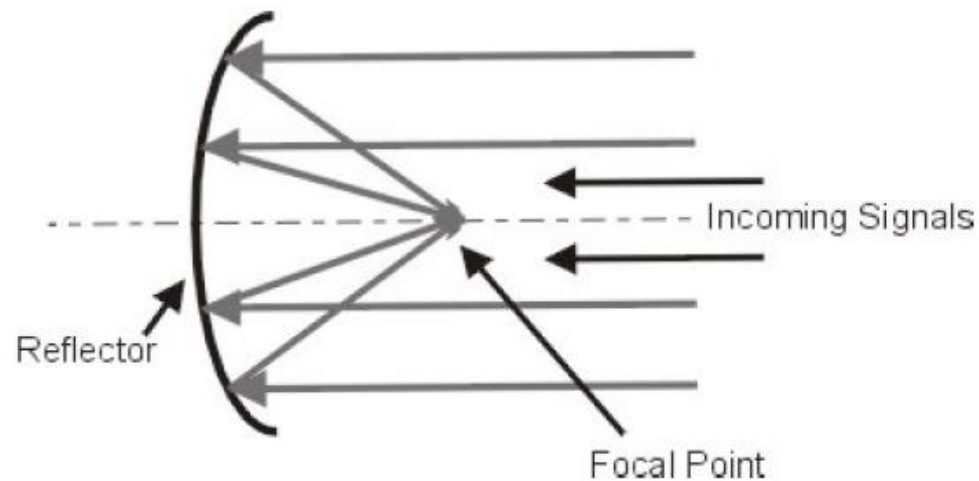


Cours Jour 2

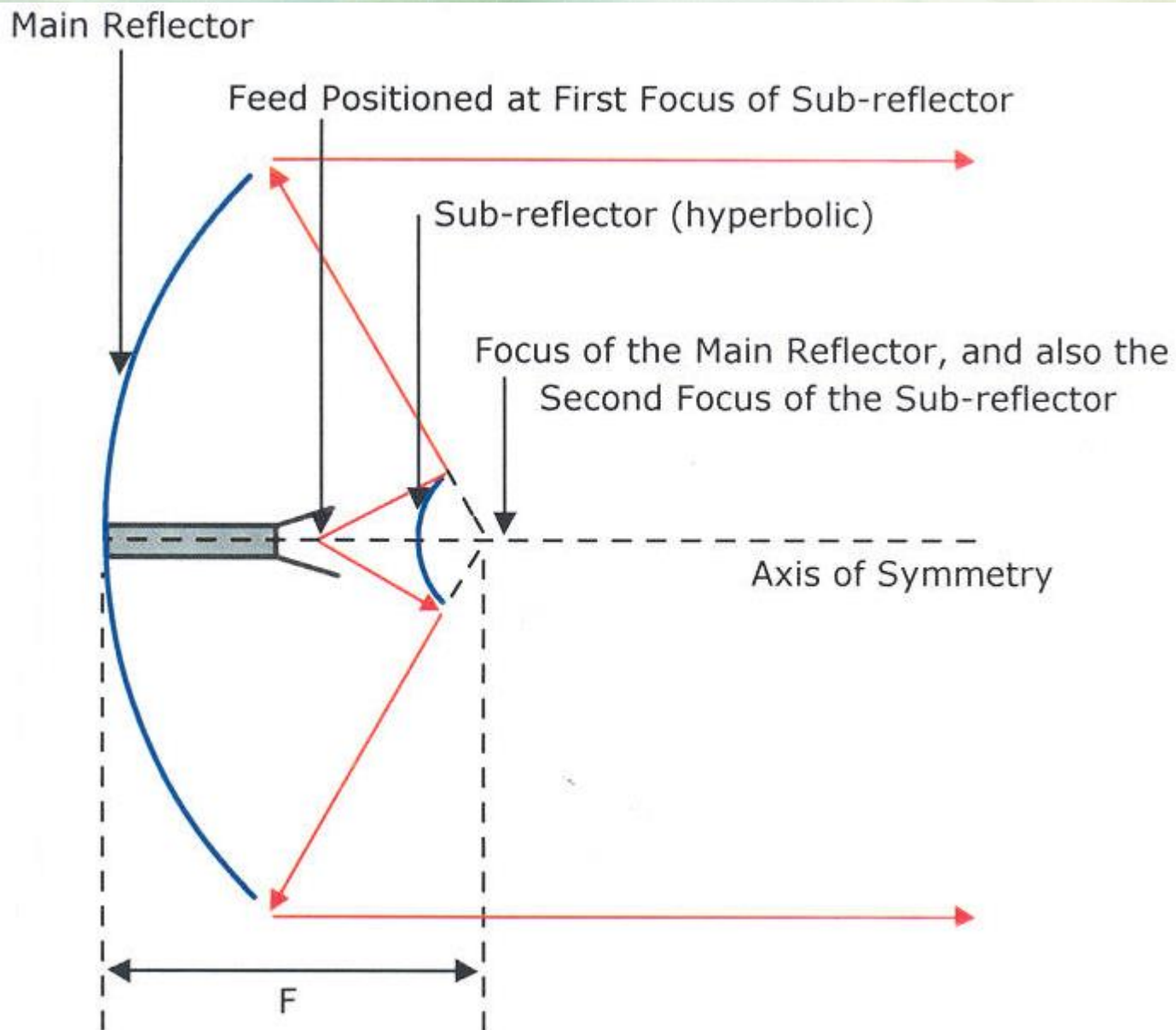
Technologie de Station Terrestre

1- Types d'antennes

Les satellites géostationnaires sont loins de la terre et nécessitent des antennes directionnelles dans le but de communiquer. Une antenne directionnelle utilise un réflecteur parabolique (communément référé comme une antenne) pour focaliser l'énergie radiée par l'émetteur, et de focaliser l'énergie entrant au récepteur. Cette capacité à focaliser l'énergie est référée comme le "gain d'antenne".

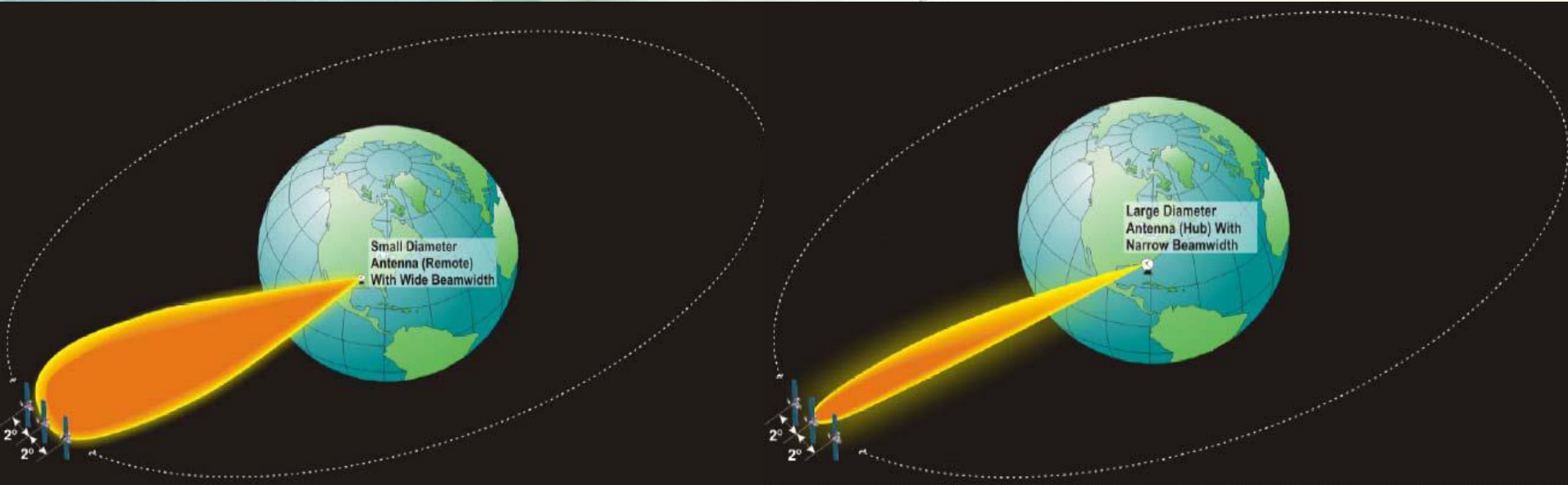


1- Types d'antennes



1- Types d'antennes

Plus l'antenne est large, plus petite est le lobe principal (largeur de faisceau). Dans le cas de Intelsat Standard, pour une antenne de 30m la précision doit être approximativement 0,015 degrés, ce qui nécessite un dispositif de pointage automatique pour contrôler l'azimuth et de l'élevation de l'antenne.



