien que celui de PCI et est généralement utilisé dans les PC(s) jusqu'aux années 1997. Les ordinateurs équipés de bus ISA vont dans l'avenir être remplacés par ceux de type PCI.

#### **Performances d'interface PCI**

Contrairement à certains autres bus locaux, le PCI est conçu pour servir toutes les cartes d'extension : vidéo, mais aussi réseau, interfaces disques ("contrôleurs"). A 33 MHz le bus PCI transfère (sur 32 bits) jusqu'à 132 M octets par seconde. Une extension (passage à 64 bits) des logiques d'adressage et de transfert des données peut doubler ce débit sans remettre en cause l'existant. Le PCI reste indépendant du processeur et administre au mieux les transferts en permettant au bus local de véhiculer les données sans employer le bus principal (processeur/mémoire). Cela constitue, pour les utilisateurs de PC rapides, une importante augmentation de la fiabilité, de la performance et de la facilité d'exploitation (caractéristiques non triviales avec des bus fonctionnant à 33MHz). Divers modes évolués d'exploitation du bus améliorent les performances des cartes d'extension sans grever le système central.

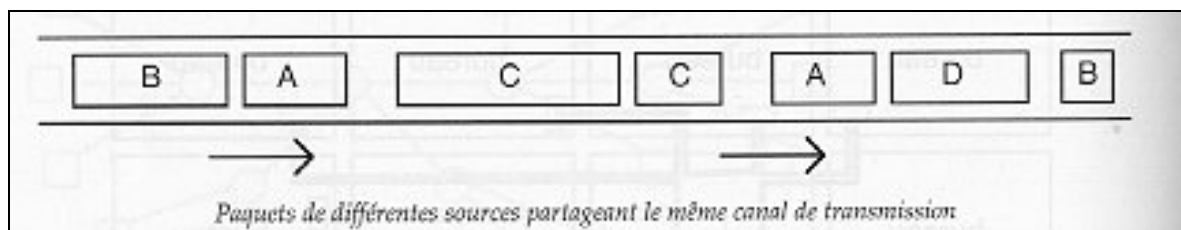
### **4.5.2 Carte multiplexage**

Lorsque plusieurs machines partagent un même brin de média, il est nécessaire de déterminer de quelle façon elles se comporteront dans le cas où plusieurs d'entre elles

voudraient émettent des données en même temps. Nous avons donc conduit à choisir un type de multiplexage temporel ou fréquentiel.

- **Le multiplexage temporel**

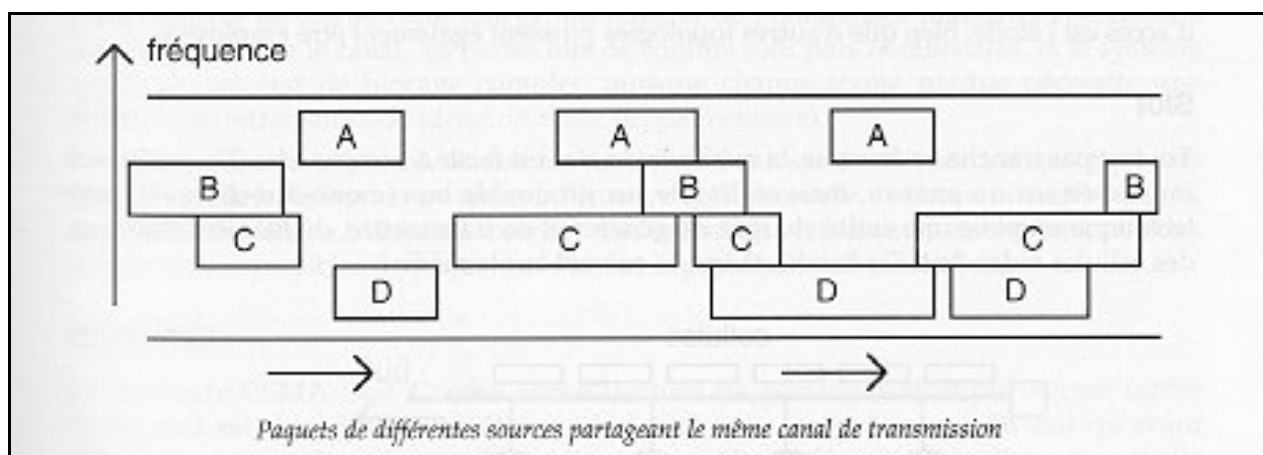
Il consiste à laisser les machines utiliser pleinement le support, mais les une après les autres, en utilisant par exemple un jeton de parole. (figure17)



**Figure 17: Multiplexage temporel**

- **Le multiplexage fréquentiel**

Il correspond à un partage simultané du support par attribution de plages de fréquences distinctes et séparées. Nous dédions un canal de fréquence pour chaque type d'échange appelé fenêtre. (figure18)



**Figure 18: Multiplexage fréquentiel**

### 4.5.3 Carte codeur MPEG2<sup>[VIII]</sup>

La norme MPEG2 a comme objet le développement d'un algorithme générique pour le codage et décodage des images numériques animées et des sons associés pour des applications

telles que : le stockage numérique d'images, la télévision diffusée et la communication télévisuelle. Quand nous transmettons des séquences d'images numériques, MPEG2 peut être utilisé pour réduire le débit des données sans diminuer la qualité de l'image. Les sous-parties les plus importants d'un codeur MPEG2 sont les suivants :

