

D.F.P.T. REPRODUCTION INTERDITE sans autorisation écrite

**ARCHITECTURE
ET TRANSMISSION
DES RESEAUX LOCAUX
DE VIDEOCOMMUNICATIONS**

DOCUMENT STAGIAIRE
Code produit : 164 114 B A

ARCHITECTURE ET TRANSMISSION DES RESEAUX LOCAUX DE VIDEOCOMMUNICATIONS

DOCUMENT STAGIAIRE
Code produit : 164 114 B A

Ce document est utilisé pour le(s) module(s) de formation suivant(s)

Code module	Organisme de Maintenance
164 114	DFPT - B35

Ce document est paginé recto-verso

EDITION	DATE	EDITION	DATE	EDITION	DATE
1 - DFPT - B35	06/86				
2 - DFPT - CP	12/86				
3 - DFPT - B35	02/88				

Objectif 1 :	module 165085
Définir l'environnement juridique des RLV.	
Objectif 2 :	module 165085
Décrire la procédure de déroulement d'un projet de RLV.	
Objectif 3 :	module 165085
Décrire l'organisation d'une tête de réseau.	
Objectif 4 :	module 165085
Décrire l'architecture d'un réseau 1G.	
Objectif 5 :	module 165085
Décrire l'architecture d'un réseau 0G.	
Objectif 6 :	module 165085
Décrire la situation des RLV dans le monde.	
Objectif 7 :	module 165085
Présenter les différents plans de formation des agents travaillant sur les RLV.	
Objectif 8 :	7
Enumérer les signaux transmis dans un RLV.	

Objectif 9 :	9
Exposer les principes de base de la théorie du signal.	
Objectif 10 :	25
Exposer les notions d'affaiblissement et de bande passante.	
Objectif 11 :	41
Décrire les différents traitements du signal.	
Objectif 12 :	71
Décrire les caractéristiques de l'onde électromagnétique.	
Objectif 13 :	81
Décrire les caractéristiques d'un support fibre optique d'un RLV.	
Objectif 14 :	121
Décrire les caractéristiques d'un support coaxial d'un RLV.	
Objectif 15 :	135
Décrire les contraintes de transmission d'un RLV 0G et 1G.	
Objectif 16 :	151
Calculer un bilan de liaison d'un RLV 0G.	
Objectif 17 :	161
Calculer un bilan de liaison d'un RLV 1G.	
Annexe	165
Définition des termes employés	

OBJECTIF 8

Enumérer les signaux transmis dans un RLV.

Les réseaux de Vidéocommunications utilisent deux types de signaux :

I - Les signaux analogiques pour :

- l'image
- le son (selon le système)

II - Les signaux numériques pour :

- le son (selon le système)
- les échanges interactifs de données :
 - exemples : . Vidéotex
 - . entre usager et CD
 - . entre CD et CE

OBJECTIF 9

Objectif intermédiaire 9-1
Exposer les caractéristiques d'un signal.

I - INTRODUCTION

Il y a deux représentations possibles pour décrire les caractéristiques d'un signal quelconque à transmettre :

- La représentation temporelle
- La représentation fréquentielle ou spectrale.

La représentation spectrale s'appuie sur le théorème de Fourier qui admet que tout signal peut se décomposer en une somme de différents signaux sinusoïdaux.

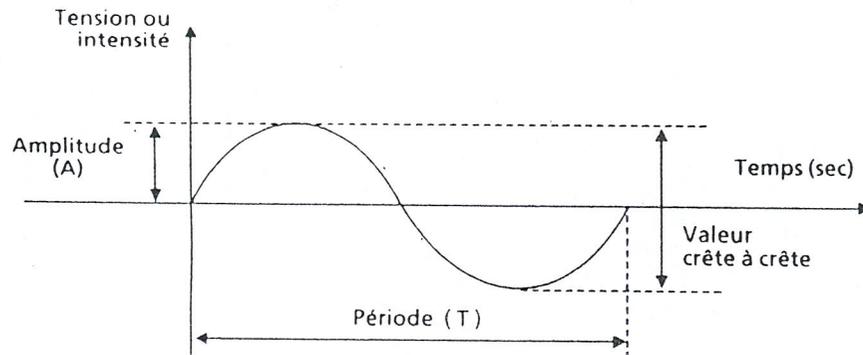
En transmission, le signal sinusoïdal est le signal de base

II - LE SIGNAL SINUSOÏDAL

II - 1 - Représentation temporelle d'un signal

La représentation temporelle d'un signal électrique figure les variations de la tension ou de l'intensité de ce signal en fonction du temps.

II - 2 - Représentation temporelle d'un signal sinusoïdal.

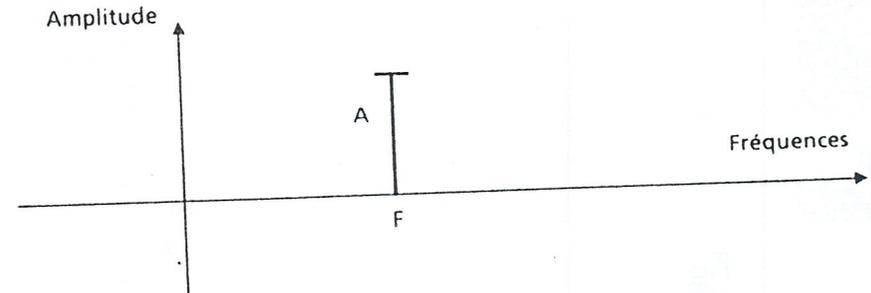


- une telle courbe est visualisée à l'oscilloscope.
- Nous constatons que le signal se reproduit identiquement selon un intervalle de temps de largeur T appelé "période"
- la fréquence est le nombre de périodes par seconde :

$$\text{fréquence } F = \frac{1}{T} \quad F \text{ est exprimé en Hz} \quad T \text{ est exprimé en seconde}$$

II - 3 - Représentation fréquentielle ou spectrale du signal sinusoïdal :

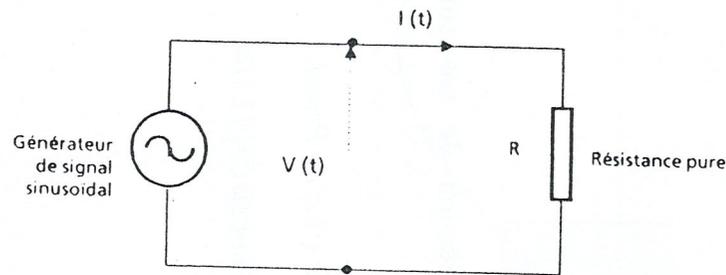
La représentation spectrale d'un signal sinusoïdal figure l'amplitude A à la fréquence F du signal :



- une telle représentation est visualisée à l'analyseur de spectre et elle se traduit par une raie d'amplitude A à la fréquence F.

II - 4 - Puissance fournie par un signal sinusoïdal.

Soit le circuit suivant :



$$V(t) = R \cdot I(t)$$

$V(t)$ tension sinusoïdale aux bornes de R

$I(t)$ courant sinusoïdal

La puissance $P(t)$ délivrée à la résistance R va dépendre du temps.

$$P(t) = V(t) \cdot I(t) \text{ c'est la puissance instantanée.}$$

On travaillera plutôt sur la puissance moyenne :

$$P_{\text{moyen}} = \frac{V_{\text{max}} \times I_{\text{max}}}{2}$$

$$P_{\text{moyen}} = \frac{R I_{\text{max}}^2}{2}$$

$$\text{posons } I_{\text{eff}} = \frac{I}{\sqrt{2}}$$

ainsi $P_{\text{moyen}} = R I_{\text{eff}}^2$.

I_{eff} est la valeur d'un courant continu qui fournirait la puissance P_{moyen} à la résistance R

I_{eff} est appelé courant efficace du courant sinusoïdal I ;

De la même façon on définit la tension efficace : V_{eff}

$$V_{\text{eff}} = \frac{V_{\text{max}}}{\sqrt{2}}$$

Remarque : si la charge n'avait pas été une résistance pure R mais composée en plus d'éléments capacitifs ou inductifs alors $V(t)$ et $I(t)$ auraient été déphasés. Soit ϕ le déphasage :

$$P_{\text{moyen}} = V_{\text{eff}} \cdot I_{\text{eff}} \cdot \cos \phi$$

III - LES SIGNAUX ANALOGIQUES.

Les signaux analogiques sont des signaux pour lesquels la Tension (ou l'intensité) varie de façon continue avec le temps.

Le signal sinusoïdal vu précédemment est un exemple de signal analogique et périodique.

on distingue :

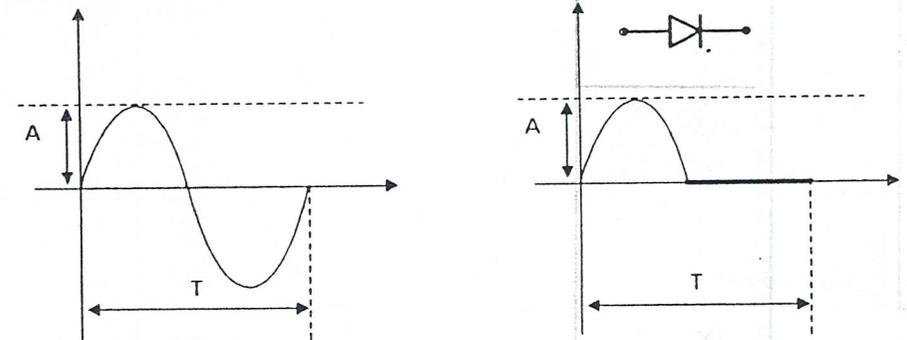
- les signaux analogiques périodiques autres que le signal sinusoïdal
- les signaux analogiques quelconques.

III - 1 - Les signaux analogiques périodiques.

Ce sont des signaux qui se reproduisent identiquement selon un intervalle de temps appelé "période" mais dont la forme n'est pas obligatoirement une sinusoïde.

Exemple : le signal sinusoïdal redressé.

Représentation temporelle

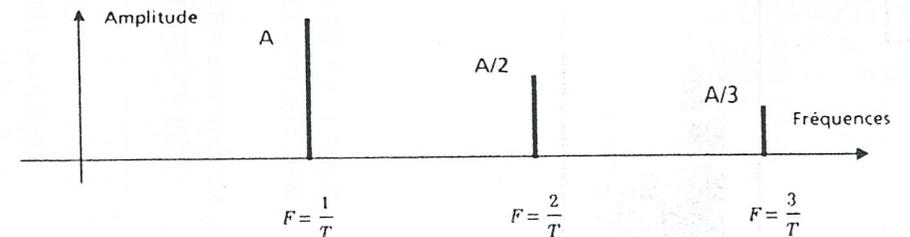


Représentation spectrale :

On démontre par la théorie (théorème de Fourier) que tout signal périodique non sinusoïdal se décompose en une somme de signaux sinusoïdaux de fréquences égales à $\frac{1}{T}$, $\frac{2}{T}$, $\frac{3}{T}$, etc...

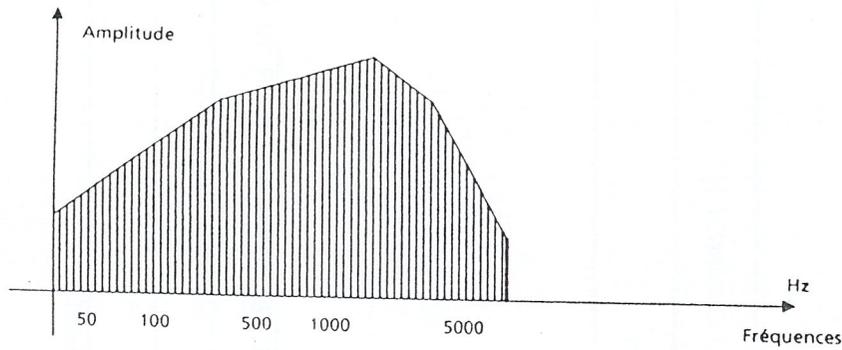
Si F : est la fréquence fondamentale du signal, $2F$, $3F$, $4F$, ... sont les fréquences harmoniques.

À l'analyseur de spectre on visualise :



III - 2 Signaux analogiques quelconques :

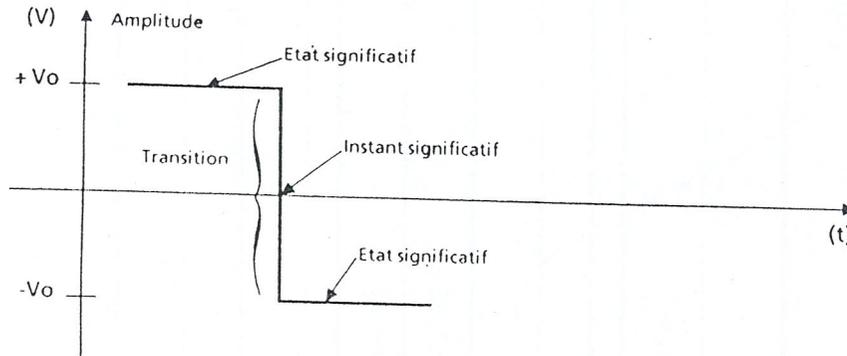
Exemple : le signal téléphonique en représentation spectrale :



Remarque : dans ce cas, le spectre du signal est continu.