Le système d'antenne se compose des parties suivantes:

- système mécanique - comprenant un réflecteur principal, une structure arrière, une assemblée piédestale ou montage, et pour une antenne de automatique de pistage, un moteur de conduite ou système servo.
- La source primaire - comprenant le feed horn, les réflecteurs assemblés, et des composants non-irradiantes (coupleurs, duplexers etc).



1- Types d'antennes

Les caractéristiques de l'antenne terrestre sont communes à l'émission et à la réception et doivent adhérer aux normes de tests suivantes:

- gain élevé d'émission et de réception. Cela nécessite des réflecteurs qui sont large en relation avec la longueur d'onde et ont un contour précis de réflecteur. Le gain des antennes des bandes C sont typiquement plus élevées que celles de la bande Ku.
- bas niveau d'interférence (pour l'émission) et de sensibilité à l'interférence (pour la réception). Cela nécessite une enveloppe de gain très directionnelle avec des niveaux bas à l'extérieur du lobe central (*low off axis side lobes*)
- Radiation avec une pureté de polarisation élevée (*xpol*)

1- Types d'antennes

Il y a une vaste série d'antennes de stations terrestres de satellite. Chacune renvoie à une utilisation particulière.

Une de la classification peut être:

- Antennes de télévision
- Antennes *Tx/Rx*
- Antennes avec dispositif de pointage

1- Types d'antennes

Antenne de télévision

TVRO (TV Receive Only) veut dire antenne de Reception Télévision Seulement. C'est une antenne de reception utilisée pour recevoir des transmissions d'émissions.

La taille du diamètre des antennes peut aller de 1,2m à plus de 33m.



1- Types d'antennes

Antennes Tx/Rx

Les antennes Tx/Rx sont utilisées pour établir une communication à deux sens entre la station terrestre et le satellite.

La taille du diamètre des antennes peut aller de 1,2m à plus de 33m



1- Types d'antennes

Antennes de pistage

L'antenne bouge pour être toujours alignée sur le satellite. Il est souvent utilisé par de grandes antennes pour suivre les satellites qui dérivent...

Aussi utilisé pour s'aligner sur des satellites à orbite inclinée.

La taille du diamètre des antennes varie commençant par les petites jusqu'aux plus larges. Ça s'applique plus aux grandes antennes.



1- Types d'antennes

Antennes Mobiles

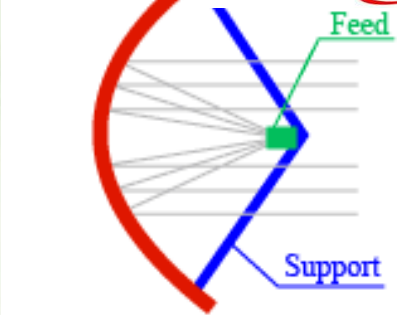
L'antenne bouge pour être toujours aligné sur le satellite. Les communications mobiles (navires, véhicules,...) ont besoin de suivre différents satellites...



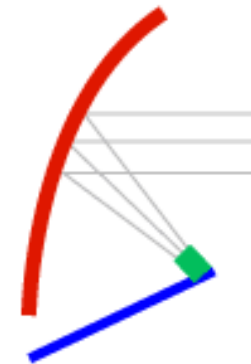
1- Types d'antennes

Les antennes par leur conception peuvent aussi être catégorisées dans les types suivants:

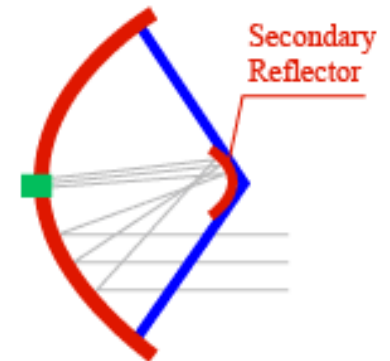
- Prime focus
- Gregorien
- Offset
- Cassegrain



Parabolic



Off-center



Cassegrain

1- Types d'antennes

Les antennes **Cassegrain et Gregorian** utilise d'un système de réflecteur double nourri par un radiateur primaire situé sur le foyer du système. Les antennes principales de stations terrestres sont surtout du type réflecteur double axi-symétrique Cassegrain quoi qu'il aient aussi des conceptions de réflecteur double du type Gregorien.

Les antennes des bandes C tendent à être plus grandes que celles des antennes KU parce que la taille de l'antenne est une fonction de la fréquence. La puissance irradiée, ou Puissance Irradiée Effective Isotrope (PIRE) est fonction du gain des deux antennes, de la puissance du HPA, des pertes de données causées par les filtres et les guide d'onde, donc les concepteurs peuvent avoir la PIRE exigée en jouant sur la puissance du HPA ou le gain de l'antenne.

1- Types d'antennes

Classification des antennes de stations terrestres

Les stations terrestres qui fonctionnent sur des bandes de 6/4 GHz et 14/12 GHz sont souvent classées selon la taille de l'antenne.

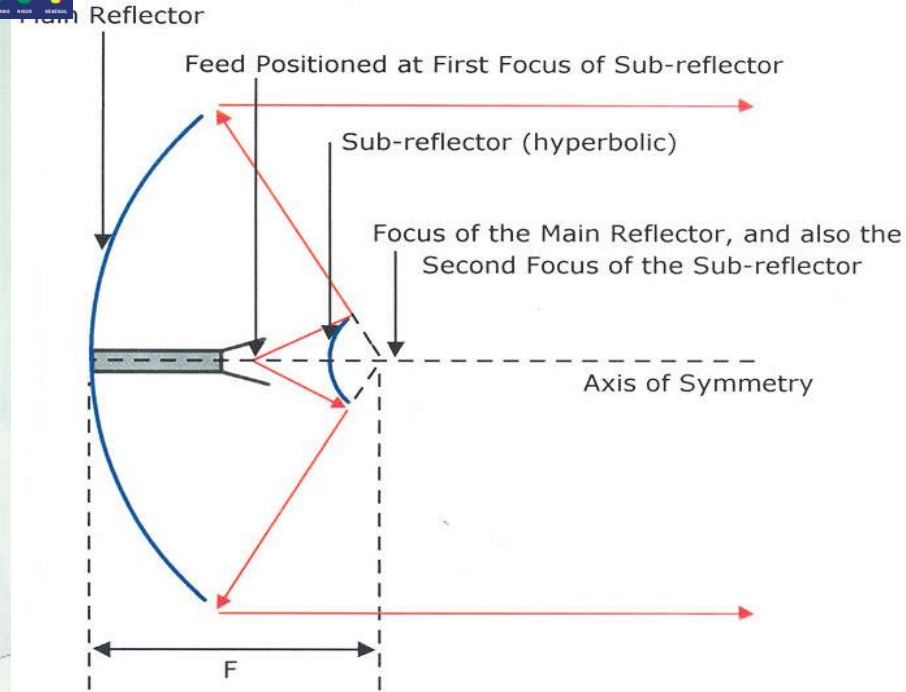
- Grandes stations terrestres - antenne approx. 15 à 33 mètres
- Moyennes stations terrestres - antenne approx. 7 à 15 mètres
- Petites stations terrestres - antenna approx. 3 à 7 mètres
- Terminaux de Très Petites Ouvertures (VSAT) - antenne approx. 0,6 à 3 mètres

1- Types d'antennes

Antenne Cassegrain

L'antenne Cassegrain est un antenne "rear-fed" qui fournit un emplacement commode pour le système alimentation intégral.

Le système reflecteur se compose d'un reflecteur principal (qui est normalement une "parabole") et un reflecteur secondaire appelé "sous-reflecteur". Une antenne Cassegrain a un sub-reflecteur hyperbolique.