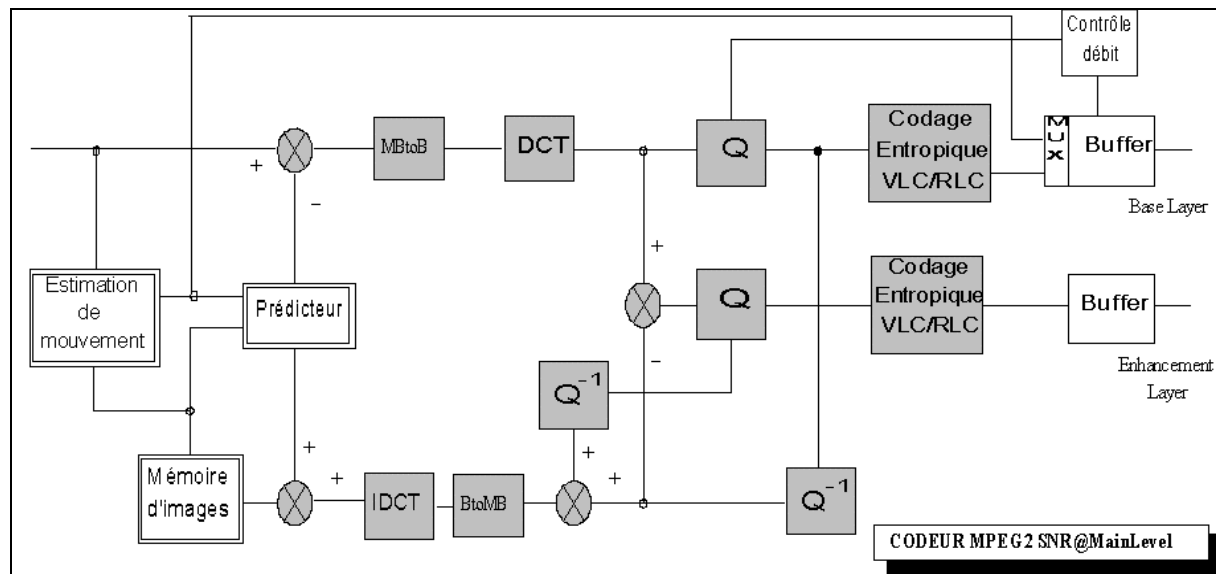
- Le prédicteur qui comprend une mémoire d'images et une sous unité d'estimation de mouvement.
- La transformation à cosinus discrète (DCT), qui sert à éliminer la redondance spatiale.
- La quantification (Q) dont le but est de diminuer la dynamique des données provenant de la DCT.
- Le codage entropique et le VLC (Variable Length Coding). Cette sous-partie a pour objet de représenter les coefficients de l'image en utilisant une représentation binaire la plus courte possible.

A cause de l'implémentation de la quantification, la procédure de codage augmente le nombre des zéros dans le résultat de la DCT pour éliminer l'information nulle. Nous pouvons récupérer cette information perdue en utilisant une procédure additionnelle appelée SNR-Profile (Signal to Noise Ratio Profile).

La couche SNR fait la comparaison de la quantification inverse des coefficients après la quantification et avant le codage en tropique avec le résultat de la DCT. Elle quantifie cette différence pour ensuite l'envoyer vers un autre module de codage en tropique et finalement vers le décodeur. Cette information est ajoutée aussi à l'information envoyée vers le prédicteur.

- **Le Codeur MPEG2<sup>[12]</sup>**

La carte que nous sommes en train d'utiliser s'agit du cœur du codeur, elle comprend la transformation à cosinus discrète (DCT), la quantification des coefficients (Q) et le balayage pour le codage entropique, nous l'appelons DIMCODER. Le schéma de la figure 19 montre le codeur MPEG2 SNR-Profile@Main Level qui concerne. Il utilise deux couches : la couche principale pour le codage de l'information provenant de l'image et la couche SNR pour le codage de l'erreur dû à la quantification.



**Figure 19: Le Codeur MPEG2**

Cette carte comprend aussi des autres composants CMOS et des composants TTL. La carte DIMCODER est un prototype et elle comprend des composants destinés à vérifier le résultat de chacun des sous parties. La plupart de ces composants sont des registres TTL avec une très haute consommation de puissance.

Le processus de compression d'images a été développé à partir de l'implémentation des composants CMOS.

Le codeur MPEG2 fonctionne à une fréquence de 18 MHz, avec une tension de 5 V. La capacité de charge dépend de la technologie, mais nous pouvons supposer qu'elle reste constante. Comme mentionné ci-dessus, la plupart des composants TTL sur la carte ne sont pas utilisés dans le processus de compression d'images. Ces circuits permettent d'analyser chaque étape du codage.

L'algorithme MPEG2 est hétérogène, c'est pourquoi, il comprend des différents types d'opérations, celui-ci permet d'analyser et estimer la consommation des différents modules. En principe, la complexité de l'architecture du codeur permettra effectuer une étude plus profonde de la consommation basée sur des statistiques de la commutation des signaux



## 4.6 Conclusion

Ce chapitre décrit théoriquement les différents blocs de l'interface d'émission. Il présente les caractéristiques générales de chaque équipement. En effet, la connaissance théorique est nécessaire et nous aide à bien connaître le fonctionnement des équipements et surtout si nous voulons les choisir ou les acheter. Dans ce qui suit nous allons donner un exemple de choix d'équipement.

## Chapitre 5

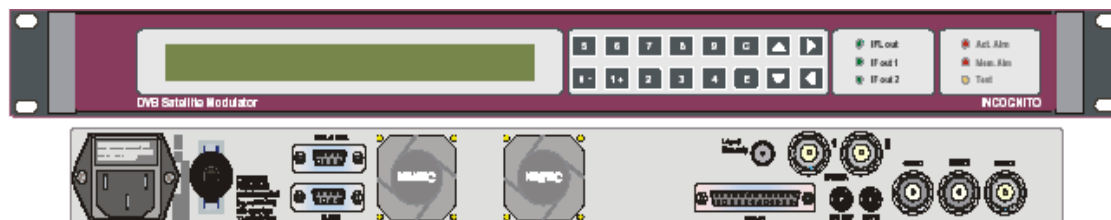
### L'Art de l'Ingénierie

#### 5.1 Introduction

En fonction du type de service offert, il peut être intéressant de privilégier une technologie au profit d'une autre. L'accès Internet par satellite est un service à haut débit qui contourne l'encombrement du réseau et qui garantit à ses utilisateurs une excellente qualité. Dans ce chapitre, nous allons présenter les principes de base et des renseignements sur le matériel spécifique à l'émission d'Internet par satellite (encodeur, modulateur, multiplexeur) mais il est bien évident que toutes les modifications et améliorations sont laissées à l'expérience et l'appréciation du particulier[14].