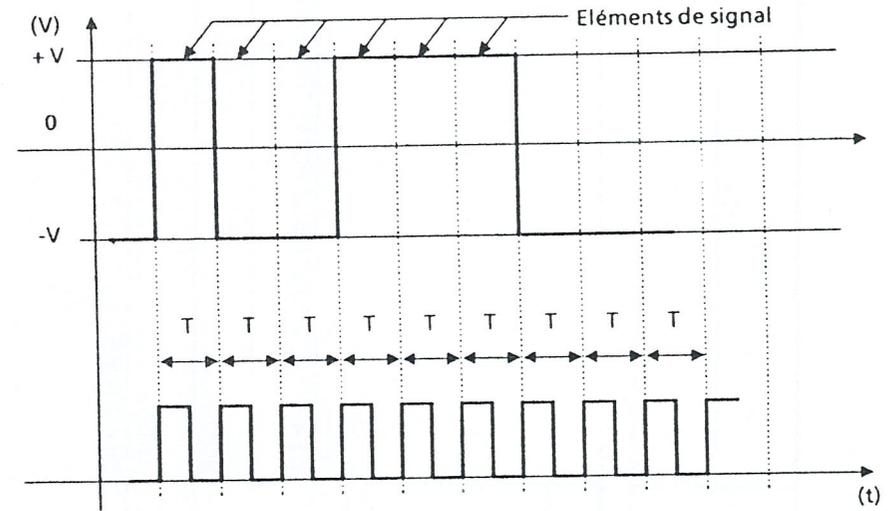
IV - LE SIGNAL NUMERIQUE

Les systèmes de transmission numérique permettent l'échange d'informations codées par combinaison des deux éléments binaires (eb ou bits : binary digits) "0" et "1". Les extrémités des liaisons de transmission numérique délivrent ou reçoivent un signal où chaque eb (ou combinaison d'eb) est représenté par une tension continue. Celle-ci peut prendre un nombre discret de valeurs appelées états significatifs, dont le nombre est appelé valence du signal. Le passage d'un état significatif à un autre s'appelle une transition. Le graphe ci-dessous donne la représentation temporelle d'un signal numérique

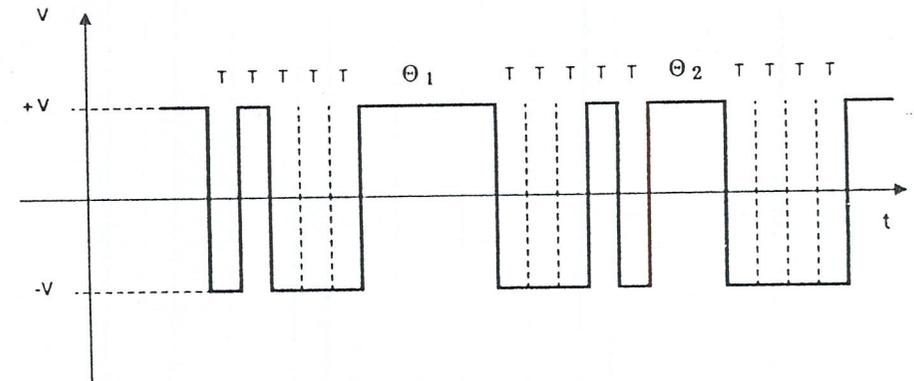


L'instant où se produit une transition est appelé : instant significatif. Une transmission est dite synchrone ou isosynchrone si le temps qui sépare deux instants significatifs quelconques est un multiple entier d'un même intervalle de temps T, appelé intervalle élémentaire.

IV - 1 - Représentation Temporelle :



Si des intervalles de temps quelconques Θ_1 et Θ_2 séparent des trains de transmission synchrone, la transmission est dite asynchrone ou arythmique :



Par définition, la rapidité de modulation R est l'inverse de l'intervalle élémentaire T :

$$R = \frac{1}{T}$$

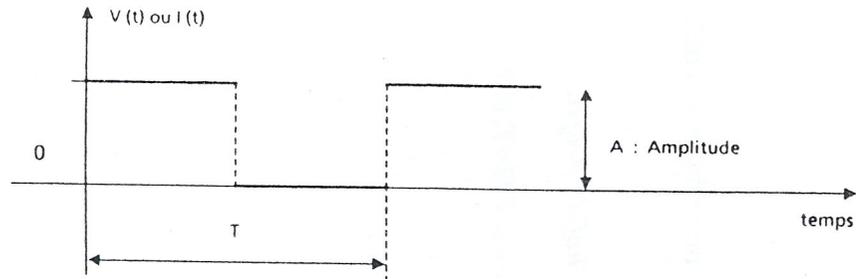
R s'exprime en BAUD quand T est exprimé en SECONDE

IV - 2 - Spectre en fréquences d'un signal numérique.

IV - 2.1 cas d'un signal numérique périodique :

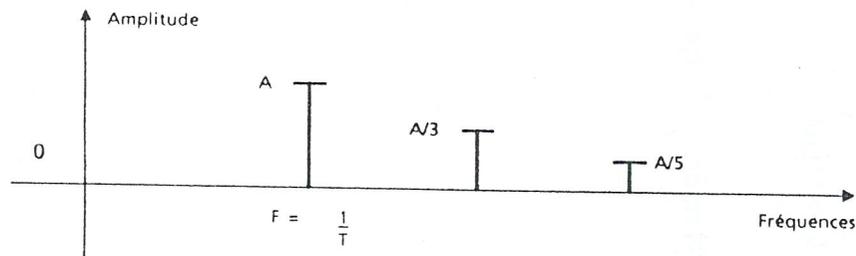
exemple : le signal carré

* Représentation temporelle

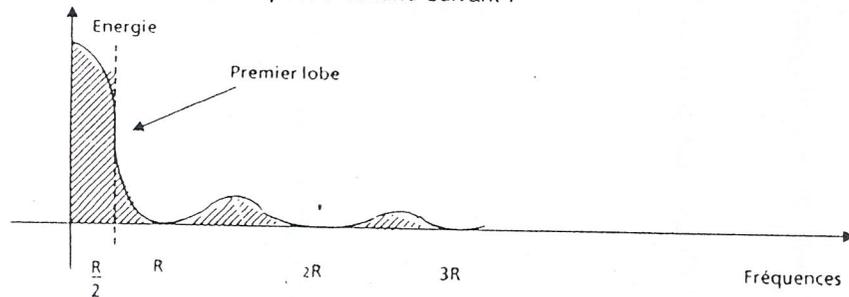


* Représentation spectrale

IV - 2.2 Cas d'un signal numérique aperiodique.



En fait, le signal numérique n'est jamais une suite infinie de "0" et de "1". Il n'est pas périodique. Les états significatifs restent équiprobables, mais leur apparition est aléatoire. On montre dans ce cas que l'énergie est répartie dans toute la bande de fréquences. On obtient le spectre continu suivant :



Quelle que soit la nature du signal numérique étudié, c'est-à-dire quel que soit le code utilisé, le spectre d'énergie montre que plus de 85% de celle-ci est contenue dans le premier lobe.

OBJECTIF 9

Objectif intermédiaire 9-2
Décrire le signal audiovisuel

I - LE SIGNAL VIDEO NOIR ET BLANC

I - 1 - Principe d'analyse de l'image :

Le problème à résoudre est le suivant :

"Transmettre une image depuis un dispositif émetteur vers un dispositif récepteur."

Pour atteindre cet objectif avec des images animées dans une bande passante limitée, l'image est décomposée en points (analyse), transmis séquentiellement ligne par ligne. A l'arrivée, l'image est reconstituée de la même manière (synthèse).

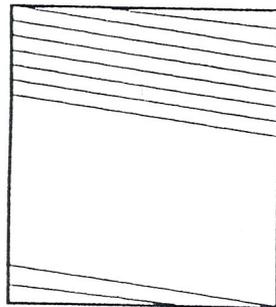
C'est le principe d'analyse "ligne par ligne", appelé "balayage" qui a été retenu dans le cas de la transmission d'images de télévision. Pour transmettre une image animée, il suffit de l'envoyer à un rythme suffisamment élevé pour utiliser, comme au cinéma, la persistance rétinienne de l'oeil humain.

Ce temps de persistance est en moyenne de 1/20 de seconde. D'autre part, pour des raisons techniques, il est préférable que la vitesse de transmission des images soit en relation avec celle du secteur d'alimentation électrique (50Hz), cette vitesse est donc de 25 images/seconde.

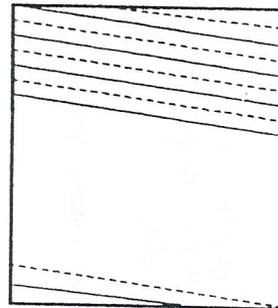
Dans certaines conditions d'éclairage de l'écran du téléviseur, et sur certaines images, un effet de papillotement ou de scintillement apparaît. Ce phénomène est supprimé en transmettant 50 demi-images entrelacées par seconde.

Chaque demi-image est appelée "trame". Du fait de leur décalage dans le temps, on distingue la trame paire et la trame impaire.

D.F.P.T. REPRODUCTION INTERDITE sans autorisation écrite



Non entrelacées



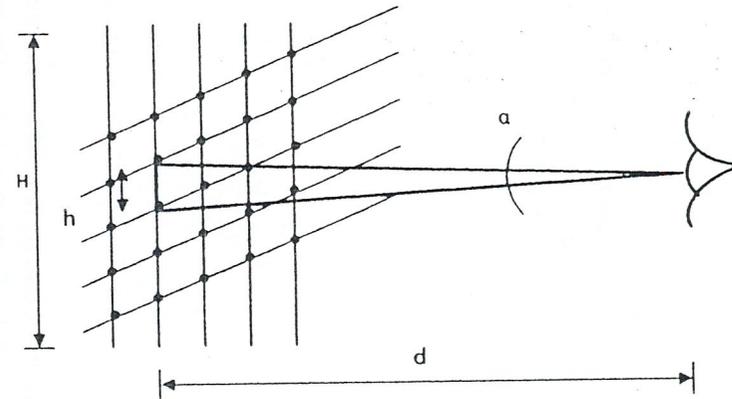
----- Trame impaire

————— Trame paire

entrelacées

I - 2 - Nombre de lignes d'une image

Ce nombre est imposé par la finesse des détails de l'image que l'on veut transmettre. Cependant, il n'est pas nécessaire de descendre en dessous d'une certaine finesse correspondant au pouvoir séparateur de l'oeil.



PRINCIPE DE VISUALISATION D'UNE IMAGE

α est le pouvoir séparateur de l'oeil (c'est un angle). La hauteur d'une ligne est :

$$h = \alpha \cdot d \quad (\alpha \text{ est exprimé en radians})$$

Le nombre de lignes est alors :

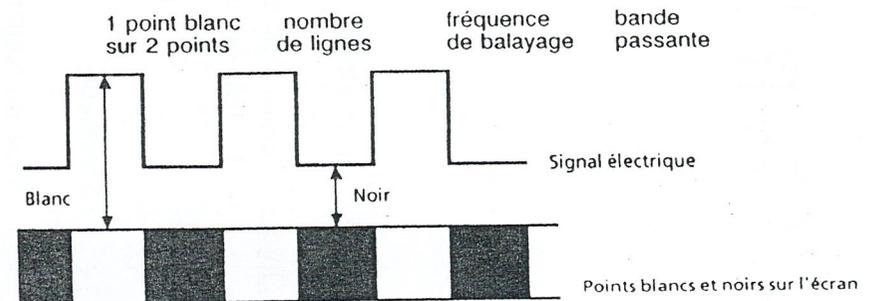
$$N = \frac{H}{h}$$

I - 3 - Bande passante de l'image vidéo :

Le standard TV en France est de 625 lignes avec 833 points par ligne.

Calcul de la bande passante "vidéo" :

$$\frac{833}{2} \times 625 \times 25 = 6,5 \text{ MHz}$$

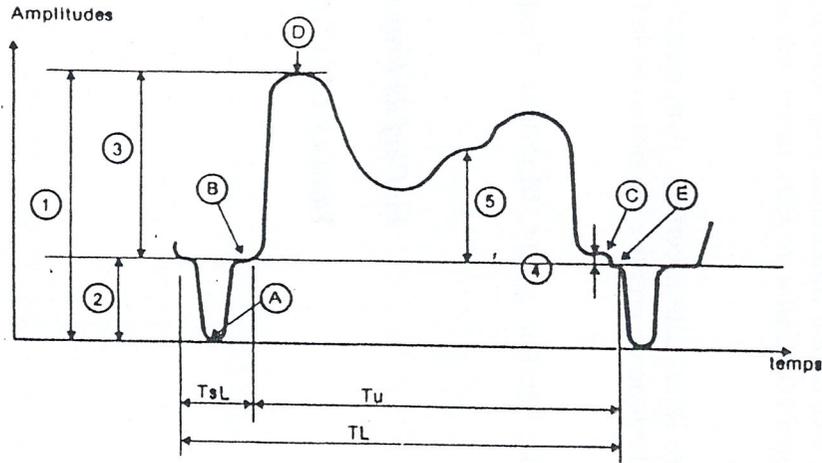


I - 4 - Le signal vidéo monochrome

Le signal vidéo monochrome est composé :

- de l'information de luminance (signal image)
- de l'information de synchronisation (tops lignes et trames)
- de l'information de suppression d'image (blanking)

Sa fréquence va de 0 à 6 MHz. La figure suivante représente une ligne analysée.