1- Types d'antennes

Avantages de l'antenne Cassegrain

Les antennes paraboliques qui sont circulairement symétrique sur “l'axe z” sont appelées antennes axe-symétriques. Ils peuvent se composer d'un simple réflecteur ou, dans le cas de l'antenne Cassegrain, de multiples réflecteurs.

La possibilité de modifier le sous-réflecteur donne deux avantages:

- Réduction du “spillover”
- Distribution uniforme d'énergie sur le réflecteur résultant une amélioration de l'efficacité de l'antenne.

Les antennes Cassegrain exhibent des bruits de températures plus bas que les antennes front-end dû au fait que l'irradiation “spill-over” de l'alimentation primaire est dirigée vers le ciel, alors qu'avec les antennes “front -end” le “spill-over” est dirigé ou collecté à partir du sol.

1- Types d'antennes

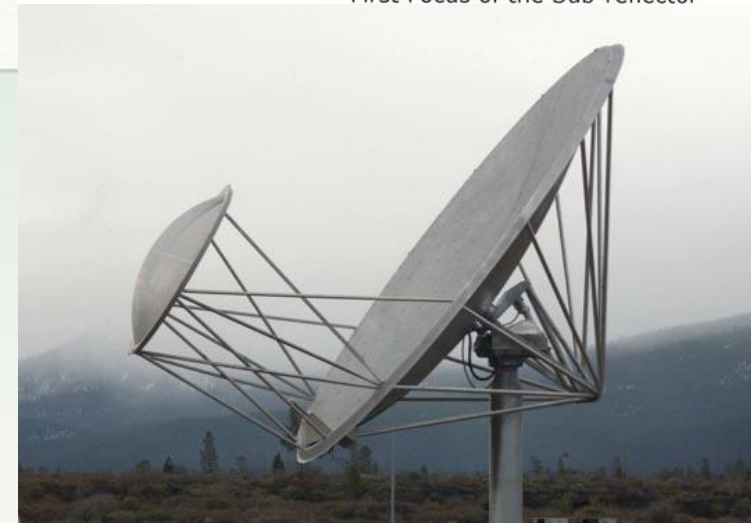
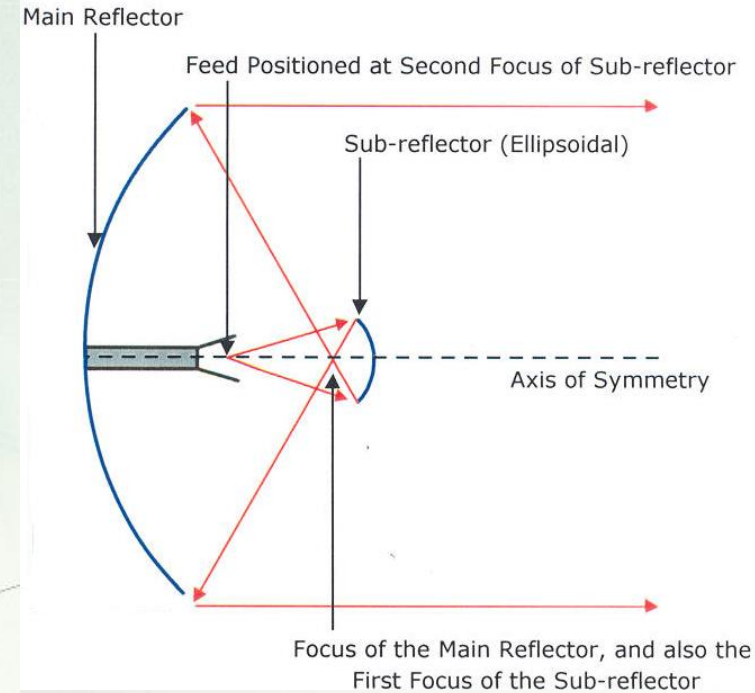
Ales désavantages de l'antenne Cassegrain

Les antennes Cassegrain souffre d'un certain nombre de désavantages:

- obstruction partielle du réflecteur principal causée par le sub-réflecteur
- l'irradiation directe du feed primaire à l'extérieur du diamètre du sous-réflecteur (irradiation spillover) augmente les lobes latéraux de l'antenne
- les supports du sous-réflecteur sont normalement placés dans la zone d'irradiation du réflecteur principal causant une irradiation éparpillée (lobes accrus des côtés)
- une obstruction par le sous-réflecteur crée une ombre du réflecteur de l'antenne et donc diminue le gain de l'antenne en émission et réception.

Pour les raisons prescrites ci-dessus, il est très difficile de fournir une antenne Cassegrain efficace de moins de 3m de diamètre.

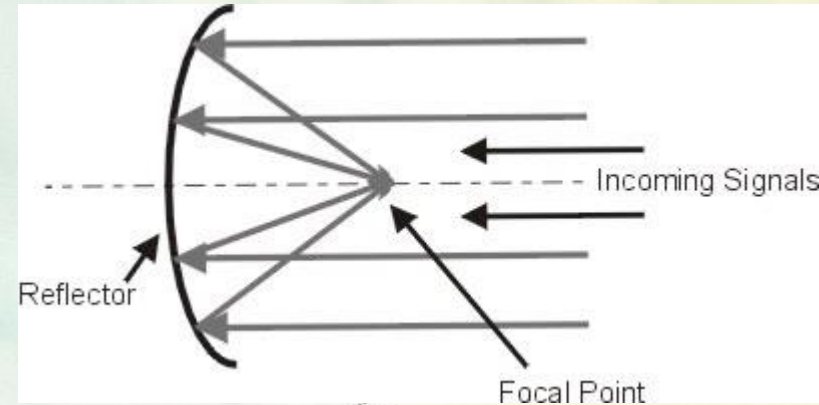
Les antennes Gregorian utilisent un sous-reflecteur ellipsoïdal à la place du sous-reflecteur hyperbolique d'antenne Cassegrain. L'irradiation à partir du feed frappe le sous-reflecteur s'entrecroise après réflexion mais avant de frapper la surface du réflecteur principal. Comme résultat de cette conception, la structure de l'antenne Gregorien ne peut pas être aussi compact que le type Cassegrain. Un avantage d'utiliser le sous-reflecteur ellipsoïdal est que le feed et les bords du sous-reflecteur sont sujets à l'irradiation et conséquemment moins d'interférence est causée. Cette méthode d'illumination, le long du Cassegrain, est communément trouvée sur les moyennes et grandes antennes de stations terrestres.



1- Types d'antennes

Antenne Prime focus

La plupart des systèmes d'antennes qu'elles soient paraboliques avec feed ou Cassegrain/Gregorian sont axis-symétriques. Une antenne prime focus (ci-contre) rassemble les *RF* reflétés dans un “*feedhorn*”, qui est situé directement sur le point focal.



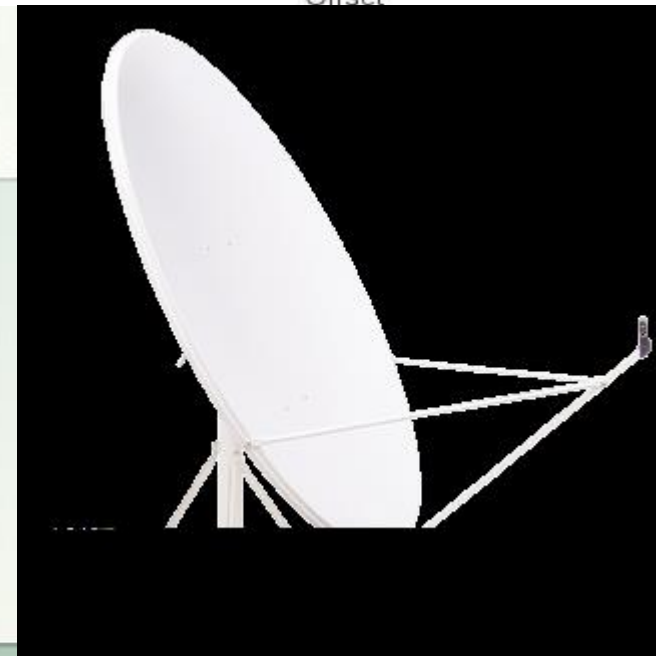
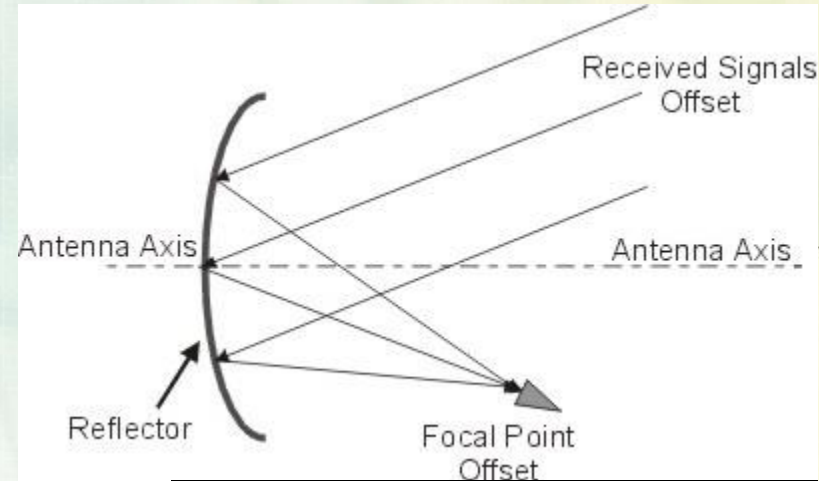
Pour les antennes axis-symétriques, l'obstruction par le feed et les composantes associées, incluant la structure du support du feed, cause des ombres sur le réflecteur de l'antenne et donc diminue le gain de l'antenne.