#### 5.2 Modulateur DVB NTC/2077/FX

Le modulateur DVB NTC/2077/FX d'émission Internet est donnée par la figure 20



**Figure 20: Modulateur DVB NTC/2077/FX**

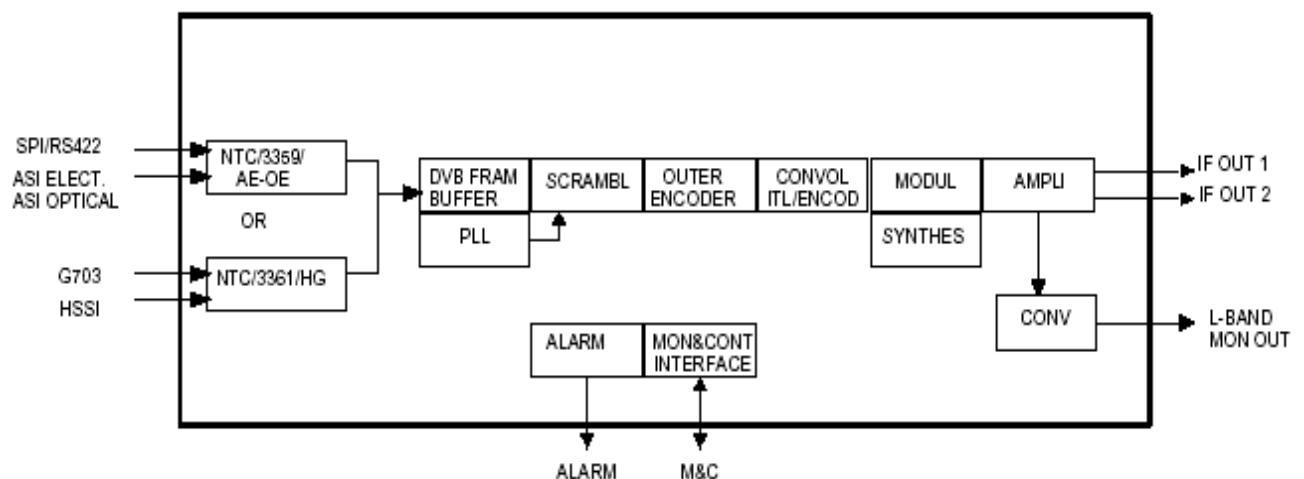
##### 5.2.1 Description

La variation du débit du modulateur DVB (0.06 - 60 Mbaud) le rend compatible avec d'autre équipement DVB. Ce modulateur est conçu pour fonctionner jusqu'à 60 Mbaud pour une modulation QPSK et jusqu'à 45 Mbaud, pour une modulation 8PSK/16QAM. La sortie du modulateur est la fréquence FI qui peut être 70 (faible capacité) ou 140 MHz (forte capacité). La porteuse de fréquence centrale est variable, mais elle devrait être mise tel que le spectre ne dépasse pas la largeur de bande utilisée ( $70 \pm 36$  ou  $140 \pm 72$  MHz).

## 5.2.2 Caractéristiques essentielles

Le modulateur DVB NTC/2077/FX est caractérisé par : (figure21)

- conformité au norme DVB
- QPSK ou 8PSK : type de modulation utilisée pour transmission par satellite
- Débits à l'interface: de 55 kb/s à 110 Mbit/s (FEC & Modulation)
- gamme de Fréquence :  $70 \pm 16$  MHz et  $140 \pm 34$  MHz (sélective)
- compensation de l'amplitude est programmé
- coût bas
- Moniteur de sortie: bande C
- La modulation standard (DVB)
- Tous les paramètres sont contrôlés: la compensation de fréquence d'horloge d'entrée, les alarmes, la température, etc.



**Figure 21: Schéma synoptique du modulateur DVB NTC/2077/FX**

## 5.2.3 Interface

### Données INPUT

- présente un adaptateur de débits

## FI OUT

- Fréquence:  $70 \pm 16$  MHz et  $140 \pm 34$  MHz
- Niveau: IF OUT1 : -10/-30 dBm  
IF OUT2 : 0/-20 dBm
- Taux d'erreur:  $< -65$  dBc/4 kHz à -10 dBm
- Perte au retour:  $> 15$  dB

## Bande C OUTPUT

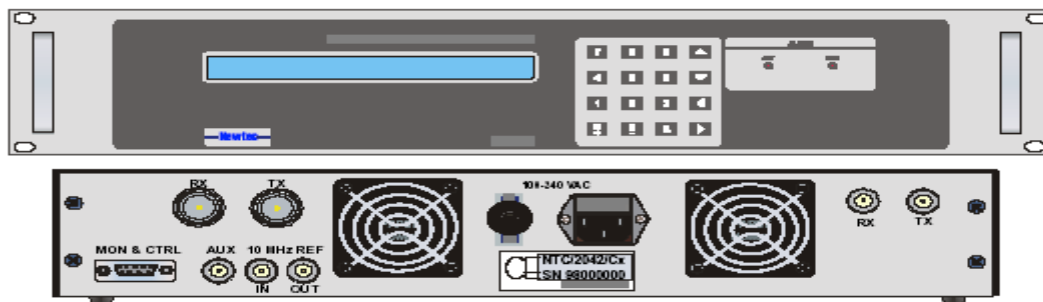
- La fréquence: FI+ 4070 MHz  $\pm 3$  MHz
- Le niveau: -45 dBm

## Température:

- Opérationnel:  $0^{\circ}/+40^{\circ}\text{C}$
- Mémoire:  $-40^{\circ}/+70^{\circ}\text{C}$

## 5.3 Convertisseur NTC/2042/CX

Le convertisseur NTC/2042/CX d'émission Internet est représenté par la figure 22



**Figure 22: Convertisseur NTC/2042/CX**

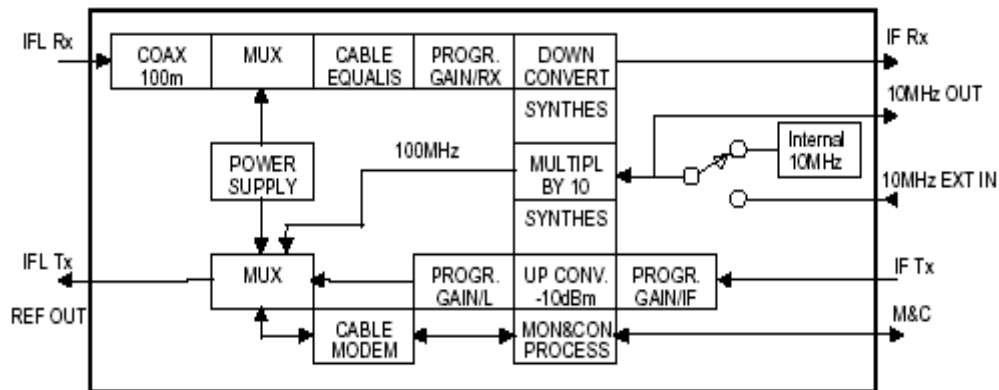
### 5.3.1 Description

L'unité NTC/2042/CX du convertisseur est conçu pour fonctionner avec les unités extérieures de NEWTEC VSAT pour 3 bandes satellitaires possibles (4/6, 12/14, 20/30GHz). Il laisse surveiller et contrôler l'unité extérieure, il produit également un signal très stable de 100 MHz, qui est utilisé comme une fréquence pour l'unité extérieure.