D.F.P.T. REPRODUCTION INTERDITE sauf autorisation écrite

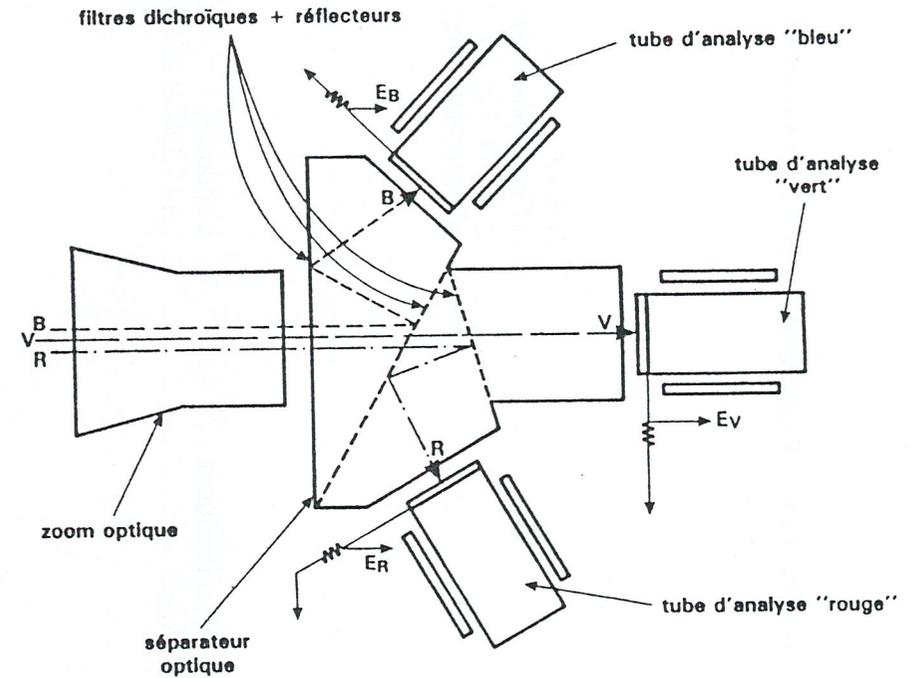
- | | |
|--|---|
| TL = Durée d'une ligne | 1 - Amplitude crête à crête du signal image complet |
| Tu = Durée du signal de luminance | 2 - Amplitude de la synchronisation |
| TSL = Durée de l'intervalle de suppression ligne (E + A + B) | 3 - Amplitude de luminance |
| | 4 - Décollement du noir |
| | 5 - Amplitude instantanée du signal de luminance |
| | A - Fond de top de synchro ligne |
| | B - Palier de suppression ligne |
| | C - Niveau du noir |
| | D - Niveau du blanc |
| | E - Palier de garde |

II - PRINCIPE DE L'ANALYSEUR COULEUR

On utilise 3 tubes d'analyse identiques à ceux utilisés pour la télévision noir et blanc devant lesquels sont disposés un ensemble de miroirs réflecteurs et de filtres dichroïques.

On aura donc 3 signaux "vidéo" correspondants aux composantes des 3 couleurs fondamentales R, V, B et appelés après correction de gamma E_R' , E_V' , E_B'

Chacun de ces signaux a une bande de fréquences s'étalant de 0 à 6 MHz.



En fait on transmet deux informations de différence de couleur

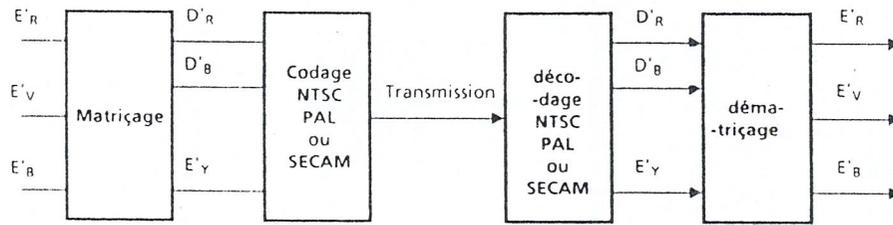
$$D'_R = E'_R - E'_Y \text{ et } D'_B = E'_B - E'_Y$$

Ces deux informations D'_R et D'_B dites de chrominance pourront être transmises d'une façon séquentielle (SECAM).

Le pouvoir séparateur de l'oeil étant faible sur la couleur, les signaux de chrominance pourront être transmis avec une bande de fréquence réduite : 1,5 MHz maximum. Ils seront mixés au signal de luminance E'_Y à l'aide d'une ou plusieurs sous-porteuse.

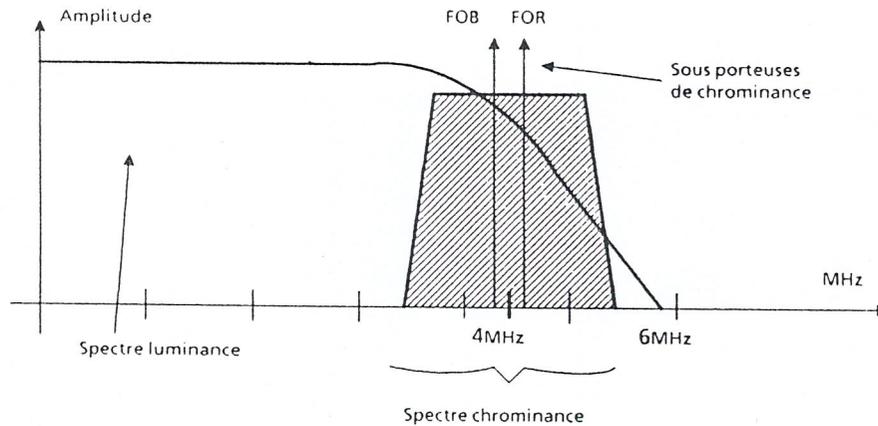
III - LE CODAGE

Le principe commun à tous les systèmes de codage (NTSC, PAL, SECAM) est le suivant :

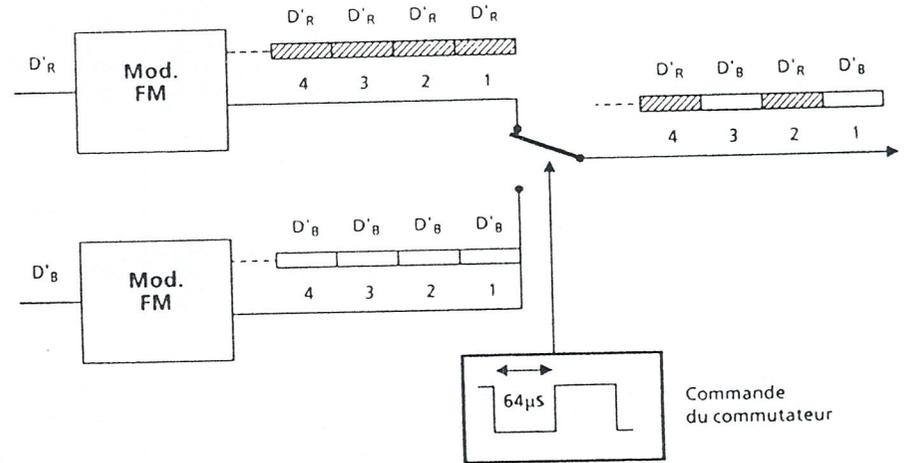


Le codage SECAM : codage séquentiel à mémoire.

Chaque signal D'_R et D'_B module une sous-porteuse dont la fréquence est choisie dans la partie haute du spectre de luminance.



Pour chaque signal de chrominance D'_R et D'_B la sous-porteuse correspondant à chaque information chromatique sera transmise séquentiellement, ligne après ligne.



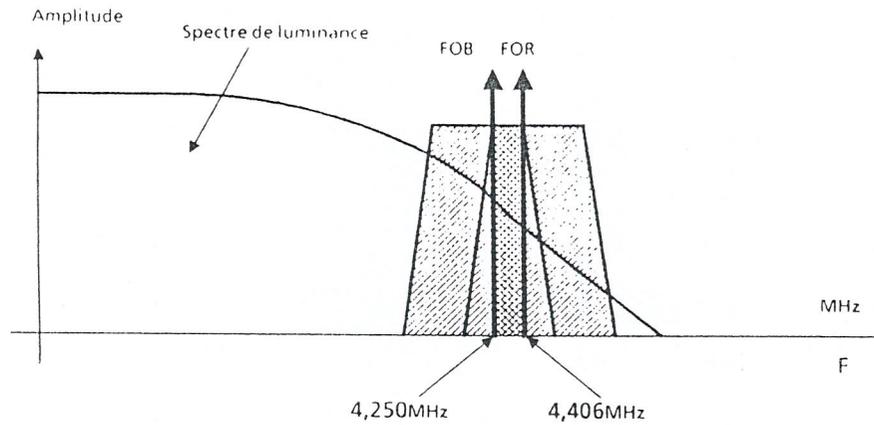
application : la mire de barres normalisée

Une mire de 8 barres verticales de couleur normalisée a été définie afin de pouvoir faire des contrôles ou des réglages sur les équipements vidéo.

D.F.P.T. - REPRODUCTION INTERDITE sans autorisation écrite

IV - PRINCIPE DU DECODAGE SECAM

A partir du signal composite codé SECAM, il s'agit de retrouver les 3 primaires R,V,B.

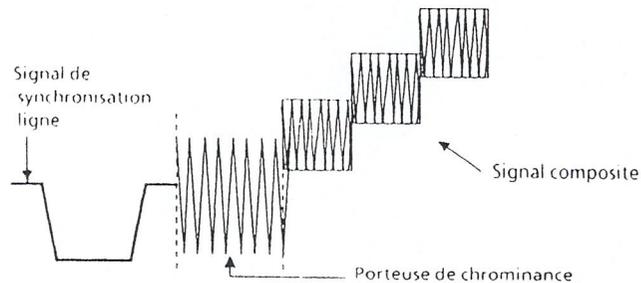


Pour cela, les opérations à effectuer sont les suivantes :

- Séparer les signaux de luminance Y des signaux de sous-porteuse modulés en fréquence et contenant l'information chromatique.
- Traiter Y
- Effectuer les traitements "chromo" par :
 - . aiguillage des lignes rouges et bleues
 - . démodulation en fréquence des sous-porteuses
 - . matricage
- Pour les téléviseurs, les signaux, R, V, B seront amplifiés et portés à un potentiel suffisant pour attaquer les tubes à rayons cathodiques.

D.F.P.T. REPRODUCTION INTERDITE sans autorisation écrite

V - REPRESENTATION TEMPORELLE DU SIGNAL VIDEO COULEUR



OBJECTIF 10

Objectif intermédiaire 10 -1

Exposer les notions de gain et d'affaiblissement

I - RAPPELS DE MATHEMATIQUES

- La fonction "Logarithme décimale" :

- fonction "puissance de 10" :	10 ⁰	10 ¹	10 ²	10 ³
- fonction "logarithme décimale" :	0	1	2	3

Intérêt de la fonction "Logarithme décimale" :

- elle comprime les échelles.
- elle linéarise certaines équations :

$$\cdot \text{Log}(ab) = \text{Log } a + \text{Log } b.$$

exemple : $\text{Log } 6 = \text{Log } 2 \times 3 = \text{Log } 2 + \text{Log } 3$

$$\cdot \text{Log} \frac{a}{b} = \text{Log } a - \text{Log } b.$$

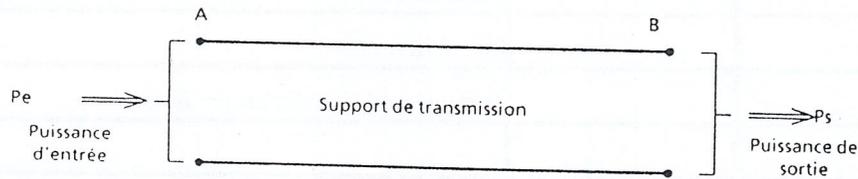
ainsi $\text{Log} \frac{1}{a} = \text{Log } 1 - \text{Log } a = - \text{Log } a$

$$\cdot \text{Log}(a^b) = b \text{Log } a$$

II - NOTIONS D'AFFAIBLISSEMENT ET DE GAIN

II - 1 - Affaiblissement d'un support de transmission.

(ligne téléphonique, coaxial, fibres optiques)



L'affaiblissement du tronçon A-B se définit comme suit :

en valeur décimale :

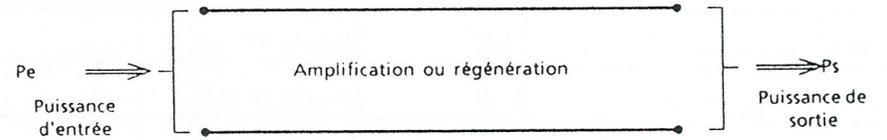
$$a = \frac{P_e}{P_s}$$

en décibels (dB)

$$A = 10 \log \frac{P_e}{P_s} \text{ est l'affaiblissement}$$

Remarque : A est un nombre négatif.

II - 2 - Gain apporté par un système d'amplification ou de régénération.



le gain d'un tel système est :

en valeur décimale : $g = \frac{P_s}{P_e}$

en décibels (dB): $G = 10 \log \frac{P_s}{P_e}$

Remarque : G est un nombre positif

OBJECTIF 10

Objectif intermédiaire 10 -2

Enumérer les unités.

Trois unités sont employées dans les bilans de liaison des réseaux de vidéocommunications.

1 - le dBm : unité de niveau de puissance.

Soit P une puissance exprimée en milliwatt, $(10 \log P)$ est la valeur de P en dBm.

$$N \text{ (dBm)} = 10 \log P \text{ (mW)}$$

2 - le dB μ V : unité de niveau de tension.

Soit V le niveau de tension exprimé en microvolt,

$(20 \log V)$ est la valeur du niveau de tension en dB μ V.

$$N \text{ (dB } \mu \text{V)} = 20 \log V \text{ (} \mu \text{V)}$$

3 - le dB : unité de gain et d'affaiblissement.

Remarque :

Lors du calcul d'un bilan de liaison sur un tronçon de réseau en connaissant la puissance émise à l'origine du tronçon et en connaissant l'affaiblissement apporté par le tronçon, on peut déduire la puissance reçue à l'extrémité du tronçon :

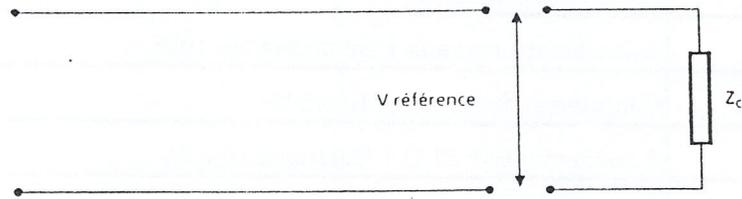
P_r	=	P_o	+	A
puissance reçue en dBm		puissance émise en dBm		affaiblissement du tronçon en dB compté en valeur négative.