Antenne Offset

Les antennes Offset sont typiquement utilisées pour une faible puissance, petite et micro antenne de station. Une antenne offset est une section de foyer principal prise normalement à 22,5 degrés au-dessus de la ligne du centre. Ce type d'antenne a des avantages significatifs.

Le feed est située sur le foyer de la parabole principale mais est inclinée vers le centre du réflecteur principal, et n'est pas sur la ligne de vue entre l'antenne parabolique et le satellite. Ainsi il n'y a pas d'obstruction du signal.

L'angle du feed de l'antenne offset fournit aussi une meilleur protection contre le bruit.



2- Mesure de performance des antennes

Gain

Le gain est la mesure de quelle quantité de la puissance d'entrée est concentrée dans une direction particulière. Il est exprimé à l'égard d'une antenne isotrope hypothétique qui irradie équitablement dans toutes les directions. Il est exprimé en dB ou dBi.

$$G = 10 \cdot \log(P_{out} / P_{in})$$

Exemples de gains d'antennes parabolique TV : 12,75 Ghz (2,4 Ghz)

- 60 cm : 36,8 dB (20,5 dB)
- 80 cm : 38,5 dB (22,5 dB)
- 90 cm : 39,5 dB (23,5 dB)
- 120 cm : 42 dB (26,5 dB)

2- Mésure de performance des antennes

PIRE

La puissance isotrope rayonnée équivalente (PIRE) est la puissance rayonnée équitablement dans tous les sens qui produirait une densité de flux de puissance équivalente à la densité de flux de puissance de l'antenne actuelle.

$$\text{PIRE} = G \times P_{\text{in}}$$

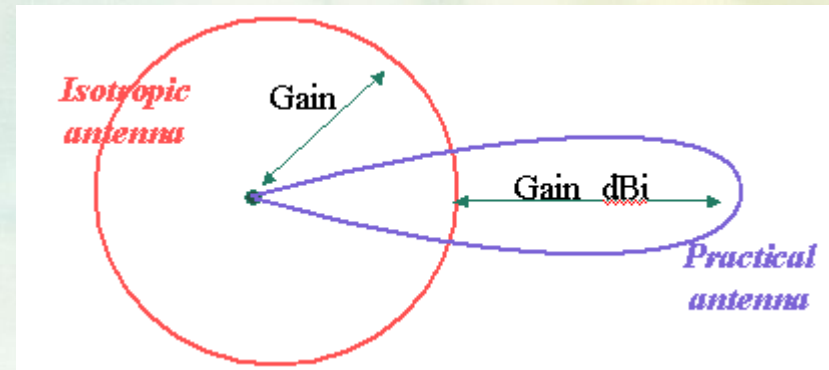
$$\text{PIRE} = \text{Poutpout of Tx} - \text{Loss Tx to Antenna} + \text{Gain Antenna}$$

La mesure est exprimée en dBm ou mW

2- Mésure de performance des antennes

PIRE

Ex : Power output = 10 dBm
 Cable attenuation = 2 dB
 Antenna Gain = 19 dBi
 PIRE= 27 dBm
 PIRE= 501 mW



2- Mesure de performance des antennes

G/T

C'est une propriété d'antenne aussi connue sous le nom de Figure de Mérit. C'est un ratio de la puissance d'amplification dans une antenne sur le bruit du signal. Il est mesuré en dB/K et, puisque le bruit du signal est une propriété préjudiciable, les ratio les plus élevés sont préférés. La performance de la station terrestre est typiquement indiquée en termes de la valeur du système de réception G/T. Plus la valeur est large, plus le système de reception est sensible et une performance plus élevée de lien est obtenue.