Le NTC/2042 convertit les signaux FI ( $140 \pm 36$  MHz ou  $70 \pm 18$  MHz), en signaux RF et il est compatible pour les modems conventionnels. Le convertisseur laisse choisir n'importe quel transpondeur de 36 ou 72 MHz au-dessus d'une bande RF de 750 MHz.

Les synthétiseurs du convertisseur combinent une résolution très fine (50 hertz) avec la basse et fausse réponse et le bruit de grande phase, son gain est programmable et peut être surveillé à distance et contrôlé par l'intermédiaire d'une interface RS485. Quand le convertisseur est utilisé dans le mode de gain calibré, la réponse de gain est précise sur la gamme utilisée.

Le schéma- bloc du convertisseur NTC/2042/CX d'émission Internet est donné par la figure23



**Figure 23: Schéma synoptique du convertisseur NTC/2042/CX**

### 5.3.2 Interface FI

#### L'interface FI de câble coaxial (Tx)

- Niveau du signal Tx-total : <Gain/L -10 dBm:
- Fréquence : de 950 à 1700 MHz
- Perte de retour: > 10 dB (50 ohms)

#### Les interfaces FI:

- Le niveau du signal Rx-total output: < -5 dBm ou (GAIN/Rx-38)
- Niveau du signal Tx-total input est-13 à -33 dBm
- Niveau du signal harmonique entré par Tx : <-50 dBc
- Fréquence :140MHz ou (70MHz)
- Perte de retour >10 dB (50 ohms)

**Alimentation d'énergie:** 90-130/180-260 V, 100 VA, 47-63 Hz

Par l'intermédiaire du centre de câble conducteur RF

Voltage/curent - Tx: 23v/1.5A

- Rx: 18V/0.3A

**Câble( typique) :**

- Type: H500
- Longueur: 100m
- Perte de 950/1700 MHz de 14 à 20 dB

**Température:**

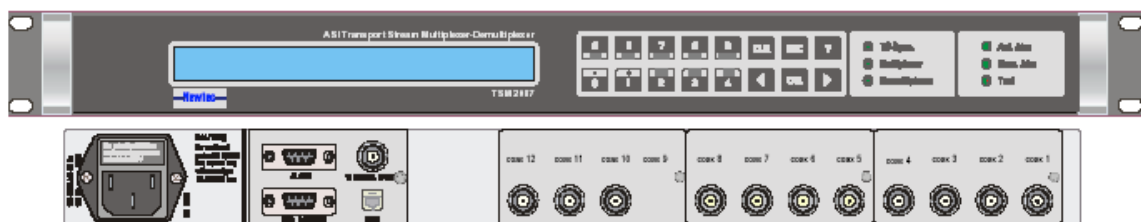
- Opérationnel: 0°C / +40°C
- Mémoire: -40°C / +70°C

### 5.3.3 Caractéristiques de transfert

- gain/C: -19 à +6 dB
- gain/FI: de 3 à 23 dB
- gain stable/jour( constante):  $< \pm 0,15\text{dB}$
- variations de gain
  - au-dessus de 2 MHz-ptp:  $< \pm 0,2\text{ dB}$
  - au-dessus de 72/36 MHz-ptp:  $< \pm 3\text{ dB}$
  - au-dessus de la bande FI C:  $< \pm 0,8\text{dB}$
- variations de retard de groupe (calibré):
  - au-dessus de 72/36 MHz:  $< \pm 30\text{ ns}$

## 5.4 Multiplexeur NTC/2087

Le multiplexeur NTC/2087 est représenté par la figure 24

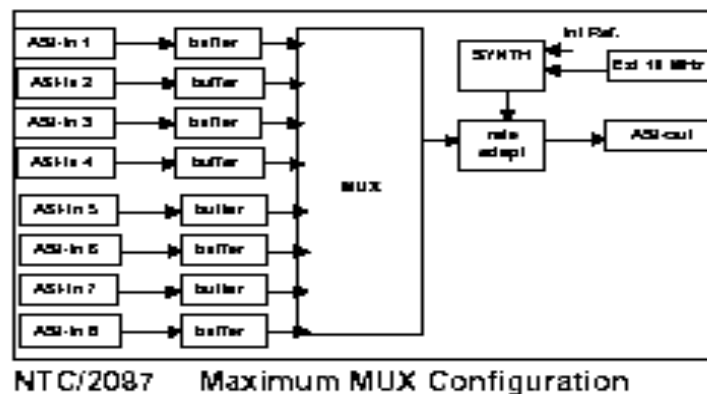


### Figure 24: Multiplexeur NTC/2087

### 5.4.1 Description

Le Multiplexage/Démultiplexage de transport NTC/2087 ASI- DVB est une unité autonome qui peut être configurée (configuration de matériel) selon les besoins spécifiques de démultiplexage et de multiplexage DVB.

Le signal multiplexé à la sortie peut être introduit directement dans un modulateur satellitaire de DVB (série NTC/2080 ou NTC/2077) ou dans un adaptateur standard de DVB/SDH. Le débit de transport de sortie de multiplexeur est adapté à une valeur programmée (figure 25).



**Figure 25 Schéma synoptique du multiplexeur NTC/2087**

## 5.4.2 Interface

### Entrée ASI

- Sensibilité : 200mVpp
- Entrée maximal : 880 mVpp
- Perte de retour de: > 17 dB (22-270 MHz)