OBJECTIF 10

Objectif intermédiaire 10 -3

Décrire les mesures d'équivalents et de niveaux

I - NIVEAU DE TENSION DE REFERENCE



Soit un tronçon de ligne (paires symétriques ou coaxial); la ligne est adaptée quand l'impédance d'extrémité est égale à Z_c (impédance caractéristique de la ligne) .

Pour une puissance de 1mW à l'entrée de la ligne on a :

$$1 \text{ mW} = \frac{V^2_{\text{réf}}}{Z_c}$$

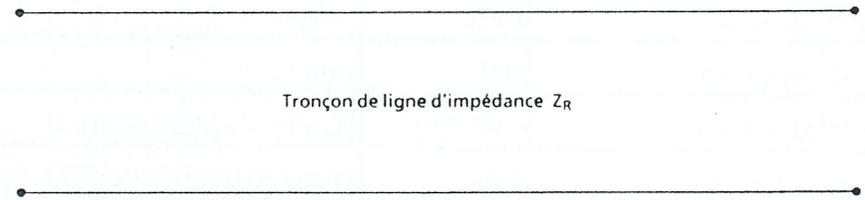
- avec $Z_c = 600 \Omega$ (1) on obtient $V_{\text{réf.}} = 0,775 \text{ V}$
- avec $Z_c = 75 \Omega$ (2) on obtient $V_{\text{réf.}} = 0,274 \text{ V}$
- avec $Z_c = 50 \Omega$ (3) on obtient $V_{\text{réf.}} = 0,223 \text{ V}$

II - NIVEAU DE TENSION ABSOLU :

$$N_{(\text{dBm})} = 20 \log \frac{V}{V_{\text{réf}}}$$

- (1) pour la paire symétrique
- (2) pour le coaxial
- (3) pour le coaxial numérique

III - MESURES DE NIVEAUX DE PUISSANCES OU DE TENSIONS



mesure d'un tronçon de ligne d'impédance Z_R :

$$\text{Niveau de puissance}_{(\text{dBm})} = 10 \log \frac{P}{P_{\text{réf}}}$$

$$\text{avec } P_{\text{réf}} = 1 (\text{mW}) = \frac{V^2_{\text{réf}}}{Z_c}$$

$$\text{et } P = \frac{V^2}{Z_R}$$

d'où

$$N_{\text{dBm}} = 20 \log \frac{V}{V_{\text{réf}}} + 10 \log \frac{Z_c}{Z_R}$$

Remarque : Les appareils de mesure des réseaux coaxiaux ($Z_c = 75 \Omega$) ont une impédance interne égale à 50Ω . Il faudra donc adapter cette impédance à 75Ω .

OBJECTIF 10

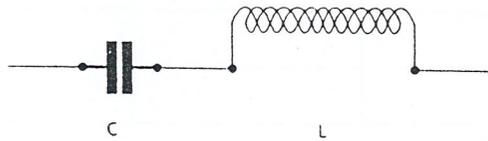
Objectif intermédiaire 10 -4
Exposer la notion de bande passante.

I - DEFINITION DE LA BANDE PASSANTE.

En transmission électrique, une ligne coaxiale ou filaire présente une impédance dépendante de la fréquence, les effets étant de type "capacitif" ou "inductif"

$$\text{effet capacitif } Z = \frac{1}{C\omega}$$

$$\text{effet inductif } Z = L\omega$$



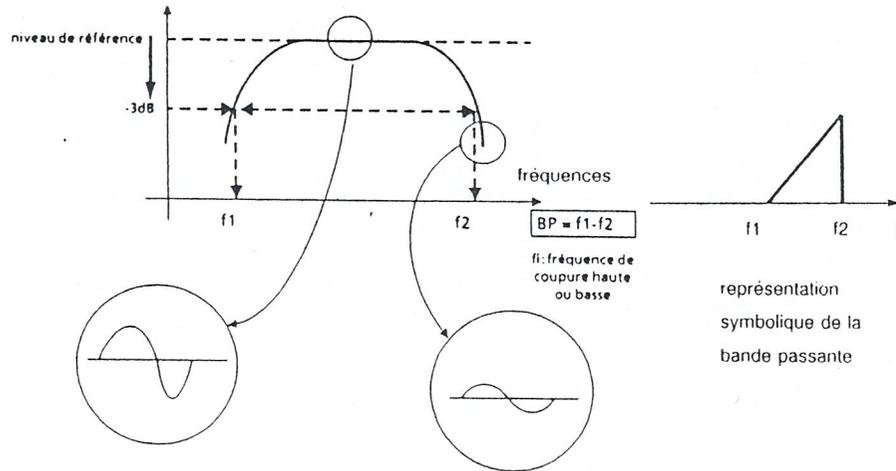
Il est nécessaire de déterminer une bande de fréquences du signal à transmettre qui présente un affaiblissement acceptable par rapport au support employé :

Cette bande de fréquences est appelée bande passante du support.

La bande passante d'un support est mesurée avec un affaiblissement de -3 dB par rapport à un niveau de référence.

* Courbe

Niveau de puissance en dB



* La bande passante est l'espace limité par deux fréquences f_1 et f_2 , ces limites sont déterminées par une diminution de niveau de 3, dB par rapport au niveau de référence.

II - LES LIGNES D'AFFAIBLISSEMENT

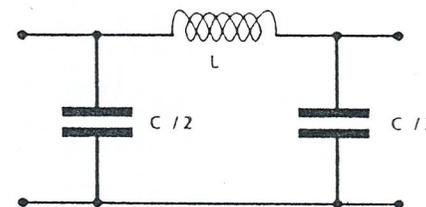
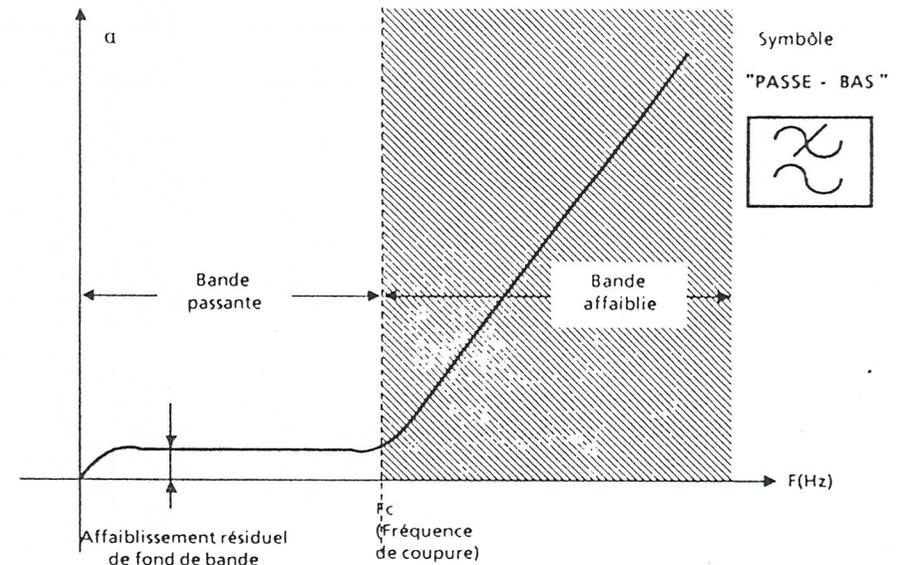
Ce sont des lignes artificielles particulières qui n'apportent aucun déphasage. Elles sont composées de résistances. Elles sont utilisées pour régler un niveau ou pour adapter une impédance.

III - LES FILTRES

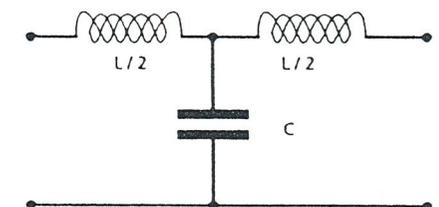
III - 1 - Définition

Ce sont des lignes artificielles qui possèdent une condition de bande passante. Certaines fréquences pourront les traverser sans être affaiblies ; d'autres subiront un affaiblissement au passage.

III - 2 - Filtre passe-bas

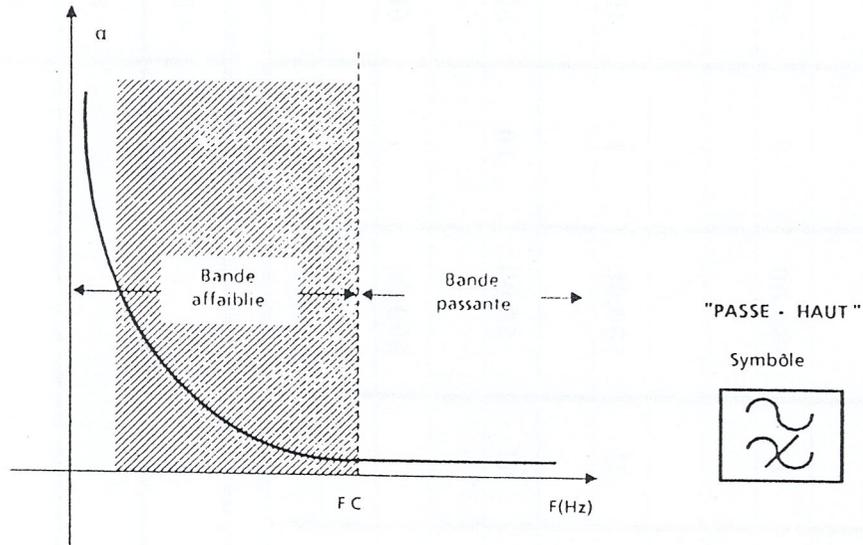


PASSE - BAS EN II

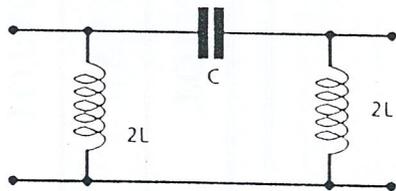


PASSE - BAS en T

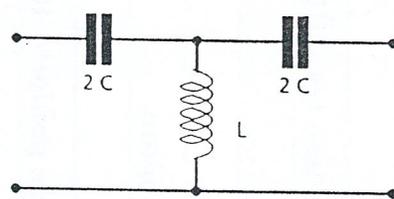
III - 3 - Filtre passe-haut



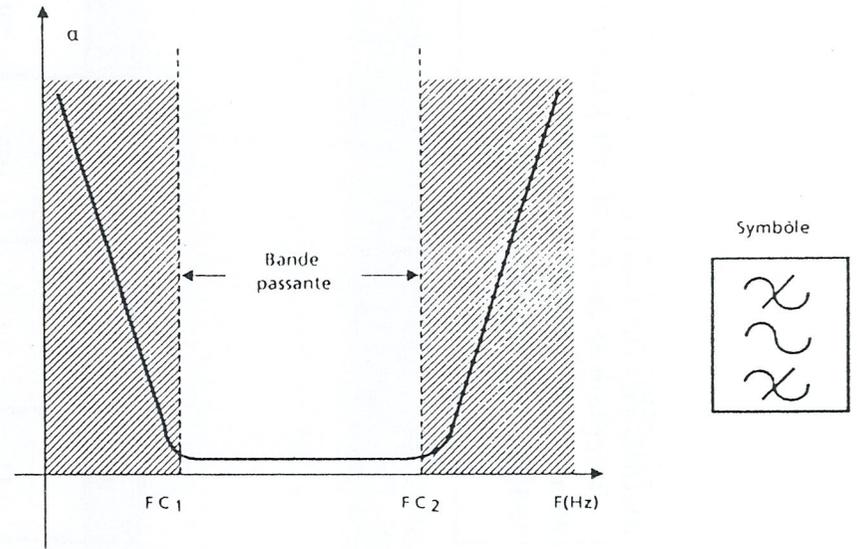
PASSE - HAUT EN II



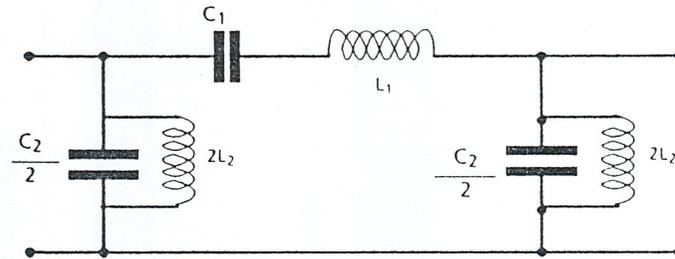
PASSE - HAUT en T



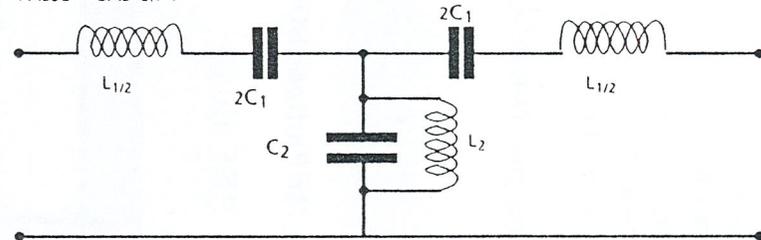
III - 4 - Filtre passe-bande



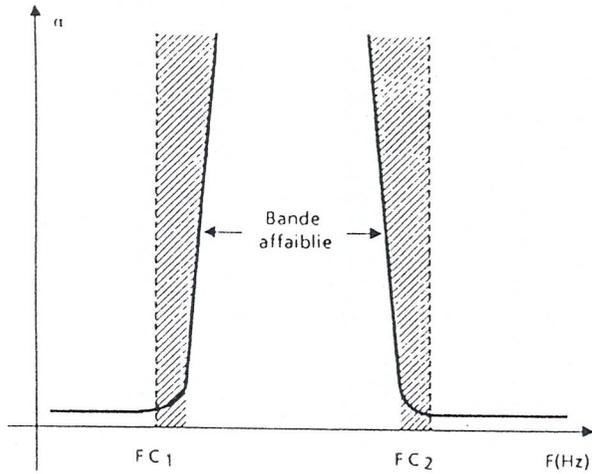
PASSE - BAS EN II



PASSE - BAS en T



III - 5 Filtre coupe-bande



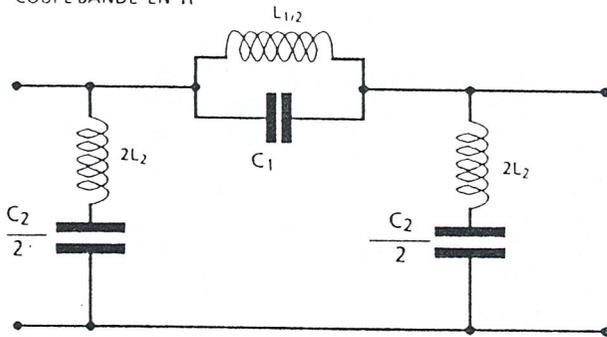
Symbole



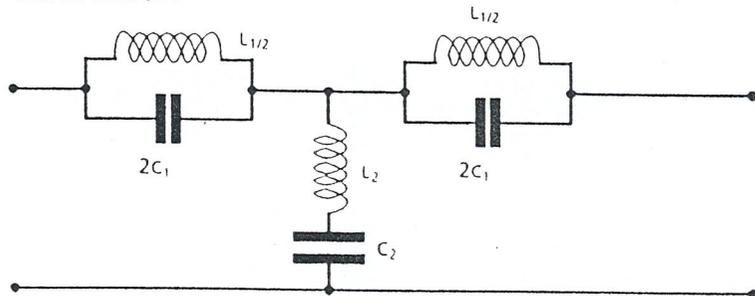
D.F.P.T. REPRODUCTION INTERDITE sauf autorisation écrite

D.F.P.T. REPRODUCTION INTERDITE sauf autorisation écrite

COUPE BANDE EN II



COUPE BANDE en T



OBJECTIF 11

Objectif intermédiaire 11 -1
Décrire un signal en bande de base.