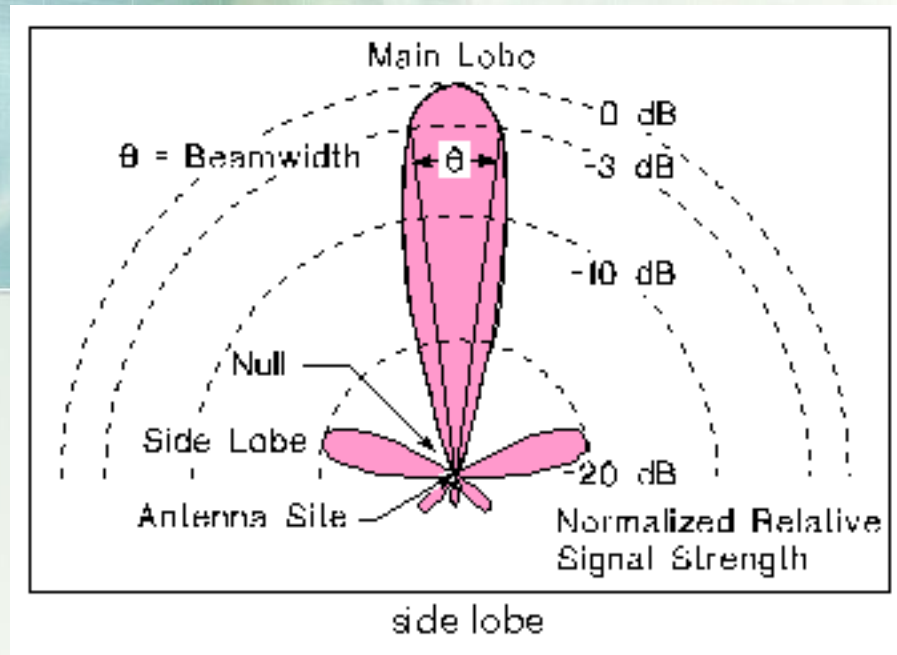
G est le gain du receveur

T est la temperature de bruit totale du système

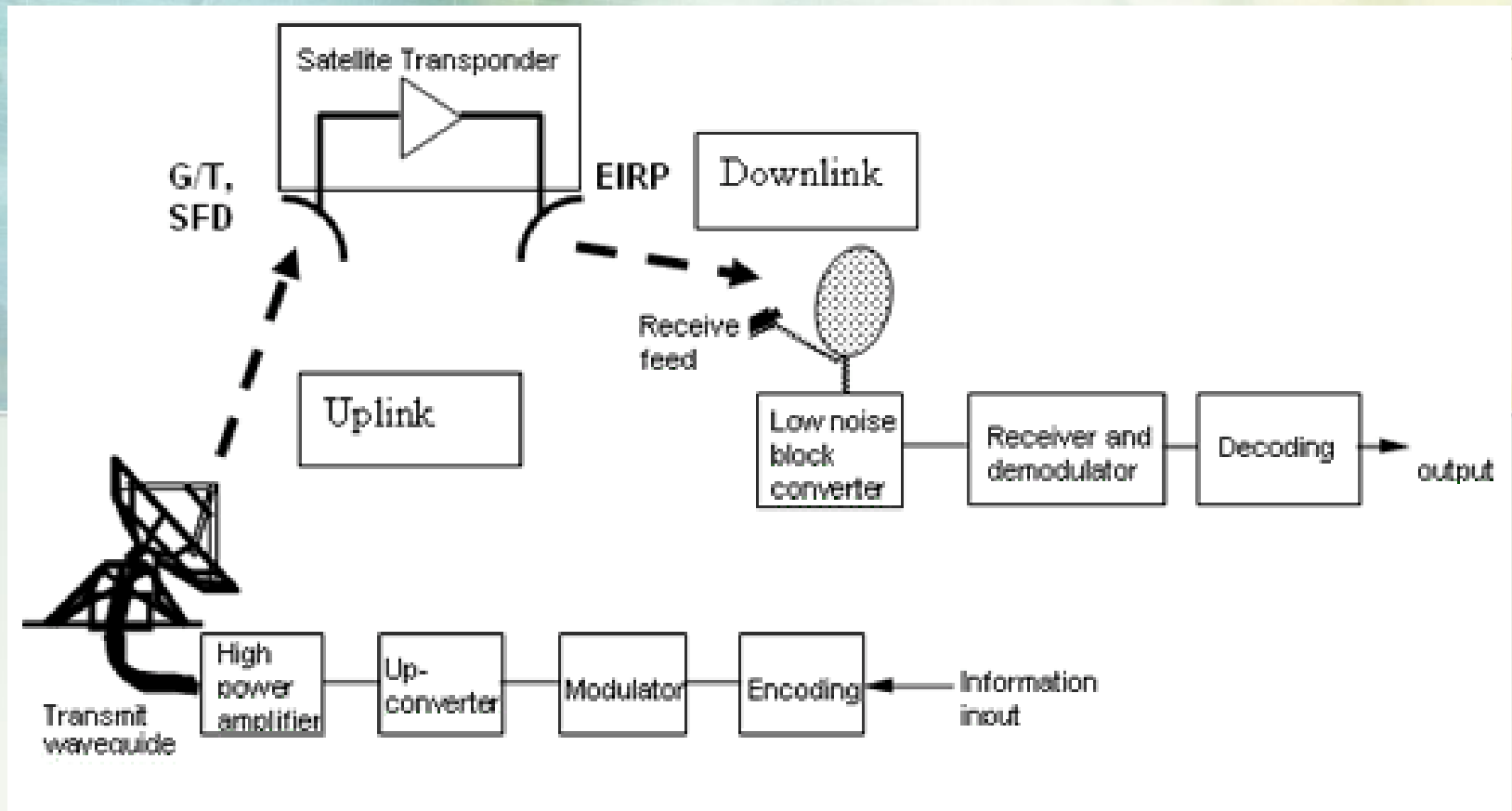
2- Mésure de performance des antennes

lobe lateral

Dans une structure d'irradiation d'antenne directionnelle, un lobe dans toute direction autre que celle du lobe principal

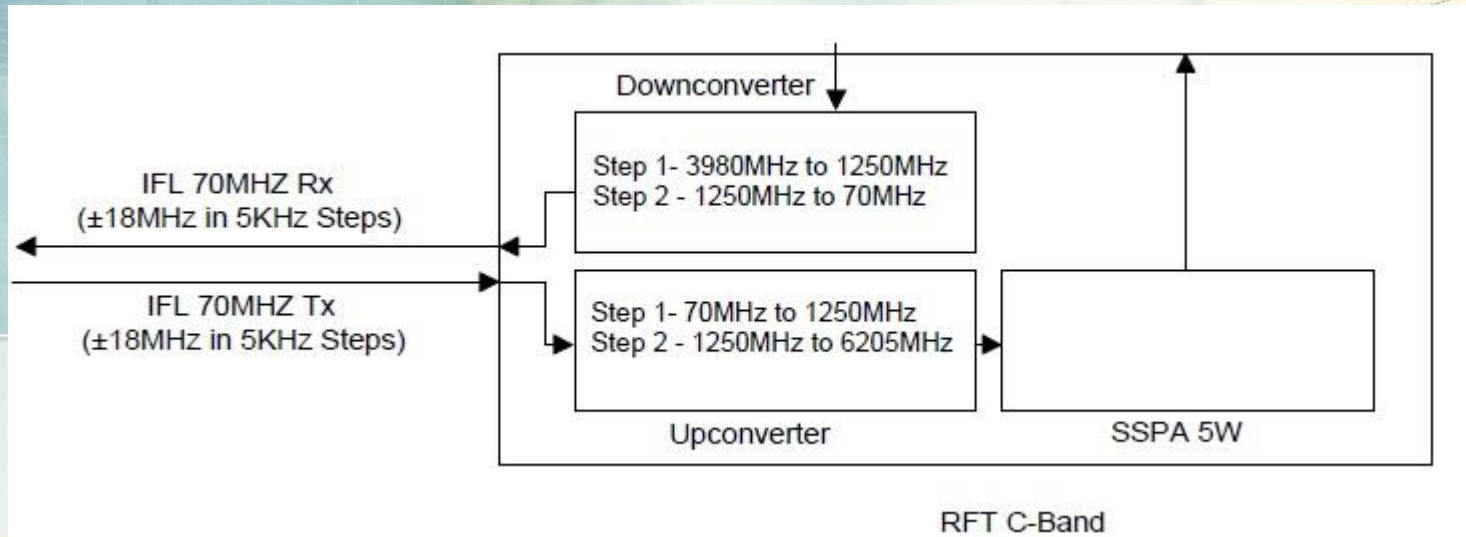


3- Equipement RF



3- Equipement RF

Plan de conversion de fréquence générale



3- Equipement RF

BUC

Un **block up converter** (BUC) est utilisé dans la transmission (uplink) des signaux du satellite. Il convertit une bande (ou "block") de fréquence d'une basse fréquence à une fréquence plus élevée. Les BUCs modernes convertissent d'une bande L à une bande Ku, C, ou Ka.

BUC veut "Block up Converter". Il est utilisé comme partie de transmission dans un système VSAT. Un BUC a un oscillateur local fixe (typiquement 13.05 GHz) et la fréquence est déterminée dans le modem du satellite. Les BUCs ont une entrée bande L (1 GHz) de fréquence d'entrée.



3- Equipement RF

LNB

Le LNB (Low Noise Block) convertit les ondes électromagnétiques ou radio en des signaux électriques et transfère les signaux de la bande C downlink ou bande Ku à la bande L.



3- Equipement RF

Feedhorn

Le feedhorn est essentiellement le “front-end” d’un guide d’onde qui rassemble les signaux au ou près du point focal et les conduit à un LNB (low-noise block down converter).