### Sortie ASI

Niveau: 800mVpp  $\pm$  10%

### Interface de commande de moniteur

a) Protocole: RMCP

Electrique: RS-485 / RS-232

b) Protocole : RMCP au-dessus du connecteur de TCP-IP

Electrique : Ethernet 10/100 base-T

### Alimentation d'énergie :

90-130/180-260V, 40VA, 47-63Hz

### Température :

- Opérationnel : de 0 à 40°C
- Mémoire : de -40 à 70°C

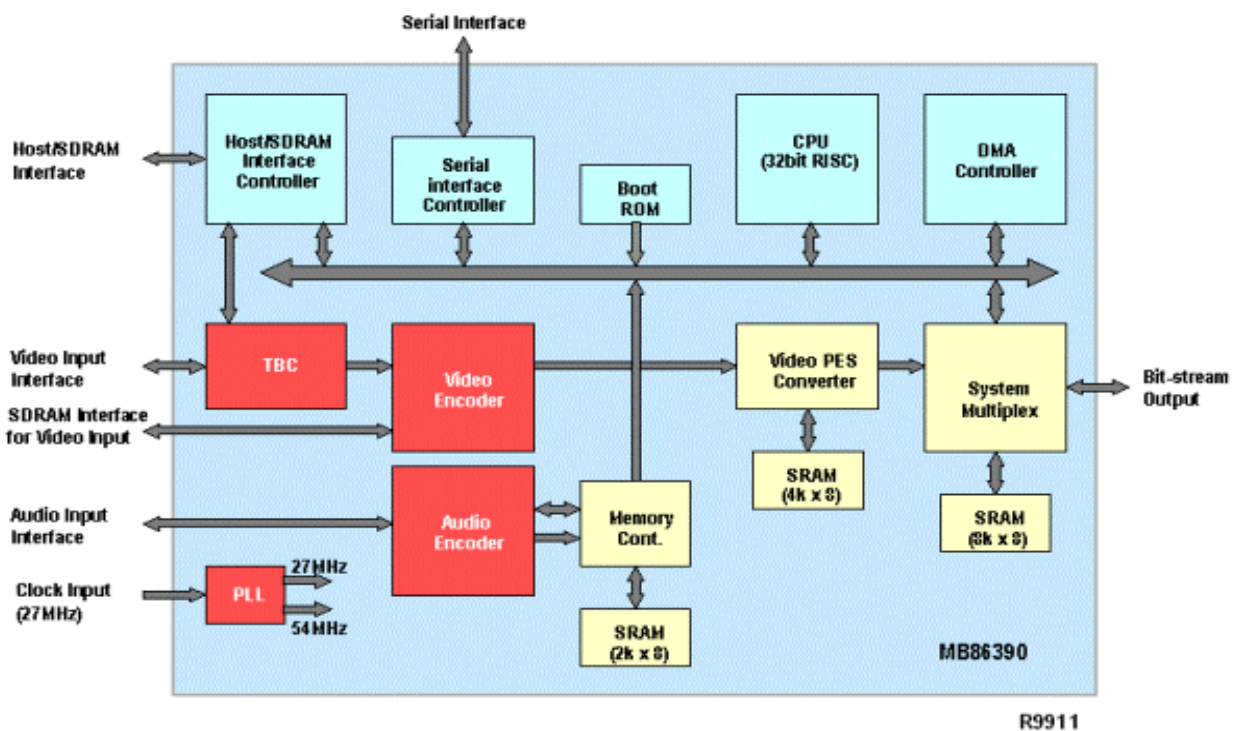
## 5.4.3 Performance

- Rapidité de modulation input: 270 MBaud  $\pm$  100 ppm.

- Rapidité de modulation output: 270 MBaud.
- L'exactitude (référence interne.):  $\pm 20$  ppm.
- L'exactitude (référence externe.): même comme référence externe.
- ASI débits de transport OUT :
  - La gamme: 4 - 160 Mbps.
  - La résolution: 1 bps.
  - L'exactitude (référence interne.):  $\pm 20$  ppm.
  - L'exactitude (référence externe.):  $\pm 10^{-11}$ .
- Débits de transport IN: 4 - 156 MBit/s.
- Format du paquet transporté à l'entrée (automatique): 188 octet, 204-RS, 204-noRS.
- Sortie (sélective): 188, 204-noRS.

## 5.5 Encodeur MPEG2( MB86390A)<sup>[13]</sup>

Le schéma synoptique de l'encodeur MB86390A est montré par le figure 26 :



**Figure 26: Schéma synoptique d'encodeur MPEG-2 (MB86390A)**



### 5.5.1 Description

Les MB86390A est un encodeur conforme au norme MPEG2 qui intègre l'image, le son et la vidéo. Il suit un algorithme de compression performant développé par Fujitsu. Il est considéré comme un composant clé de réalisation de plus haute performance et un de matériel audio-visuel numérique plus compact, tel qu'enregistreurs du disque, caméras vidéo, communication de la vidéo, etc.

### 5.5.2 Caractéristiques essentielles

- L'encodeur de la vidéo

Les décodeurs MPEG & Encodeur-1 (ISO/IEC11172-2)

MPEG2 MP@ML (ISO/IEC13818-2)

Formats Vidéo PAL

Le débit maximal est 15Mbps

Interface Vidéo Input : D1 → 8bit parallèle,

CrCb → multiplexent 8bit parallèle

- L'Encodeur Audio

Les décodeurs MPEG & Encodeur1 layer-1/2 codage audio

Fonction (ISO/IEC11172-3)

Le débit maximal est 448kbps

- Le Multiplex du système

le format Output est sélectionné : PS, TS, PES et ES.

Débit peut être constant ou variable (CBR / VBR)

Débit maximum est 20Mbps

L'horloge TS peut être externe ou interne

La mémoire externe : SDRAM: 4x(1Mx16bit) ou 2x(2Mx32bit)

Processeur interne : 32 bit

Le paquet: HQFP-208

Température opérationnel: 0 à 70°C

### 5.5.3 Application typiques

- Carte encodeur MPEG2 pour PC(MPEG2 PC encoder card.)
- Le système de transmission vidéo
- Le système de téléphonie vidéo
- Le magnétoscope numérique accessible
- L'enregistreur D-VHS
- D-STB, magnétoscope Personnel (PVR)
- L'enregistreur du disque vidéo

### 5.6 Amplificateur de puissance 1500w (PLX 3002)

L'amplificateur de puissance d'émission Internet via satellite est représenté par la figure 27



**Figure 27: Amplificateur de puissance PLX 3002**

#### 5.6.1 Description

Cet amplificateur est le plus puissant de la série PLX. La pêche de son alimentation PowerWave fait qu'il ne se mettra jamais à genoux quelle que soit la violence des appels de puissance instantanée exigés par le signal. Sa dynamique et sa puissance, alliées à un facteur d'amortissement  $> 500$ . La puissance de sortie peut arriver jusqu'à 1500 W

#### 5.6.2 Performances

- Alimentation à découpage PowerWave
- Idéal pour les gros systèmes en fixe ou en mobile
- Aucun courant transitoire à l'allumage
- Etages de sortie classe H, haut rendement, très faible distorsion
- Une forte puissance et une meilleur qualité
- Facteur d'amortissement  $> 500$

- Ventilation forcée à haut rendement
- Multi protection
- Robustesse et fiabilité en toutes conditions