LE SIGNAL EN BANDE DE BASE

Une information mise sous forme électrique constitue un signal.

On définit pour ce signal une bande de fréquences utile afin que l'information à transmettre soit le plus fidèlement reproduite.

- cette bande utile est la bande de base du signal.

exemple :

. le signal téléphonique :

par rapport à la compréhension auditive de l'homme on a défini que le signal téléphonique occupe une bande de base de 300 à 3400 Hz.

. le signal vidéo :

Pour reproduire fidèlement une image animée , la bande de base du signal vidéo est comprise entre 0 et 6 MHz.

OBJECTIF 11

Objectif intermédiaire 11-2

Lister les différents types de modulation.

I - PRINCIPE DE LA MODULATION

Une onde sinusoïdale est un support pour la transmission de l'information. C'est une onde porteuse dont les caractéristiques sont modulées au rythme de l'information. Le signal porteur est représenté par la fonction :

$$e = E \cos (\Omega t + \Phi)$$

Les paramètres que l'on module généralement sont :

- soit l'amplitude du signal E (modulation d'amplitude).
- soit la pulsation (modulation de fréquences).

La pulsation et la fréquence sont liées par la relation :

$$\Omega = 2 \pi F$$

La porteuse est aussi appelée signal HF.

Remarque : - le paramètre Φ peut se moduler, ce type de modulation est appelé modulation de phase.

II - INTERETS DE LA MODULATION

- le signal à transmettre est protégé contre les défauts occasionnés par la transmission.
- la modulation adapte le signal au support utilisé.
- la bande de base du signal à transmettre est transposée dans une bande de fréquences plus élevée, on peut ainsi faire passer sur le même support plusieurs informations à la fois, on fait alors du multiplexage.

III - LA MODULATION D'AMPLITUDE

III - 1 - Principes.

Dans ce type de modulation le signal modulant fait varier l'amplitude de la porteuse $e = E \cos \Omega t$

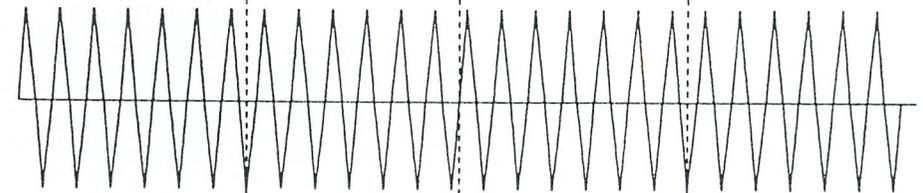
Soit $v = V \cos \omega t$ la tension instantanée du signal modulant, la porteuse modulée a alors pour amplitude :

$$v.e = V.E (\cos \omega t . \cos \Omega t)$$

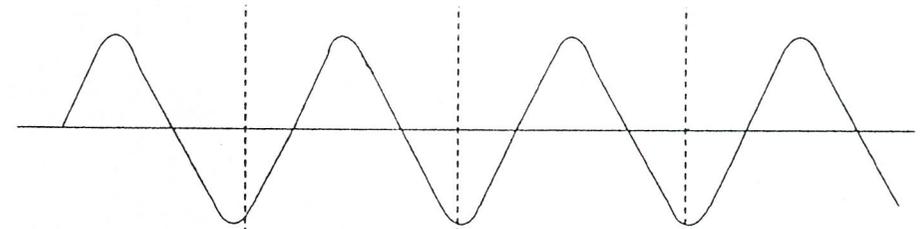
(porteuse modulée)

$$\text{d'ou } v.e = \frac{V.E}{2} [\cos (\Omega + \omega) t + \cos (\Omega - \omega) t]$$

Porteuse non modulée $e = E \cos \Omega t$

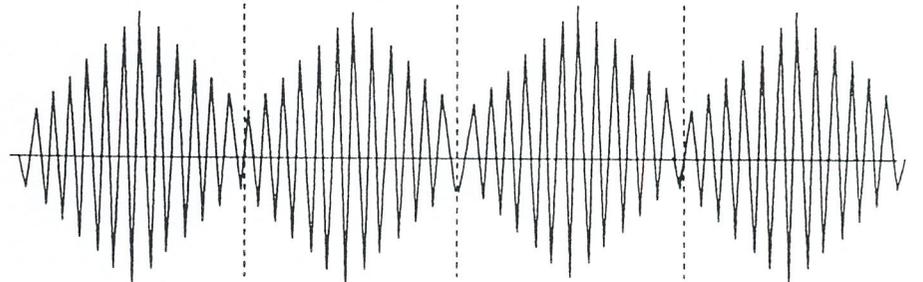


signal modulant sinusoïdal $v = V \cos \omega t$



porteuse modulée en amplitude

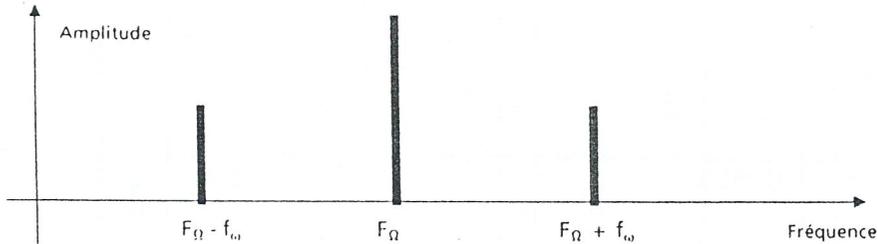
$$\text{d'ou } v.e = \frac{V.E}{2} [\cos (\Omega + \omega) t + \cos (\Omega - \omega) t]$$



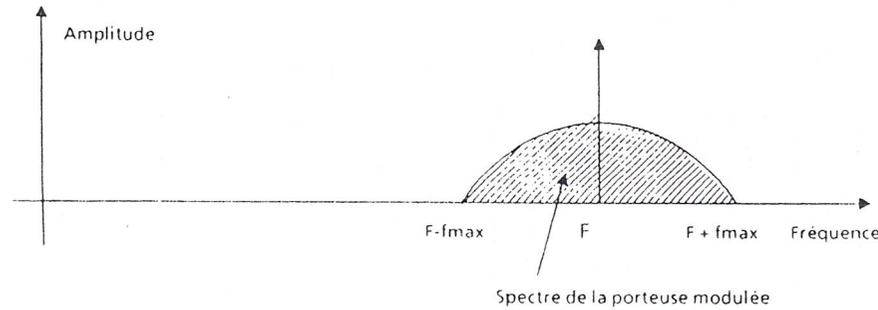
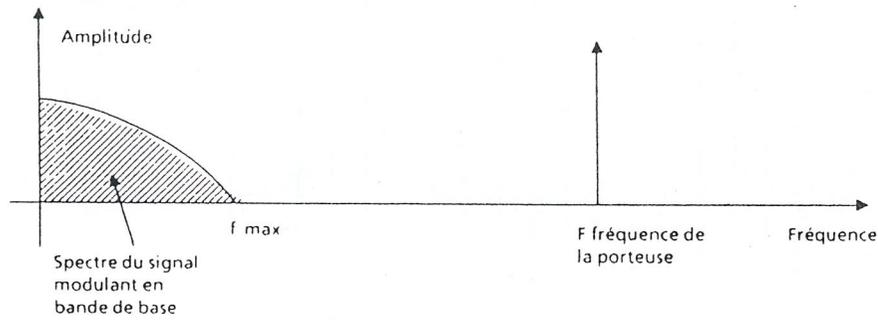
III - 2 - Spectre de la porteuse modulée :

On démontre par le calcul que la bande de base du signal modulant est transposée dans une bande de fréquences plus élevée.

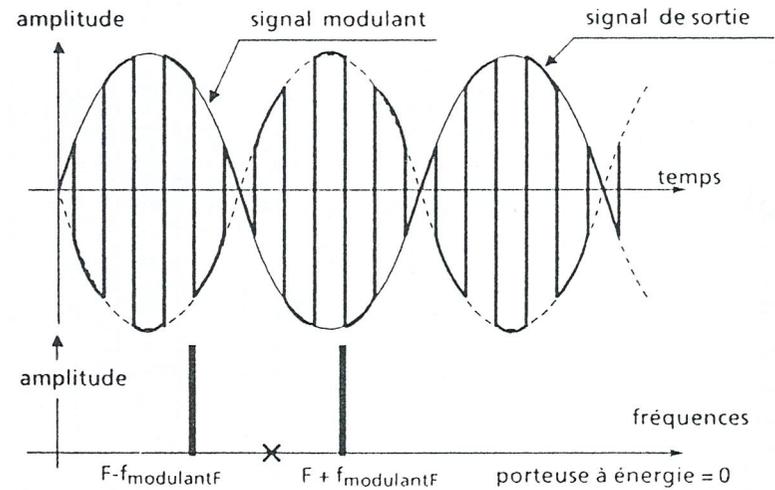
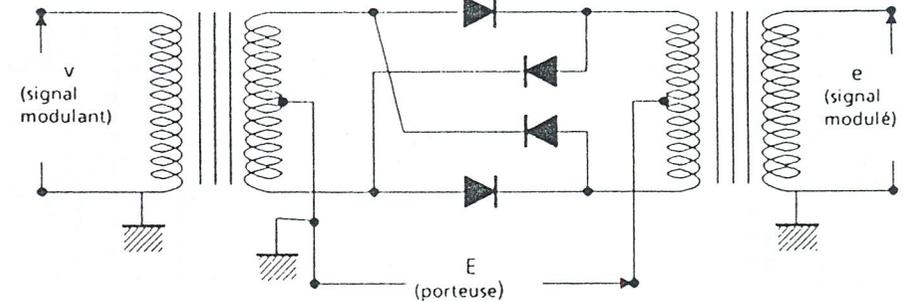
Spectre d'onde modulée en amplitude :
Cas où le signal modulant est sinusoïdal.



Spectre d'onde modulée en amplitude :
Cas où le signal modulant est quelconque.



III - 3 - Schéma de principe d'un modulateur et d'un démodulateur.



III - 4 - Avantages et inconvénients de la modulation d'amplitude.

. Avantages :

- Le signal est transposé en fréquences, c'est une nécessité quand on veut transmettre un signal vidéo en bande de base (0 - 6 MHz) sur un support coaxial qui ne peut pas transmettre les basses fréquences du signal à cause des amplificateurs.
- Le signal est protégé, la porteuse se comporte comme un écran aux éventuels défauts apportés par la transmission.

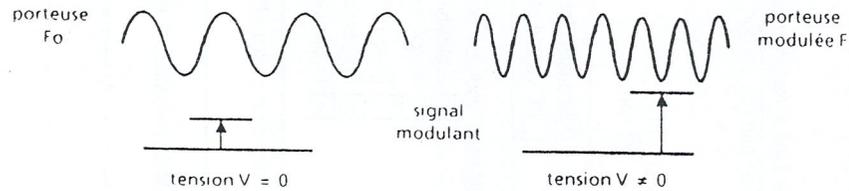
. Inconvénients :

- Le signal utile est contenu dans l'amplitude de la porteuse que le support affaiblit.
- La modulation d'amplitude n'est pas utilisée en transmission "optique" pour ne pas sortir du fonctionnement linéaire des émetteurs "optiques".

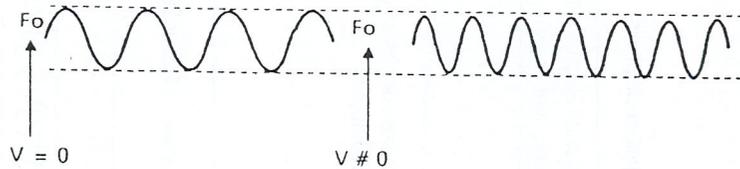
IV - LA MODULATION DE FREQUENCE

IV - 1 - Principes

Moduler en fréquences une porteuse par un signal modulant c'est faire subir à la fréquence instantanée F_0 de cette porteuse des variations qui sont proportionnelles à la tension v du signal modulant.