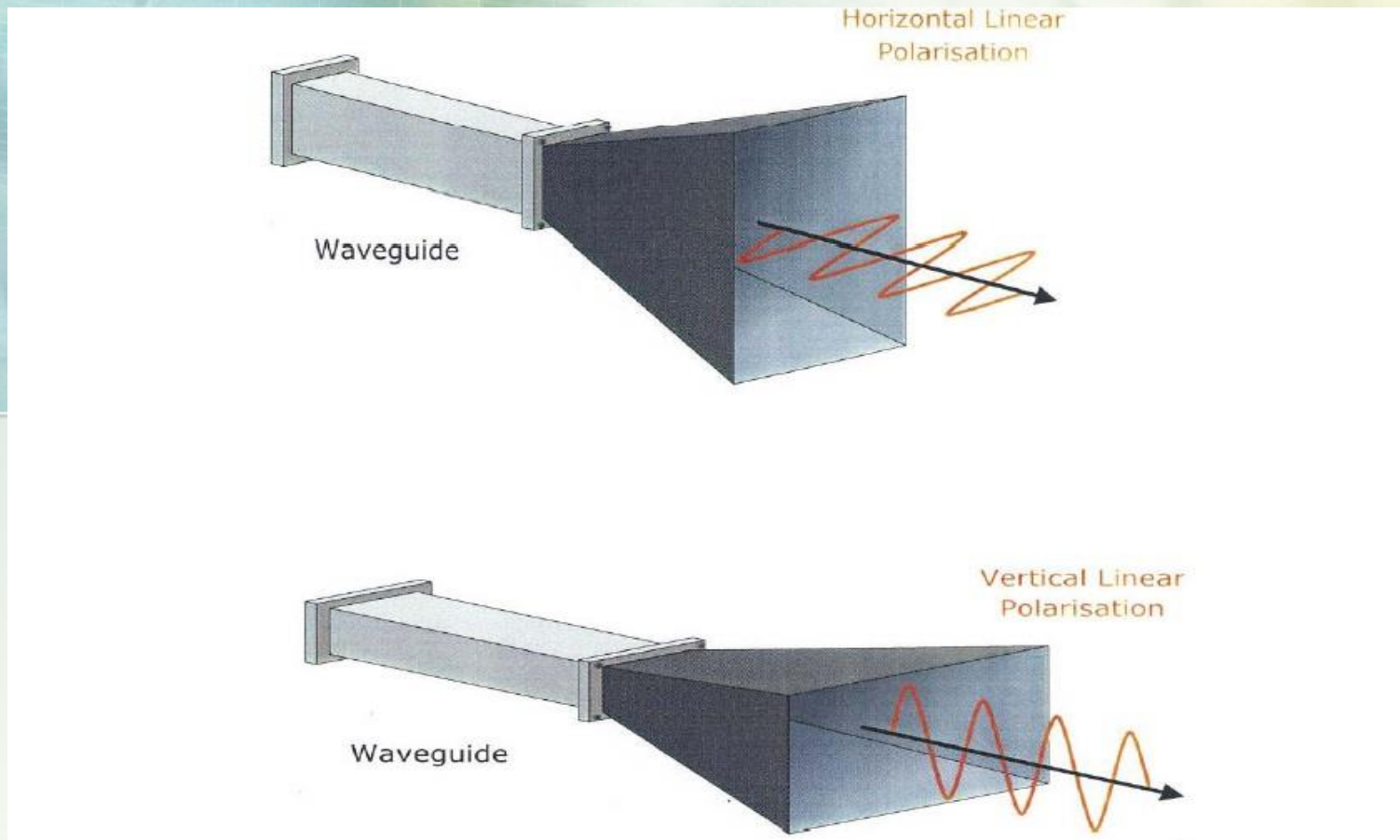
3- Equipement RF

Polarisation

La polarisation linéaire au contraire sera vue tout le temps les avec les antennes de bande Ku et Ka. Avec la linéaire il y a deux types: Horizontale et Verticale. Qu'est-ce-qui se passe exactement dans la polarisation linéaire que nous avons besoin de savoir? Avant de comprendre comment la linéaire est utilisée, on doit comprendre le dispositif utilisé sur l'antenne du satellite pour laisser passer un signal tout en bloquant l'autre signal. Cela est appelé le transducteur mode orthogonal (OMT), pour couper.

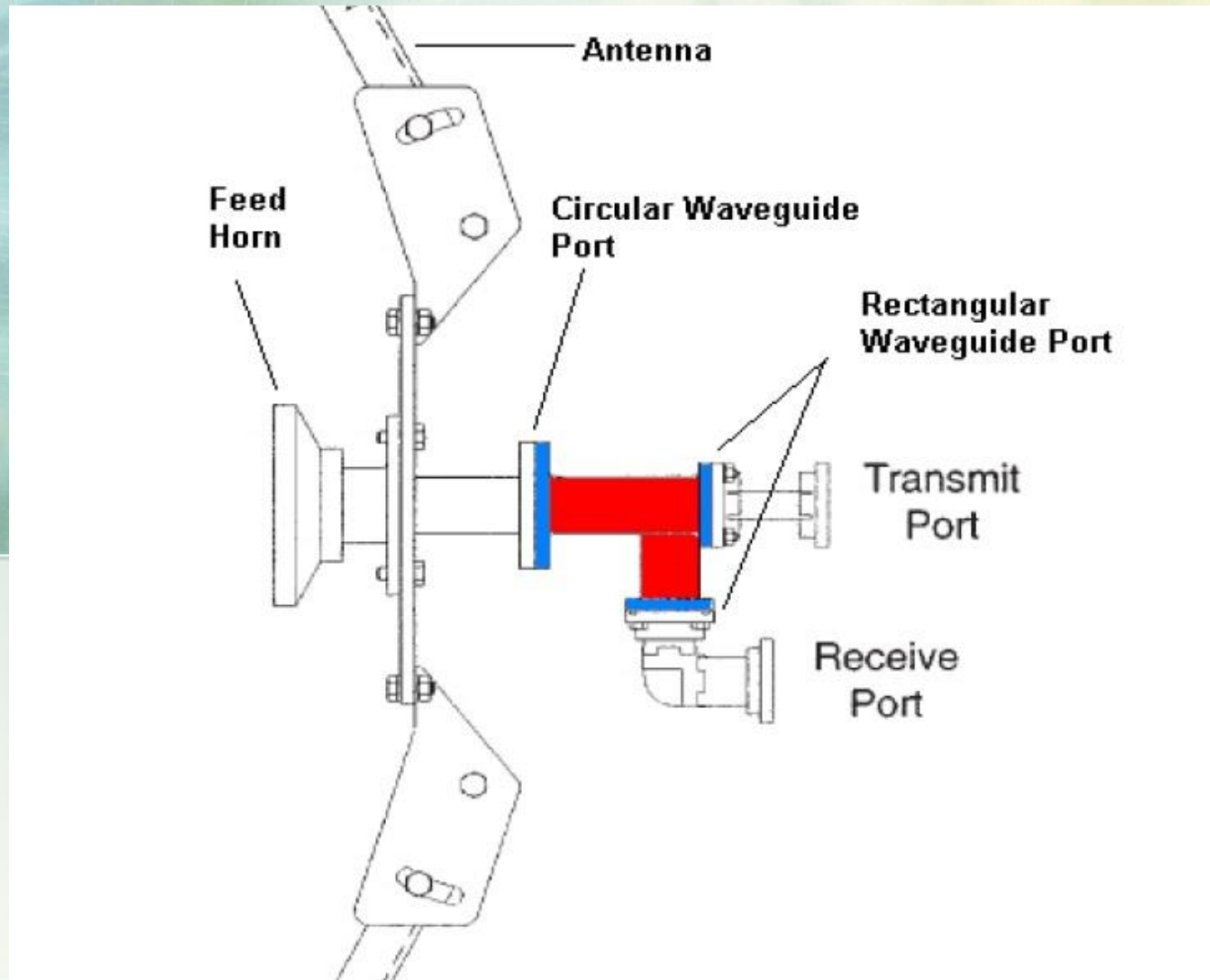
3- Equipement RF

Polarisation



3- Equipement RF

Polarisation



3- Equipement RF

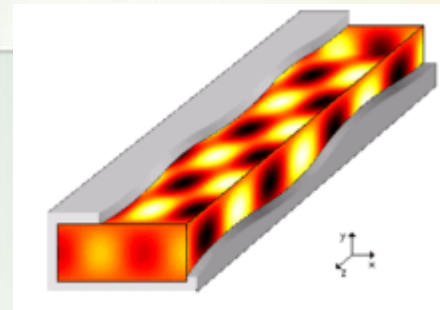
Polarisation

Les Satellites ont une série de fréquence de transmission qui commencent à 14.000 MHz à 14.500 MHz. Celles-ci sont utilisées pour envoyer un signal d'une station terrestre à un satellite. Une fois là-bas, elles sont traduites à une basse fréquence et puis retournées sur la terre. Cette traduction est différente selon la partie de la terre où une personne se trouve. Pour les Etats-Unis d'Amérique, les fréquences traduites sont de 11.700 MHz à 12.200 MHz. En Europe et au Moyen-Orient, les fréquences sont traduits de 10.900 MHz à 11.700 MHz. en Australie et à la Nouvelle Zélande, les fréquences sont traduites de 12.200 MHz to 12.700 MHz.

Avec cela à l'esprit, nous devons aussi comprendre que toutes ces fréquences sont réutilisées. En d'autres termes, la fréquence est utilisée deux fois, elles sont sur des polarisations séparées. Une fréquence est envoyée vers le bas dans le plan horizontal et l'autre dans le plan vertical.

3- Equipement RF

Un guide d'onde est une structure qui guide les ondes, telles que les ondes électromagnétiques ou des ondes sonores. Il y a différents types de guide d'ondes pour chaque type d'onde. Le plus original et le plus courant est un conducteur en metal sous forme de pipe creux utilisé pour transporter des ondes de grandes fréquence radio, particulièrement des micro-ondes.