### 5.6.3 Caractéristiques techniques

- Puissance de sortie par canal (4 ohms/1 kHz) : 1050 W
- Puissance de sortie en mode bridgé : 3000 W
- Gain : 32 dB
- Sensibilité (puissance nominale / 8 ohms) : 1,7 V
- Réponse en fréquence : 20 - 20000 Hz +/- 0,2 dB
- Facteur d'amortissement : > 500
- Rapport S/B : 107 dB
- Impédance d'entrée :

\* 12 kohms symétrique

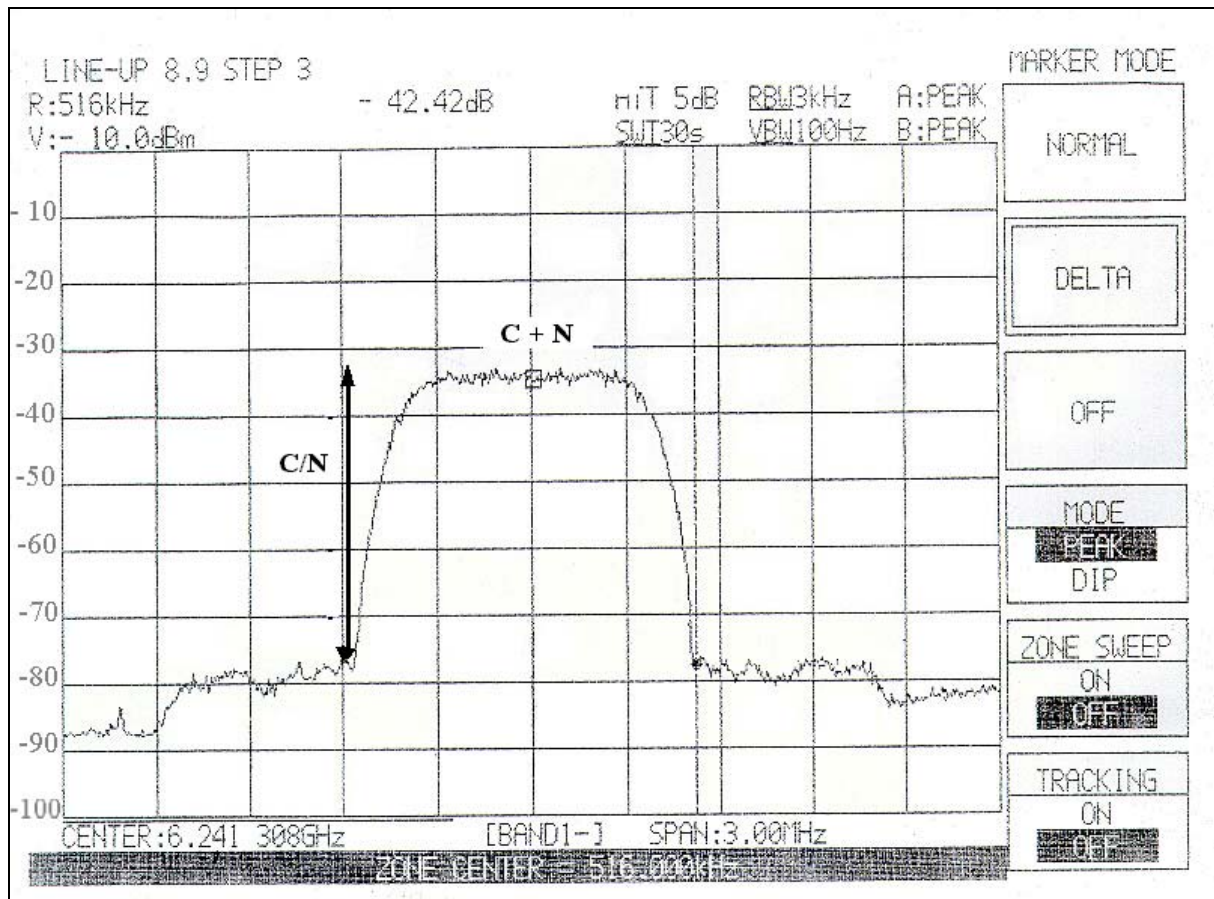
\* 6 kohms asymétrique

- Contrôle: pour chaque canal limiteur de crêtes, filtre passe-haut 30 ou 50Hz, modes stéréo, parallèle, bridgé.
- Refroidissement : ventilateur à vitesse variable, radiateur à haut rendement
- Protection des circuits : court circuit, thermique, circuit ouvert, ultrasons, HF. Stable sur charge réactive ou dissymétrique.
- Protection de la charge : muting M/A, courant continu
- Etages de sortie : doubles étages complémentaires haut rendement classe H
- Alimentation : 120/240 V - 50/60 Hz
- Dimensions : 2 U 19" - 33,7 cm (P)
- Poids : 9,5 kg

## 5.7 Interprétation des courbes

### • Courbe 1

Le figure 28 représente la forme de signal à la sortie de l'amplificateur



**Figure 28 :Forme de signal à la sortie de l'amplificateur**

Ce signal est obtenu à la sortie de l'amplificateur de puissance à l'aide d'un analyseur de spectre.

Cette courbe nous permet de déterminer la qualité du signal RF à transmettre ainsi que ses caractéristiques:

- la fréquence porteuse = 6.241308GHz
- La porteuse : carrier C
- Le bruit : Noise N