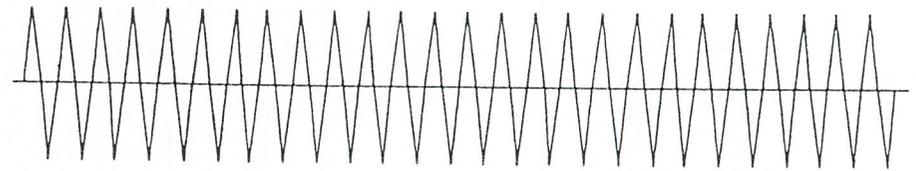


F_0 est la fréquence de la porteuse lorsque v est nul., elle est appelée "fréquence nominale".

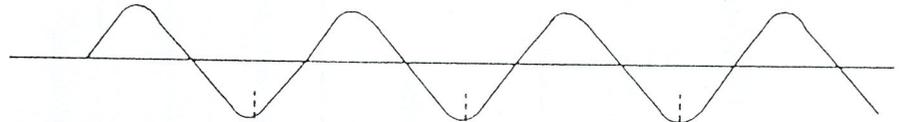


Lorsque le signal varie de zéro à v , la fréquence porteuse varie de F_0 à F .
 $F - F_0 = \Delta F$ est l'excursion de fréquence.

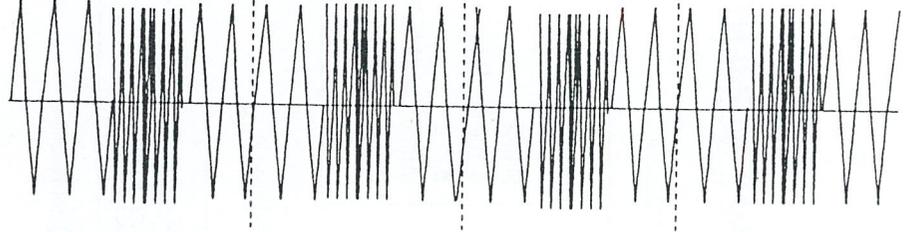
Porteuse non modulée



signal modulant sinusoïdal



porteuse modulée en fréquences



IV - 2 - Spectre d'un signal modulé en fréquences.

Pour simplifier le problème nous raisonnerons dans le cas où le signal modulant est sinusoïdal.

soit v ce signal :

$$(\Delta F)_{MAX} = F_0 - F_{MAX}$$

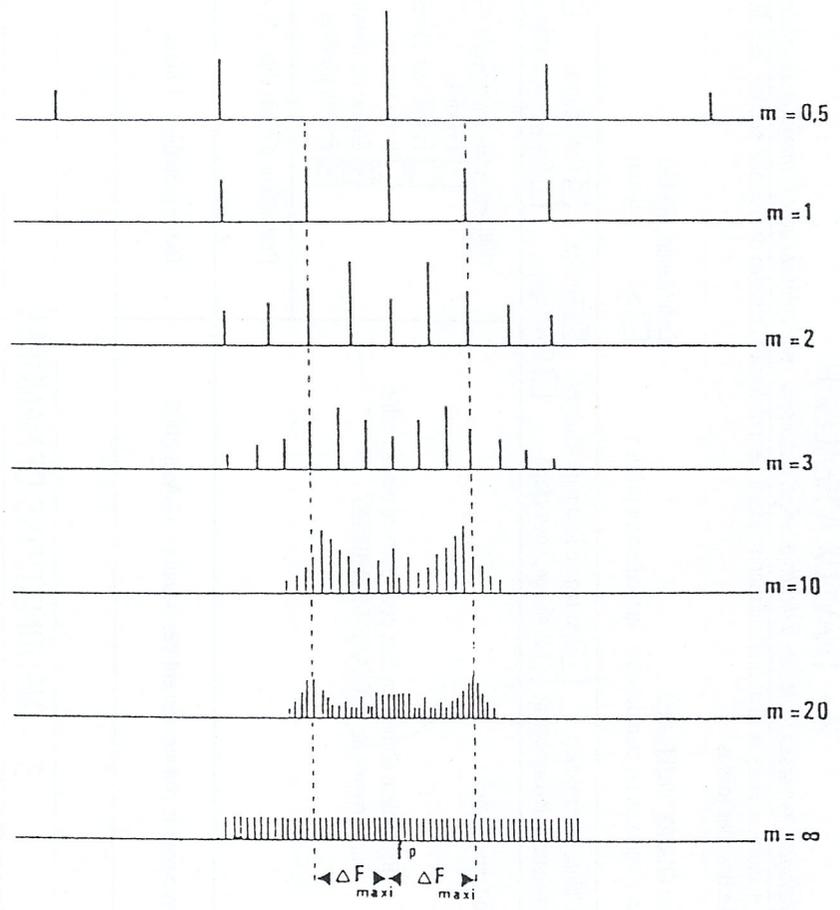
F_{MAX} = fréquence maximale de la porteuse modulée

- le calcul démontre que le spectre de la porteuse modulée en fréquences dépend du rapport :

$$m = \frac{\Delta F_{MAX}}{f_{max}}$$

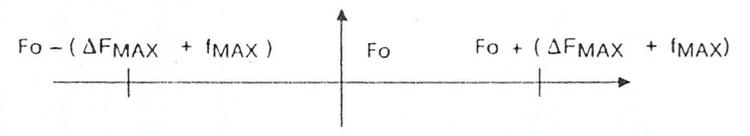
f_{max} = fréquence maximale du signal modulant.

VARIATION DU SPECTRE EN FONCTION DE f pour ΔF CONSTANT



Dans le cas d'un signal modulant quelconque on démontre que le spectre de la porteuse modulée en fréquences a une largeur de bande :
 $2 (\Delta F_{max} + f_{max}) = 2 (m + 1) .f_{max}$

Exemple :



spectre occupé en modulation de fréquences en radiodiffusion :

$f_{MAX} = 15 \text{ kHz.}$
 $\Delta F_{MAX} = 75 \text{ kHz. (m = 5).}$

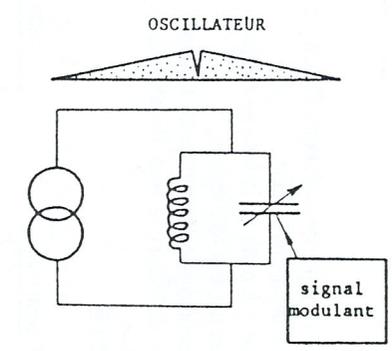
Place occupée par le spectre : $2 (75 + 15) = 180 \text{ kHz.}$

Remarque : Si ce même signal avait été modulé en amplitude il aurait occupé une bande de :

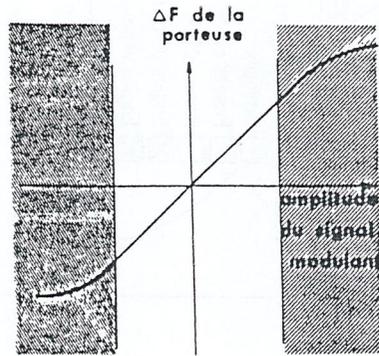
$2 f_{max} = 30 \text{ kHz.}$

IV - 3 - Principe de fonctionnement d'un modulateur de fréquence

Le signal modulant agit sur la fréquence d'un oscillateur.
 L'oscillateur est constitué d'un générateur fournissant un courant d'amplitude constante et d'un circuit oscillant a capacité variable.
 Dans la pratique, la capacité variable est une diode varicap.
 La capacité est fonction de la tension appliquée aux bornes de la diode.



La courbe de réponse d'un oscillateur présente une plage linéaire limitée.
 A l'extérieur de cette plage, il n'y a plus proportionnalité entre les valeurs.
 L'information transmise est alors entachée d'irréremédiables distorsions.

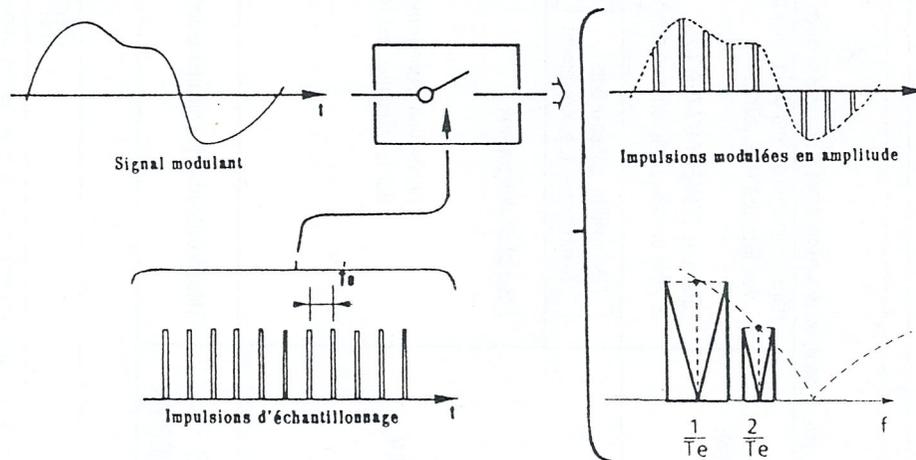


IV - 4 - La démodulation.

On utilise un convertisseur "fréquence-tension". Ce convertisseur est principalement constitué par un VCO (oscillateur contrôlé par une tension) qui traduit les variations de fréquences de la porteuse en variation de tension. Cette tension récupérée varie de la même façon que le signal modulant.

V - 5 - Echantillonnage d'un signal analogique.

Pour échantillonner un signal analogique on utilise une modulation d'amplitude.
 Ici la porteuse n'est plus sinusoidale mais est constituée par un train d'impulsions.



T_e est la période d'échantillonnage
 $f_e = 1/T_e$ est la fréquence d'échantillonnage

représentation spectrale
 du signal échantillonné

D.F.P.T. - REPRODUCTION INTERDITE sans autorisation écrite

D.F.P.T. - REPRODUCTION INTERDITE sans autorisation écrite

OBJECTIF 11

Objectif intermédiaire 11 - 3

Décrire les principes du multiplexage fréquentiel

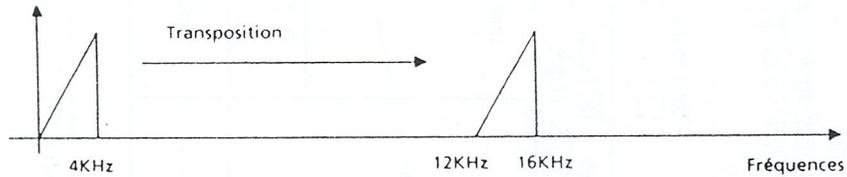
Il est indispensable de transmettre sur un même support plusieurs conversations sous la forme d'un multiplex.

L'une des façons de multiplexer des voies sur un même support est le multiplexage en fréquence :

On transpose le signal analogique en bande de base dans une bande de fréquences par :

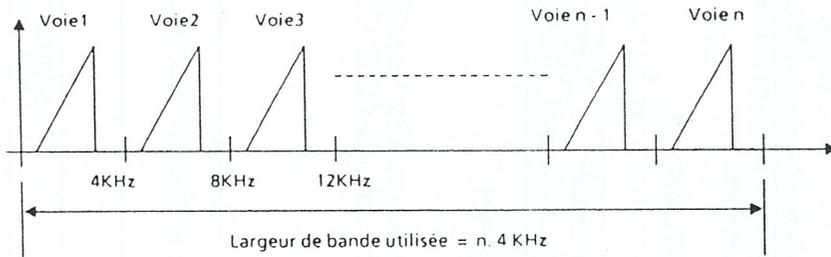
- modulation d'amplitude
- ou modulation de fréquence.

Exemple : le signal téléphonique modulé en amplitude



on voit que dans la plage 4 - 12 kHz il est possible d'insérer 2 voies téléphoniques.

Multiplexage en fréquence



OBJECTIF 11

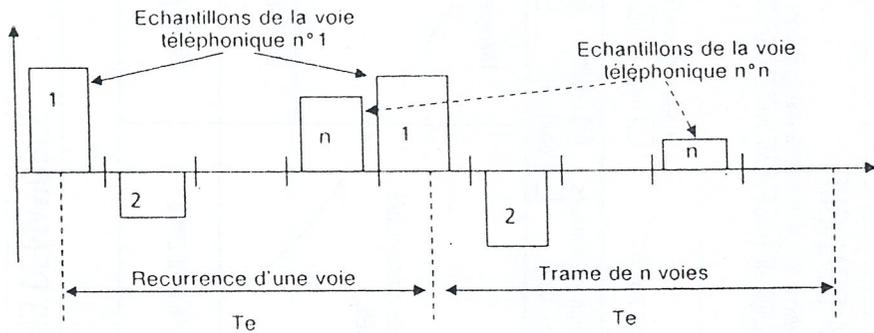
Objectif intermédiaire 11 - 4

Décrire les principes du multiplexage temporel

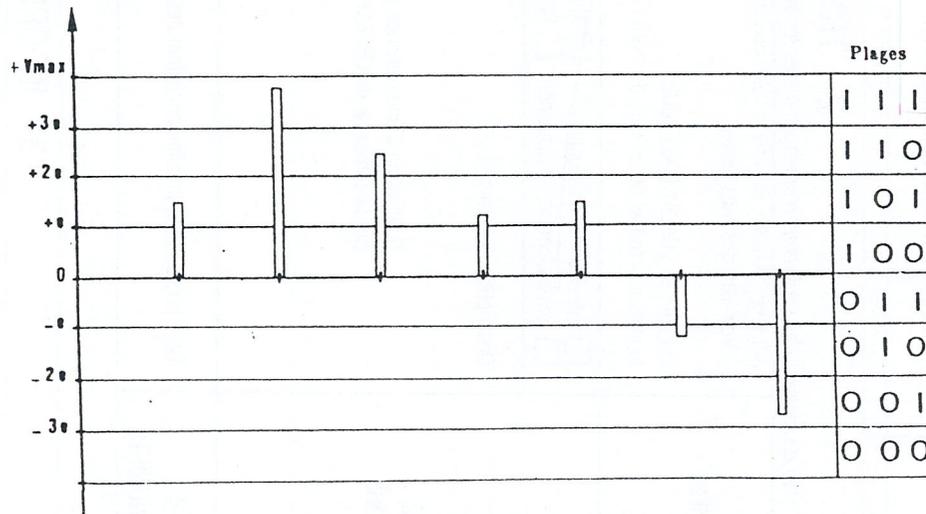
La deuxième méthode pour multiplexer les voies sur un même support est le multiplexage temporel qui repose sur le principe qu'un signal à transmettre est entièrement défini par ses valeurs instantanées prises à intervalles réguliers moyennant certaines conditions (théorème de SHANNON).