3- Equipement RF

Modem VSAT

Un **modem satellite** ou **modem sat** est un modem utilisé pour établir des transferts de données en utilisant un satellite de communications comme relai.

Il y a une large étendue de modems satellite allant de dispositifs bon marché pour l'accès internet domestique à l'équipement multifonctionnel cher pour une utilisation en entreprise

Un "modem" veut dire "modulateur-demodulateur". Un modem satellite a pour fonction principale de transformer une entrée numérique à un signal radio et vice versa.

3- Equipement RF

Modem VSAT

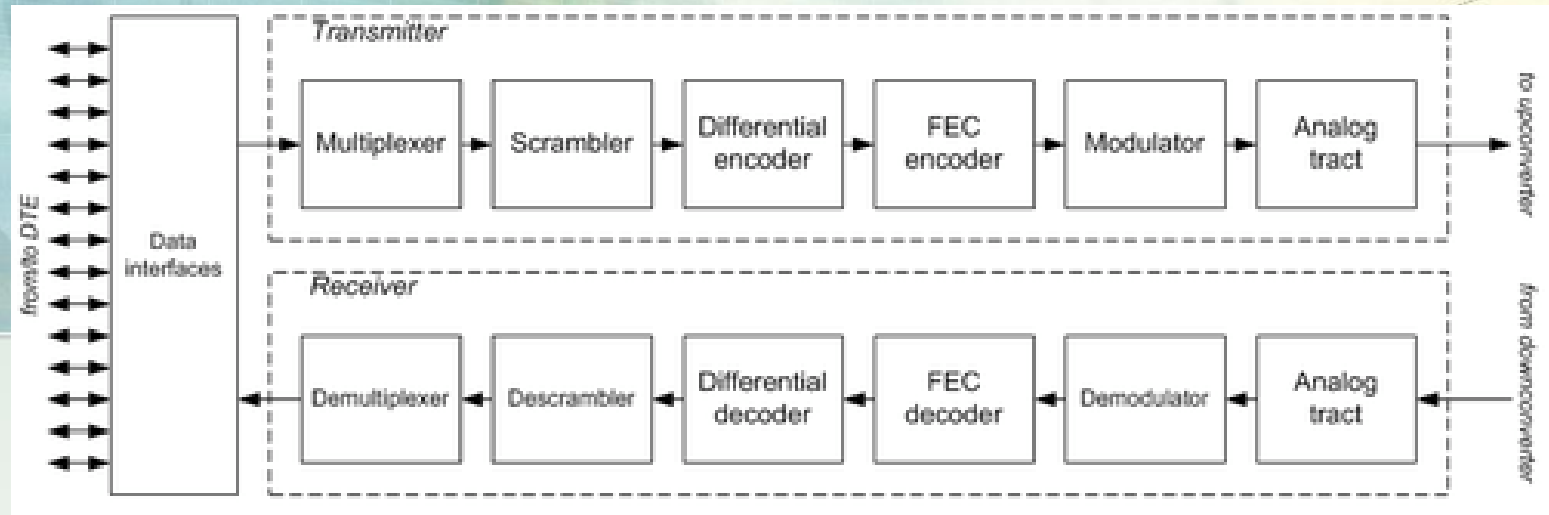
Il ya des dispositifs qui incluent seulement un demodulateur (et aucun modulateur, permettant ainsi les données d'être téléchargées par le satellite) qui sont aussi appelés "modems satellite". Ces dispositifs sont utilisés pour l'accès internet par satellite (dans ce cas les données montantes sont transferées à travers un modem conventionnel PSTN ou un modem ADSL).



- Broadband
- TDMA & SCPC
- Turbo Code FEC
- QoS/Firewall
- 3-Way Handshake Acceleration
- 10/100 Mbps LAN
- Variable Data Rates
- L-Band
- DNS Caching
- C/Ku/Ka Band
- TCP/IP Router
- Rate Shaping
- 3DES Chipset Onboard
- TCP Acceleration

3- Equipement RF

Modem VSAT



3- Equipement RF

Modem VSAT- Tract analogique

Après une conversion numérique à analogique dans l'émetteur le signal passe à travers un filtre de reconstruction. Puis sa fréquence est convertie si besoin y est.

Le but du tract analogique dans le receptr est de convertir la fréquence du signal, d'ajuster sa puissance via un circuit de contrôle automatique de gain et d'obtenir ses composantes enveloppe complexes.

Le signal d'entrée pour le tract analogique est à la fréquence intermédiaire ou dans la bande L, dans le premier cas il doit être premièrement converti en IF. Alors le signal est l'un échantionné l'autre traité par le multiplicateur quadriquant qui produit les composantes enveloppe complexes (I,Q) en le multipliant par la fréquence hétérodyne.

Enfin le signal passe à travers un filtre anti-aliasing et est échantillonné (numérisé).

4- Métrage de stations terrestres

Analyseur de spectre

Un analyseur de spectre ou analyseur spectral est un dispositif utilisé pour examiner la composition spectrale de certaine forme d'onde électrique, acoustique, ou optique. Il peut aussi mesurer la puissance du spectre.



4- Métrage de stations terrestres

Fonctionnalités typique d'analyseur de spectre

Fréquence: permet à de fixer la fenêtre des fréquences à visualiser.

Recherche de marqueur/pic: Contrôle la position et la fonction des marqueurs et indique la valeur de la puissance.

Bande passante/moyenne: est un filtre de résolution. L'analyseur de spectre capture la mesure après avoir déplacé un filtre de faible bande passante le long de la fenêtre de la fréquence.

Amplitude: la valeur maximum du signal à un point est appelé amplitude. Un analyseur de spectre qui exécute une analyse d'amplitude est appelé un analyseur *Pulse height*.

Vue/trace: gère les paramètres de mesure. Il emmagasine le maximum de valeurs dans chaque fréquence et un mesure résolue pour le comparer.

4- Métrage de stations terrestres

Trouveur de satellite

Un trouveur de satellite est un dispositif de mesure du signal satellite utilisé pour pointer de façon précise les antennes de satellite aux communications satellitaires en orbite géostationnaire.

Dans certains trouveurs satellite il y a une liste pré-enregistrée des satellites et quelques caractéristiques d'autres satellites peuvent être ajoutés.

Pour trouver le satellite dont vous avez besoin, il suffit de le connecter à votre LNB et commencer à pister le satellite.



5- PIRE

Puissance Isotrope Rayonnée Equivalente(PIRE)

La PIRE est la mesure de puissance disponible d'une station terrestre. C'est le produit du gain d'antenne et de puissance d'entrée de l'antenne. Il est exprimé comme un ratio relatif à 1 Watt (dBW).

La puissance de sortie de l'amplificateur dans un système particulier est dictée (primordialement) par l'exigence de la PIRE comme identifiée dans le calcul du budget de liaison (link budget).

L'équation suivante est utilisée pour calculer la PIRE maximum d'une station terrestre:

$$(10 \log PA) + GA - FL - OL$$

- 1) GA - the gain of the antenna in dBi
- 2) PA - the HPA output power in Watts
- 3) FL - typical feed losses in dB
- 4) OL - other losses in dB

5- PIRE

Gain d'Antenna GA

Le gain de l'antenne peut être calculé comme une fonction du nombre de longueur d'ondes capturé par la surface du réflecteur. Utilisant la formule suivante: $10 \log (9.9 * (D/\lambda)^2) * \text{eff}$

où:

λ = longueur d'ondes en mètres

D = diamètre de l'antenne en mètre

Eff = efficacité du système de l'antenne

Heureusement cela nous est donné par le fabricant de l'antenne. Une typique 2,4m antenne bande KU a un gain de transmission de 49 dBi.

Plus grande est l'antenne, plus grand est le gain, ainsi le gain est directement proportionnel au diamètre de l'antenne.

5- PIRE

10 Log PA

La puissance de l'amplificateur est facilement disponible à partir des spécifications des fabricants.

Il est important de noter que beaucoup d'amplificateurs tube utilisent un dispositif passif appelé **circulator**, qui est ajusté à l'étape du output final et atténue la puissance de sortie du dispositif actif jusqu'à 20%. Un TWTA de 650 watt, par exemple, peut fournir seulement 520 watts au **flange du output**.

Les plus petits dispositifs comme SSPAs et BUCs sont plus faciles à qualifier. Par exemple, les tailles suivantes en bande Ku sont disponibles.