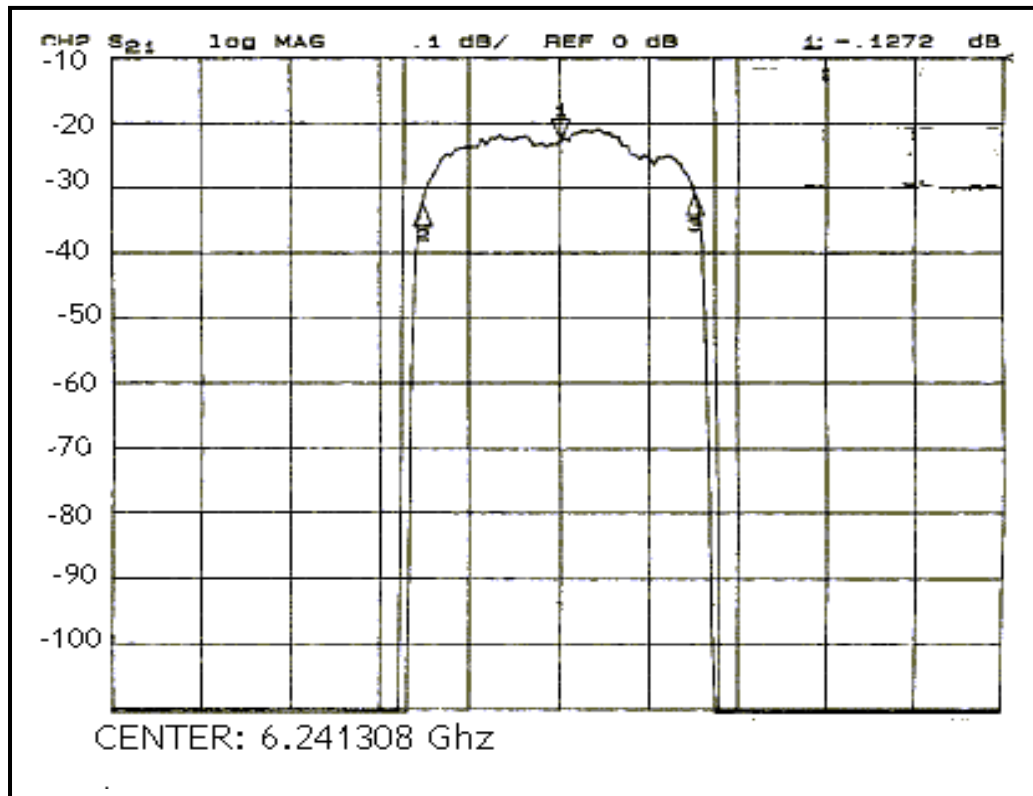
Ainsi :

$$C/N = 42.42\text{dB}$$

$$C \text{ (dB)} + N \text{ (dB)} = -42.42 \text{ dB}$$

- **Courbe 2**

Le figure 29 représente la forme de signal à la sortie de filtre passe bande



**Figure 29 :Signal filtré**

Ce courbe représente la forme de signal à la sortie de filtre passe bande

→ En comparant ce signal avec celle à la sortie de l'amplificateur nous constatons que le rapport C/N augmente : le signal est filtré (N: démunie)

## 5.8 Conclusion

Ce bref projet a tenté de montrer que les composants de base pour l'établissement de services numériques étaient disponibles. Nous ne pouvons toutefois pas conclure sans mentionner la question de l'acheminement des programmes du lieu de la production (serveur) à celui de l'émission (station terrestre). Cette question est étroitement liée aux infrastructures de transport en place dans les différents pays et ne répond de ce fait à aucun schéma général. Nous pouvons cependant séparer le segment de transport en deux parties : Un segment primaire depuis les lieux de production des programmes jusqu'au multiplexeur de programmes chargé de confectionner les "bouquets" et un segment secondaire du multiplexeur de programmes aux têtes de réseau ou aux émetteurs hertziens terrestres.

Sur le segment primaire, les infrastructures actuelles telles que les réseaux PDH (Plesiochronous Digital Hierarchy), SDH (Synchronous Digital Hierarchy) ou ATM (Asynchronous Transfer Mode) sont des candidats potentiels pour acheminer les programmes MPEG-2 TS. Il convient alors "d'encapsuler" les flux MPEG-2 TS dans les structures offertes par ces réseaux par des équipements d'adaptation appropriés.

Sur le segment secondaire, peut envisager une transmission de type point à multipoint du multiplexeur de programmes aux têtes de réseaux câblés ou aux émetteurs terrestres. Une réorganisation des programmes par un "remultiplexeur" peut y être opérée. Les mécanismes appropriés ont été spécifiés par le groupe DVB.

Ainsi, tous les outils techniques peuvent être mis en place pour le déploiement du numérique. Cependant, pour que le succès soit au rendez-vous, il convient de ne pas négliger certaines questions qui sortent du cadre de la technique. En particulier, peut se demander si la prolifération des programmes et des nouveaux services offerts par le numérique saura susciter l'intérêt des consommateurs pour les faire investir dans des équipements de réception et des services à péage.

## Conclusion et perspectives

L'accès Internet par satellite est une liaison unidirectionnelle depuis une station terrienne d'émission. La liaison fait appel à la technologie Digital Vidéo Broadcast (DVB) de pointe pour acheminer le trafic IP. Le rendement est amélioré parce que DVB/IP élimine l'encombrement sur l'infrastructure terrienne locale pour la portion haute vitesse de la liaison. Le résultat d'ensemble pour un FSI est une solution de connectivité très efficace sur le plan des coûts, souple et évolutive pour l'accès Internet de dernière génération. Il allie une grande vitesse de transfert à un coût compétitif.

Alors et avec ce nouveau service nous avons réellement un accès à Internet, permanent et indépendant avec une économie plus qu'appréciable dans la durée de connexion. En conséquence, le téléchargement de gros fichier se fait jusqu'à 100 fois plus vite et le "surfing" se fait avec un confort inégalé.

En définitive, notre travail, comme déjà présenté, a été consacré à l'implémentation d'une interface unidirectionnelle d'émission d'Internet via satellite

En premier lieu, et dans un premier partie nous avons commencé par donner un aperçu général sur la télécommunication par satellite ainsi que sur le réseau Internet et ses caractéristiques puis nous avons insisté sur la topologie Internet satellitaire et dégagé les modes de connections et les normes fixées pour cette liaison.

En second lieu, nous avons développé une étude théorique dans laquelle nous avons décrit les différents blocs constituant l'interface d'émission. Cette étude est suivie d'un exemple de choix des différents systèmes nécessaires pour cette interface.

L'étude théorique de l'interface nous a permis de mieux exploiter nos connaissances. En effet, la visite de 'centre des télécommunications par satellite DKHILA', où nous avons vu de près les différents équipements d'émission vers satellite décrite précédemment (le modulateur, le convertisseur, l'amplificateur etc.), nous a permis d'améliorer notre expérience professionnelle.