Il est donc possible d'intercaler entre deux échantillons d'une voie, les échantillons des n-1 autres voies afin de constituer une trame de n voies multiplexées dans le temps.

Multiplexage temporel



- les échantillons sont "mesurés" par rapport à des tensions de référence : c'est la quantification



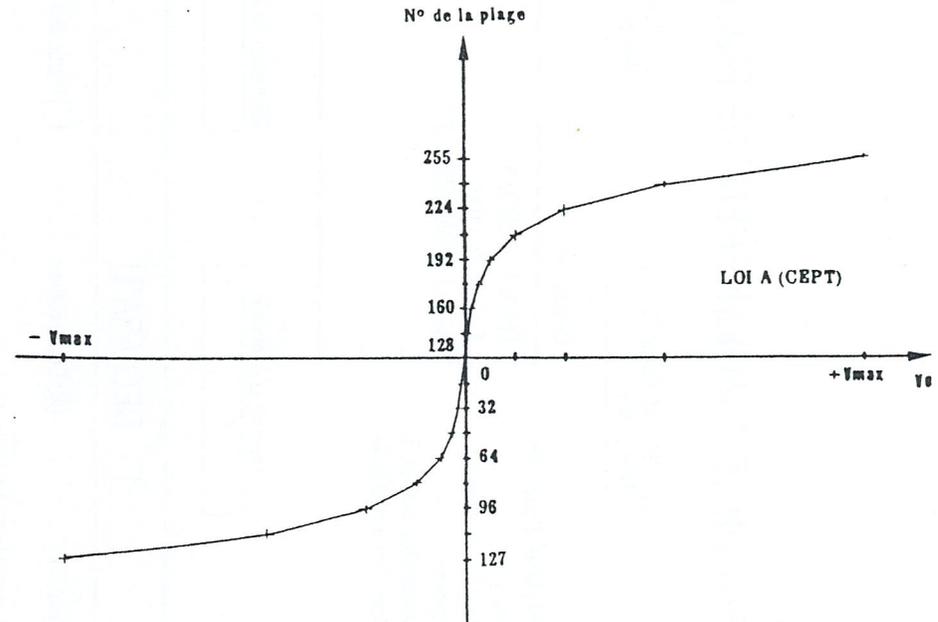
La mesure de chaque échantillon est un nombre que l'on met sous forme binaire pour être transmis, c'est-à-dire que ce nombre est écrit uniquement avec les chiffres 0 et 1

- ensuite la valeur "mesurée" de ces échantillons est codée: c'est le codage.

On transmet les numéros des différentes plages occupées par le signal aux instants d'échantillonnage. Ces numéros sont codés par des mots binaires (c'est-à-dire par des mots uniquement écrits avec des 0 et des 1).

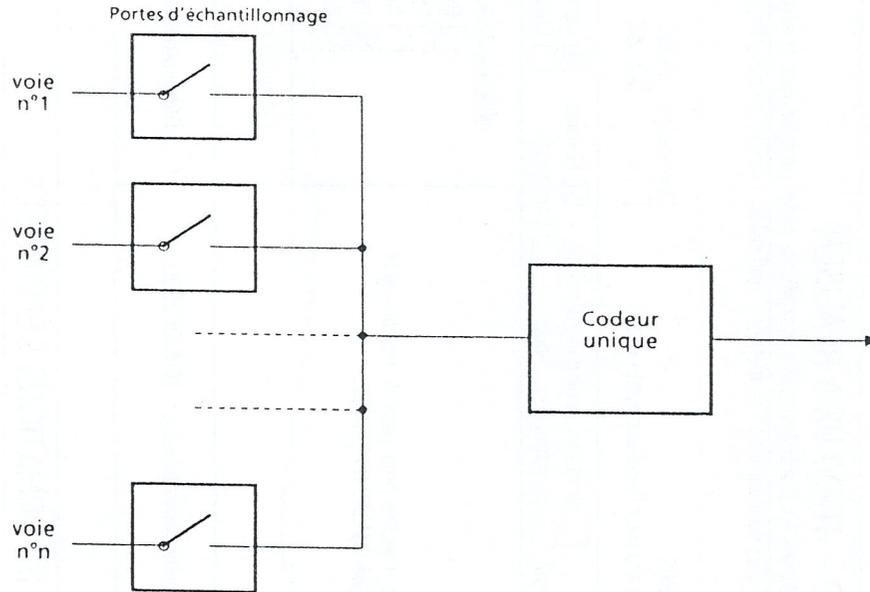
Avec N éléments binaires on peut former 2^N mots différents. Ainsi il est possible de coder 2^N plages, mais il y a de nombreuses façons d'associer biunivoquement ces plages et ces mots.

La méthode retenue est celle qui associe à chaque numéro de plage, le mot binaire représentant ce nombre dans le système binaire.



MULTIPLEXAGE AU NIVEAU DU PAM (après l'échantillonneur)

Il est possible de multiplexer toutes les voies à la sortie des portes d'échantillonnage. L'ensemble des impulsions à la sortie des portes forment le PAM émission (Pulse Amplitude Modulation). On retrouve le multiplexage temporel initial. Un seul code est alors utilisé puisqu'il est commun à l'ensemble des voies pour transformer ces impulsions en mots binaires de 8 bits.

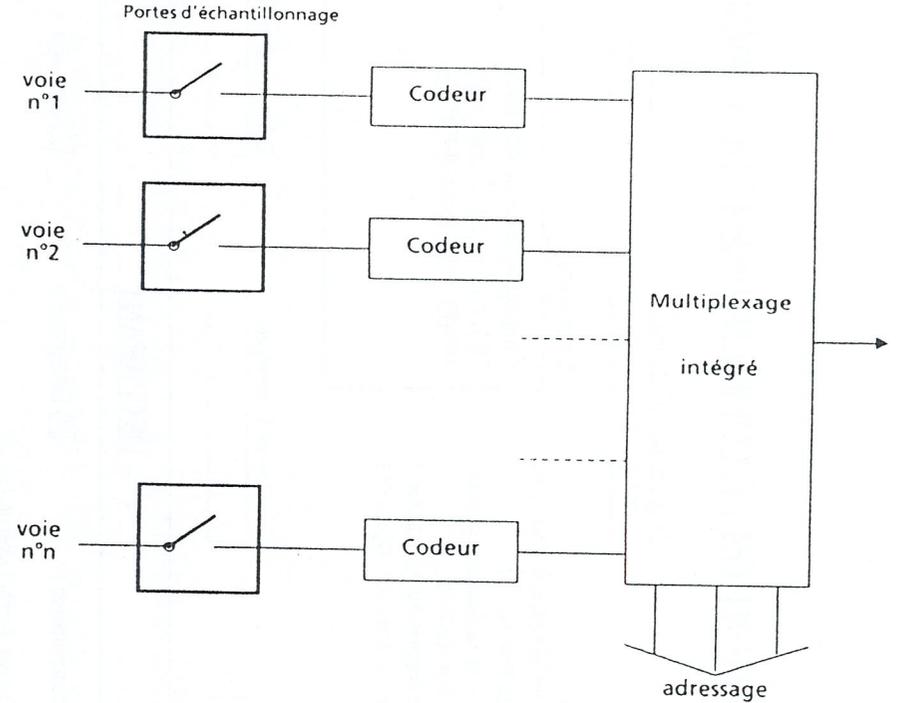


MULTIPLEXAGE AU NIVEAU DU CODE

Le multiplexage au niveau du code consiste à multiplexer les mots binaires en provenance des codeurs associés à chaque voie téléphonique.

Les mots binaires arrivent tous à la même vitesse et sont simplement décalés de T_e _n.

Un multiplexeur intégré aiguille, en fonction des informations d'adressage qu'il reçoit, un ensemble de bits constituant un mot binaire vers la place qu'il doit occuper dans le train binaire.



Structure de trames et de multitrames

Les échantillons codés et multiplexés dans le temps sont mis ensemble pour former une trame.

Une trame est composée de 32 IT

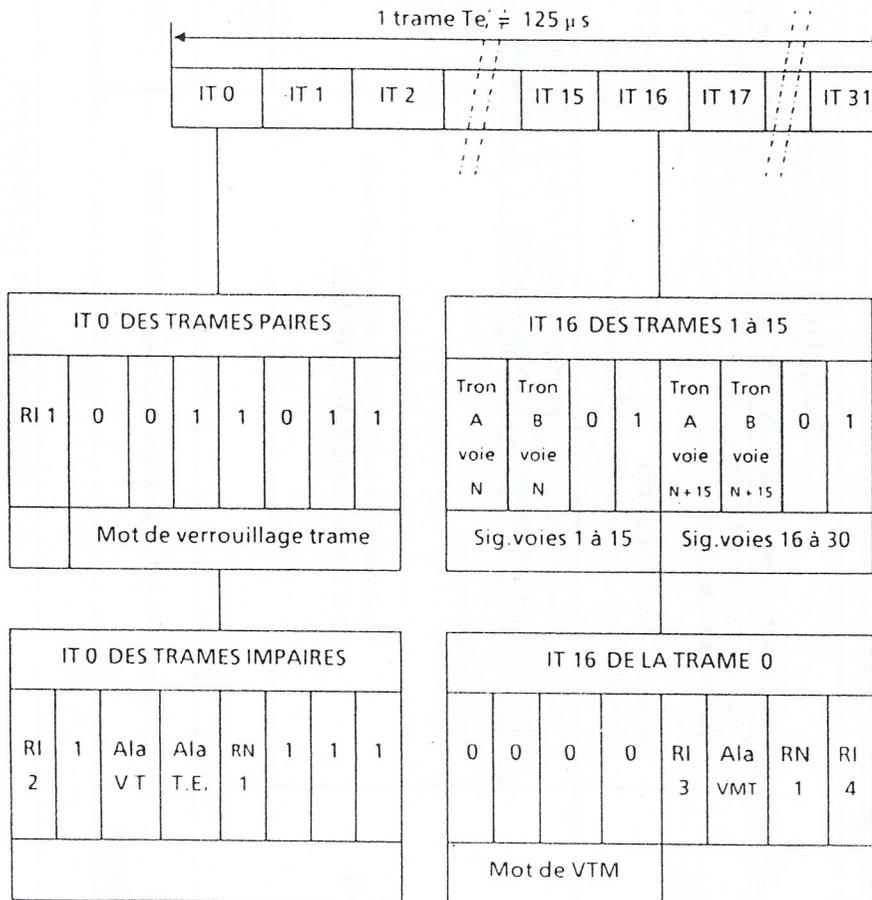
L'IT est constitué d'un mot de 8 eb nécessaires pour coder l'échantillon.

- l'IT0 est le mot de verrouillage de trame

- l'IT16 est l'IT de signalisation de 2 voies

il y a 30 voies donc il faut au moins 15 trames.

En fait, il y a 16 trames de la trame 0 à 15, dans la trame 0 l'IT16 contient le mot de verrouillage de multiframe pour annoncer la multiframe suivante.



OBJECTIF 11

Objectif intermédiaire 11 - 5

Décrire le traitement des signaux et les plans de fréquences dans les R.L.V.

Se référer à "Commutation et transmission" S de 1985

I - TRAITEMENT DES SIGNAUX UTILISES DANS LES RESEAUX 1G

I - 1 - le transport de l'image et du son dans la technique

"VELEC - CGCT"

- Programme TV : modulé en fréquences, porteuse à 27 MHz (Image + Son 1 + Son 2)
- Son HI-FI numérisé : modulé en fréquences, porteuse à 10,24 MHz

ainsi sur une même Fibre Optique on fait passer :
un programme TV + un son HI-FI.

I - 2 - le transport des informations de gestion entre CE et CD en "VELEC-CGCT"

les informations sont numérisées à 2 Mbits.s (MIC 30 voies), on utilise pour cela 2 fibres optiques (1 sens aller, 1 sens retour)

I - 3 - la distribution en "VELEC - CGCT" (échanges CD - usager)

- Dans le sens descendant du CD vers l'utilisateur

Pour le service de base, les signaux à transmettre sont répartis entre :

- un canal TV en bande de base (TV1) accompagné de deux canaux son modulés en fréquence (porteuse à 6,5 et 6,9 MHz)
- un canal de service à 19.200 bits/s vers les coffrets d'adaptation pour l'exploitation et la maintenance (modulation par déplacement de fréquences autour de 9,15 MHz).

Ce canal transporte des signaux d'affichage des numéros de canaux sélectionnés en écho aux ordres donnés par l'utilisateur, des signaux d'allumage de lampes indiquant une demande de clé, un canal payant ou une erreur de manipulation, enfin des signaux de test.

Pour les services optionnels, les signaux à transmettre se répartissent entre :

- un deuxième canal TV en modulation de fréquence autour de 24 MHz (TV2)
- un canal son HI-FI numérique à 10,24 MHz
- un canal de données à 72 kbit/s utilisable soit comme voie téléphonique, soit comme liaison de données (modulation par déplacement de fréquences autour de 8,4 MHz)
- le canal de service déjà mentionné pour le service de base porte également des signaux Vidéotex en provenance d'un point d'Accès Vidéotex.