1, 2, 4, 8, 16, 20, et 40 watts

Watts	1	2	4	8	16	20	40
10 log PA	0	3	6	9	12	13	16

5- PIRE

FL

La puissance RF doit être transporté de l'amplificateur au feed horn de l'antenne à travers un système de guide d'onde. Les pertes surviennent dans le guide d'onde et seront dépendent du type de guide d'onde utilisé (rigide, câble etc)

Typiquement sur les petites aux moyennes antennes de stations terrestres cela est estimé à 0.5 dB, puisque le RF est souvent installé à côté de l'alimentation et dans certain cas, directement sur lui.

Sur les stations terrestres plus larges il peut y avoir des guides d'ondes plus longs qui fonctionnent comme combiner ou réseaux redondants à travers lesquels le RF doit passer. Cela peut causer des pertes aussi élevées que 2 ou 3 dB.

5- PIRE

OL

Autres pertes sont relatives à l'état mécanique de l'antenne et de son support. Le VSAT et les petites stations terrestres peuvent souffrir d'erreurs de **pointage**, ainsi une figure typique de 0,5dB est donnée comme OL.

Certains budgets de liaison de fournisseur de satellite incluent un chiffre de perte de dégradation de la PIRE si la station est déclarée comme “non-automatique”, en considération des effets du mouvement du satellite. Sur une antenne de 3,7m cela est habituellement prise comme 1 dB.

5- PIRE

Exemple de Calcul de PIRE TTPO

Avec notre prix de référence une antenne de 2,4m, nous permet de calculer la PIRE maximum quand elle est ajustée à un SSPA de 1 watt.

$$(10 \log PA) + GA - FL - OL$$

$$\text{PIRE Maximum} = 0 + 49.0 - 0.5 - 0.5 = 48 \text{ dBW}$$

Avec un PA de 2 watt la PIRE maximum serait 51 dBW

Avec un PA de 4 watt la PIRE maximum serait 54 dBW

5- PIRE

Satellite PIRE

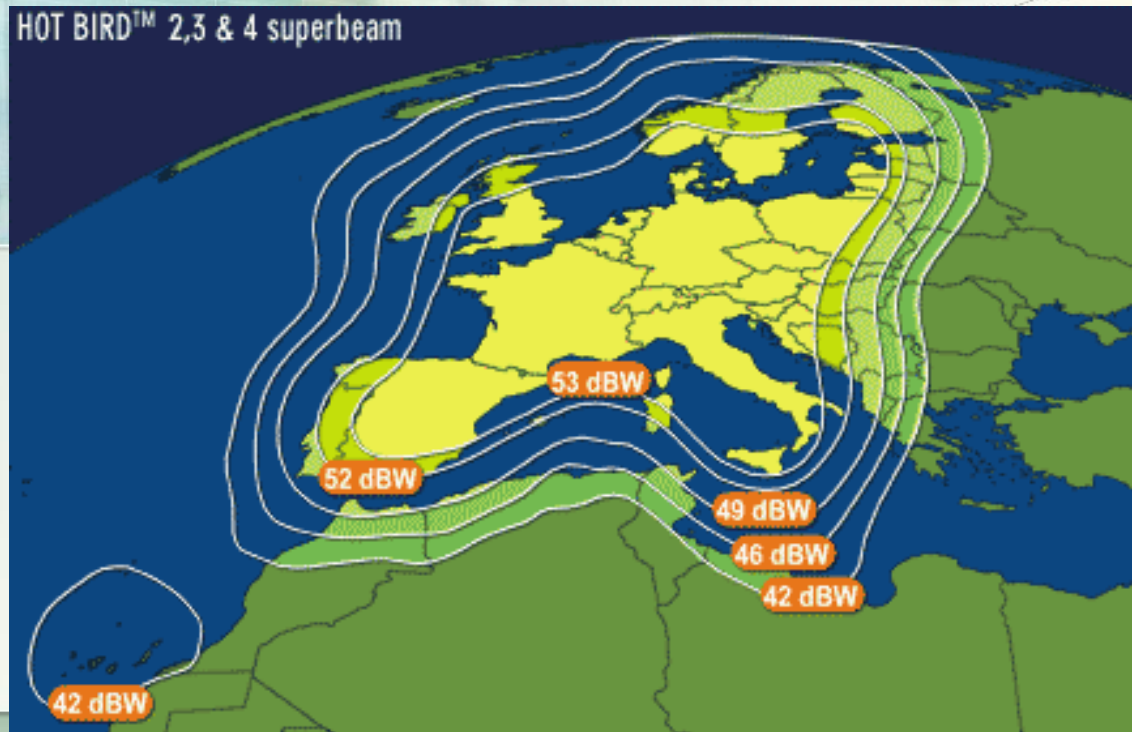
Les cartes de couverture faisceau du **downlink** du satellite montrent des lignes de contour où chaque ligne réfère à un niveau de puissance particulier du satellite. Les lignes sont faites avec des valeurs PIRE comme 45dBW, 44dBW, 43dBW, 42dBW etc... par ordre décroissant.

Le nombre le plus élevé vers le milieu de la carte de couverture réseau montre où le downlink du faisceau est le plus fort et plus facile à recevoir. Dans le centre du faisceau un plus petit plat de réception est requis au sol. Comme tu te déplace plus loin du pic du faisceau, le faisceau devient moins puissant et un plat plus large est requis.

5- PIRE

Satellite PIRE

En pratique, un contour PIRE de 53 dBW pourrait être produit par un satellite utilisant un émetteur de 200 watt ($200W = 10\log(200) = 23\text{dBW}$) plus une antenne de transmission satellite avec un gain de 30 dBi (maximum).



5- PIRE

exemple de calcul PIRE

Basé sur ce sur quoi nous avons discuté, ce qui suit est un exemple de calcul du

- puissance maximum d'entrée au BUC à partir du modulateur
- PIRE

Nous assumerons que nous utilisons ce qui suit

- SSPA 8 watt
- antenne Ku de 2,4m avec gain spec de 49 dBi

Etape Une: Dans un premier temps nous devons convertir la puissance SSPA en dBm comme suit: $\text{Puissance (dBW)} = 10 \log (P_{\text{watts}}) = 10 \log (8) = 9.0$

5- PIRE

exemple de calcul PIRE

Etape Deux: Ensuite nous devons convertir la puissance du dBW au dBm comme suit:

$$\text{Puissance (dBm)} = P(\text{dBW}) + 30 = 39 \text{ dBm}$$

Etape Trois: Nous devons obtenir du fabricant le gain du SSPA

Dans cet exemple nous utiliserons un gain de 60 dB. Ainsi le input maximum au SSPA sera

$$\text{Maximum SSPA input} = \text{SSPA Power dBm} - \text{Gain SSPA} = 39 - 60 = -21 \text{ dBm}$$

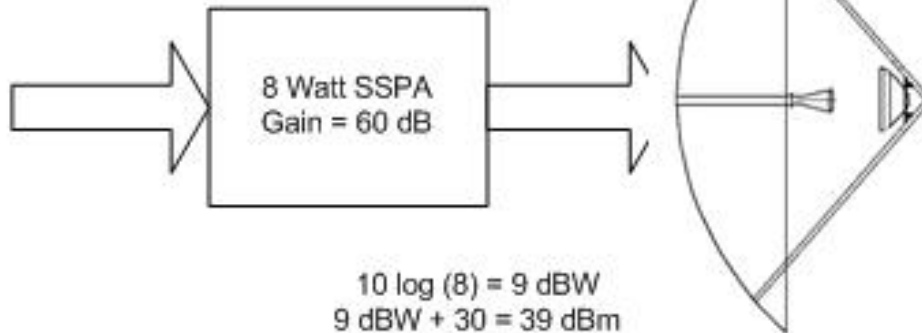
Etape Quatre: Un simple PIRE sans feed ou pertes associées peuvent se calculer comme suit

$$10 \text{ Log (Pwatts)} + \text{Antenna_Gain} = 10 \text{ Log (8)} + 49 = 58 \text{ dBW}$$

5- PIRE

Antenna gain = 49 dBi

Max modulator
input = 39 - 60
= -21 dBm



EIRP (max) = 10 log (8) + 49 = 58 dBW

Fin de cours Jour 2

Technologie de Station Terrestre