---

## Glossaire

### A

AMRT: Accès Multiple à Répartition en Temps  
AMRF: Accès Multiple à Répartition en Fréquence  
AMRC: Accès Multiple à Répartition par Code  
ATM : Asynchronous Transfer Mode  
AGC : Automatic Gain Control  
ARP: Address Resolution Protocol

### B

BF: Basse Fréquence

### C

CAF: Correction Automatique de Fréquence  
CAG: Correcteur Automatique de Gain  
CCIR: Comité Consultatif International des Radiocommunication  
CMT: Conférence Mondial de Télécommunication  
CBR : Constant Bite Rate

### D

DVD : Digital Vidéo Disc  
DCT : Discret Cousine Transform (transformation en cosinus discrète)  
DVB : Digital Vidéo broadcast

### F

FI: Fréquence Intermédiaire  
 $F_{\text{local}}$  : Fréquence de l'oscillateur local  
FSI : Fournisseur de Service d'Internet  
FDDI : Fiber Distributed Data Interface  
FTP: File Transfer Protocol  
FEC: Forward Error correction

### G

GOP: Group Of Picture

### H

HF: Haute Fréquence  
http: Hyper Text Transfer Protocol

### I

I: In phase  
ICMP: Internet Control Message Protocol  
IGMP : Internet Group Message Protocol  
ISP: Internet Service Protocol  
Ipv4: Internet Protocol version 4

### J

JPEG: Joint Picture Expert Group

### N

NTC: Newtec

### M

MPEG: Moving Picture Expert Group  
MDP: Modulation à Déplacement de Phase  
MAC : Medium Acces Control



MSS : Mobil Switching System

ML: Main Level

MJPEG: Motion Joint Picture Expert Group

## O

OSI: Open System Interconnection

OLE: Oscillateur Local d'Emission

## P

PM : Phase Modulation

PSK : Phase Shift Keying

PDH: Plesiochronous Digital Hierarchy

PCI: Peripheral Component Interconnect

## Q

Q: Quadrature

QAM: Quadrature Amplitude

QPSK: Quadrate Phase Shift Keying

## R

RF: Radio Fréquence

RARP : Reverse Address Resolution Protocol

RTC : Réseau Téléphonique Comité

## S

SECAM : Séquentiel couleur à mémoire : c'est un système de télévision en couleur

SFS: Service Fixe par Satellite

SRS : Service de Radiodiffusion par Satellite

SDH : synchronous Digital Hierarchy

SMTP : Simple Mail Transfer Protocol

SNR-profile : Signal to Noise Radio profile

## T

TCP/IP : Transmission Control Protocol

TELNET : protocole d'émulation terminal pour la communication à distance aux hôtes

## réseaux

TVHD : Télévision Haute Définition

TEB : Taux Erreur Binaire

TTL : Time To Live

## U

UIT : Union International des Télécommunications

UHF : Ultra Haute Fréquence

UDP :User Datagram Protocol

UDLR : Uni Direction Link Routing

## V

VPN : Virtual Private Network

VLC : Variable Length Coding

VBR: Variable Bit Rate










VHS: Vidéo Home Salon

VSAT : very Small Aperture Terminal

## Bibliographie

### Liste des livres



-  **[I]** Cours ‘**Transmission par satellite**’ : Mr Salem El Abed
-  **[II]** **Les systèmes de télécommunications par satellites**: J.PARES  
&V.TOSKER, édition MASSON, 9975
-  **[III]** **Les réseaux satellitaires de télécommunications technologies et services** :EITAN ALTAN, ALFONSO FERREIRO, JEROME GOLTIER,  
édition DUNOD, Paris 1999
-  **[IV]** **Eléments de communications numériques** : J.C BIC /D.  
DUORTEIL / J.C IMBEAUX, édition DUNOD, 1986
-  **[V]** **Structure et applications des émetteurs et des récepteurs** :  
ROBERT DU BIOS, Décembre 1995
-  **[VI]** **Les secrets de l’image vidéo** : PHILIPPE BELLAICHE ,édition  
EYROLLES, Janvier 2000
-  **[VII]** **La télévision numérique MPEG-1,MPEG-2 système européen  
DVB** : HERVE BENOIT, 2<sup>ème</sup> édition DUNOD Paris 1998
-  **[VIII]** **Télévision numérique Compression et transmission du signal** :  
ANTOINE MARTIN / ALAIN PELAT, édition ELLIPSES, 1997
-  **[IX]** **Les tubes aux hyperfréquences** : J.VOGE, édition EYROLLES,  
1970

### Les sites Internet

- [1] <http://www.commentcamarche.net/internet/tcpip.php3>
- [2] <http://www.guill.net/reseaux/tcpip/Ip2.html>
- [3] <http://www.commentcamarche.net/internet/protip.php3>
- [4] <http://www.guill.net/reseaux/Modes.html>
- [5] <http://www.rd.francetelecom.fr/fr/conseil/mento15/chap5c.html>
- [6] [http://www.mediarioanne.asso.fr/tic\\_05/kane/publications.htm](http://www.mediarioanne.asso.fr/tic_05/kane/publications.htm)

- [7] [http://perso.club-internet.fr/f\\_bailly/Satellite/trans\\_signal.htm](http://perso.club-internet.fr/f_bailly/Satellite/trans_signal.htm)
- [8] <http://www.ta-formation.com/mod-IQ/jav-IQ.htm>
- [9] <http://www.sennheiser.fr/prod/plx30002.htm>
- [10] <http://satfr.free.fr/?p=mpeg2>
- [11] [http://www.cplus.fr/espace\\_client/canalplusetvous/html/](http://www.cplus.fr/espace_client/canalplusetvous/html/)
- [12] <http://perso.enst.fr/~garcia/dcd2.html>  
***A. Garcia, W Burleson, J-L Danger.***  
***E.N.S.T. Paris.***
- [13] <http://www.fujitsu-fme.com/products/mpeg/mb86390a.html>
- [14] <http://www.newtec.be>

# DEDICACE

**Je dédis ce travail à**

**Mon père**  
pour son sacrifice partagé l'heure de mon étude

**Ma mère**  
qui m'a donnée tous le courage par leurs conseil  
précieux

**Mes frères et sœurs**

**Tous ceux que m'aiment**

**Tous que j'aiment**

**Et finalement à mon cher binôme Chawki**

*Ridha*

# **Projet de fin d'études**

## **Implémentation d'une interface unidirectionnelle d'émission d'Internet par satellite**

Réalisé par :

Aloui Ridha

Béji Chawki

Filière : Techniciens supérieurs en télécommunications

Spécialité : Transmission

### **Résumé:**

La voie satellitaire est capable d'établir des liaisons intercontinentales, en temps réel, sans interruption et avec un très haut débit. D'autre part l'Internet à haut débit devient de plus en plus un besoin et même une nécessité. Alors, nous concluons que l'accès à Internet via satellite représente l'une des solutions avantageuses. En effet, dans ce projet, nous avons fait une étude sur :

- La télécommunication par satellite
- Le réseau Internet
- L'accès Internet via satellite
- Etude théorique de l'interface d'émission et l'implémentation de ses différents équipements.

**Mots clés :** DVB, MPEG-2, QPSK, IP, haut débit, satellite

---

**2001-2002**