- Dans le sens montant de l'utilisateur vers le CD

Pour le service de base les signaux à transmettre utilisent un canal de service unique à 19.200 bits/s en bande de base, commun à 8 usagers, pour l'exploitation et la maintenance et comprennent :

- l'indication des mises en/hors service des coffrets d'adaptation d'utilisateur
- les ordres de sélection des canaux
- les envois de clés confidentielles d'accès à certains programmes

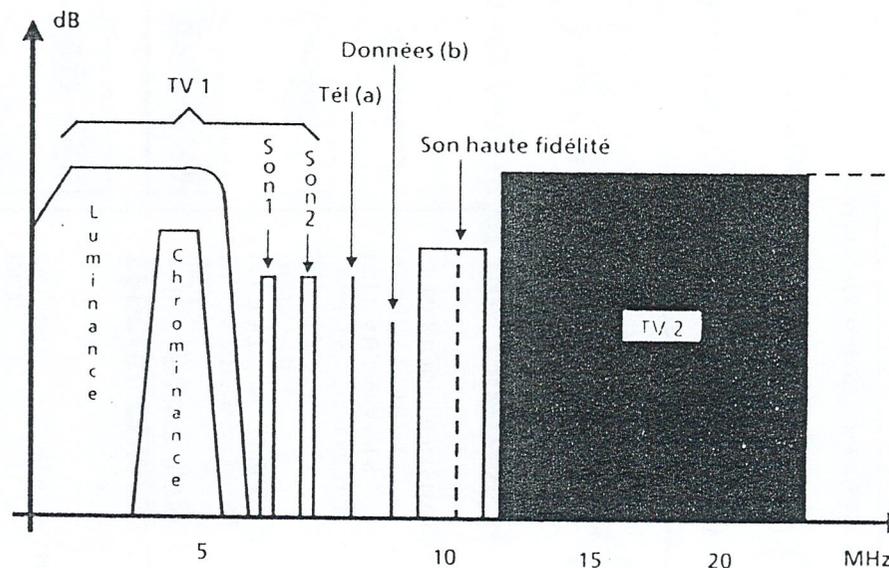
- d'une façon générale tous les ordres donnés par l'utilisateur à l'aide de son clavier

- des messages de réponse aux demandes de test.

Pour les services optionnels les signaux à transmettre empruntent :

- le même canal de service que ci-dessus pour les signaux en provenance des touches du Vidéotex
- un canal de 72 kbit/s utilisable pour le deuxième sens de transmission de la voie téléphonique ou de la liaison

I - 4 - Plan de fréquences "VELEC - CGCT" en distribution.

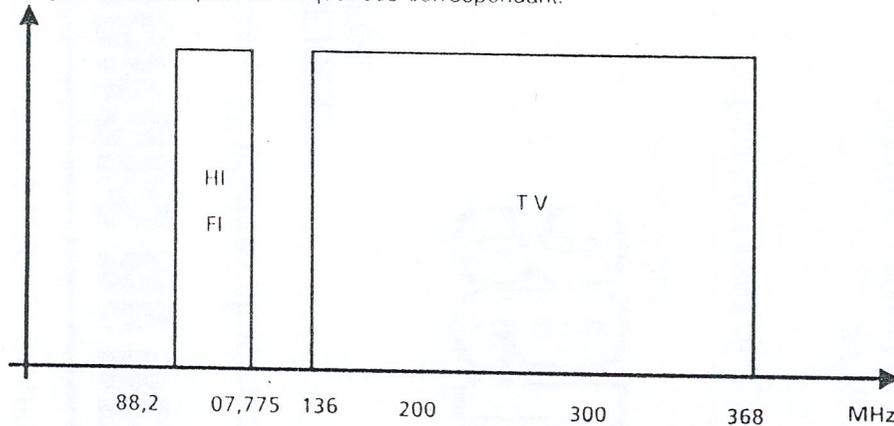


I - 5 - Le transport d'image et du son dans la technique "CIT-ALCATEL Câbles de Lyon".

Les 30 signaux TV (double son) modulés en amplitude (MA/BLA) sont placés sur des porteuses situées entre 136 et 368 MHz, avec un pas interporteuses égal à 8 MHz.

Pour les 30 signaux liés aux programmes sonores stéréophoniques, modulés en fréquences, ils sont placés entre 88,2 et 107,775 MHz, avec un pas de 0,675 MHz.

La figure donne le plan de fréquences correspondant.



I - 6 - Le transport des informations de gestion entre CE - CD en "CIT-Alcatel - Câbles de Lyon"

liaisons numériques à 2 Mbit/s (MIC 30 voies) sur 2 fibres optiques.

I - 7 - La distribution "CIT - Alcatel, Câbles de Lyon" (échanges CD - Usager).

Les informations transmises

La liaison CD / usager sur fibre optique est de type bidirectionnel dissymétrique.

- Dans le sens CD vers usager.

Canal TV1 transmis en modulation d'amplitude à bande latérale résiduelle (MA-BLR) sur une porteuse à 38,9 MHz, norme K.

Canal TV2 modulé en fréquence sur une porteuse à 20,7 MHz.

Ces canaux de télévision sont accompagnés chacun de deux sons modulés en fréquence sur une porteuse à 6,5 et à 6,75 MHz.

Canal haute qualité stéréophonique modulé en fréquence sur porteuse de transmission à 10,7 MHz.

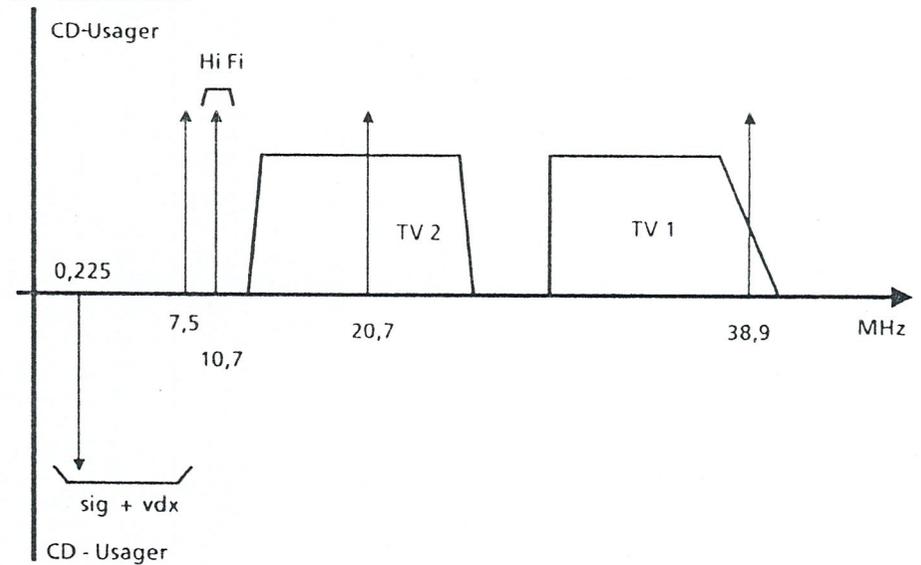
Canal de signalisation, maintenance pour les services de télédistribution et vidéotex transmis sur porteuse à 1 MHz modulée en FSK.

- Dans le sens usager vers CD.

Canal montant télématique transmis sur porteuse modulée en FSK.

Canal de signalisation, maintenance et vidéotex transmis sur porteuse à 225 KHz.

I - 8 - Plan de fréquences "CIT - Alcatel, Câbles de Lyon" en distribution



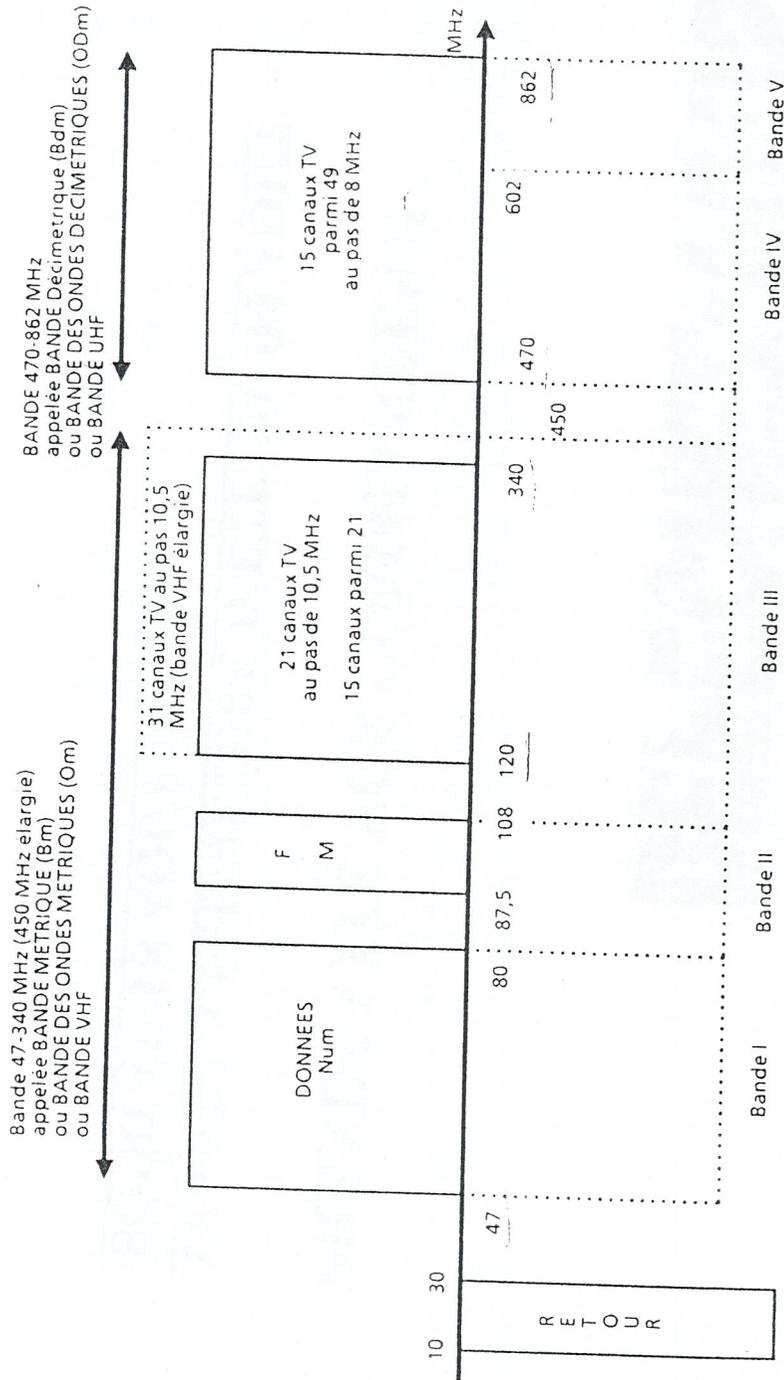
II - TRAITEMENTS DES SIGNAUX UTILISES DANS LES RESEAUX 0G

II - 1 - Le transport de l'image et du son dans la technique 0G.

Chaque programme TV (Image + son 1 + son 2) module en fréquence une porteuse à 24 MHz.

II - 2 - La distribution des images et du son en 0G.

Les canaux de TV sont modulés en amplitude et multiplexés en fréquences pour être transmis sur un câble coaxial.



BANDE II - FM											
Can	Fréq.	Can	Fréq.	Can	Fréq.	Can	Fréq.	Can	Fréq.	Can	Fréq.
		11	90,3	21	93,3	31	96,3	41	99,3	51	102,3
2	87,6	12	90,6	22	93,6	32	96,5	42	99,6	52	102,6
3	87,9	13	90,9	23	93,9	33	96,9	43	99,9	53	102,9
4	88,2	14	91,2	24	94,2	34	97,2	44	100,2	54	103,2
5	88,5	15	91,5	25	94,5	35	97,5	45	100,5	55	103,5
6	88,8	16	91,8	26	94,8	36	97,8	46	100,8	56	103,8
7	89,1	17	92,1	27	96,1	37	98,1	47	101,1		
8	89,4	18	92,4	28	95,4	38	98,4	48	101,4		
9	89,7	19	92,7	29	95,7	39	98,7	49	101,7		
10	90,0	20	93,0	30	96,0	40	99,0	50	102,0		

PLAN DE FREQUENCE EN BANDE 120 - 340 MHz

CANAL	FREQUENCE IMAGE (SECAM - L)	FREQUENCE SON (SECAM - L)
70	120,75	127,25
71	131,25	137,75
72	141,75	148,25
73	152,25	158,75
74	162,75	169,25
75	173,25	179,75
76	183,75	190,25
77	194,25	200,75
78	204,75	211,25
79	215,25	221,75
80	225,75	232,25
81	236,25	242,75
82	246,75	253,25
83	257,25	263,75
84	267,75	274,25
85	278,25	284,75
86	288,75	295,25
87	299,25	305,75
88	309,75	316,25
89	320,25	326,75
90	330,75	337,25

D.F.P.T. - REPRODUCTION INTERDITE sans autorisation écrite

UHF Normes G et L

Canal	Porteuse Image	S.-porteuse de chro- minance	SON	
			CCIR G	Franç. L
21	471,25	475,68	476,75	477,75
22	479,25	483,68	484,75	485,75
23	487,25	491,68	492,75	493,75
24	495,25	499,68	500,75	501,75
25	503,25	507,68	508,75	509,75
26	511,25	515,68	516,75	517,75
27	519,25	523,68	524,75	525,75
28	527,25	531,68	532,75	533,75
29	535,25	539,68	540,75	541,75
30	543,25	547,68	548,75	549,75
31	551,25	555,68	556,75	557,75
32	559,25	563,68	564,75	565,75
33	567,25	571,68	572,75	573,75
34	575,25	579,68	580,75	581,75
35	583,25	587,68	588,75	589,75
36	591,25	595,68	596,75	597,75
36	599,25	603,68	605,75	605,75
38	607,25	611,68	612,75	613,75
39	615,25	619,68	620,75	621,75
40	623,25	627,68	628,75	629,75
41	631,25	635,68	636,75	637,75
42	639,25	643,68	644,75	645,75
43	647,25	651,68	652,75	653,75
44	655,25	659,68	660,75	661,75
45	663,25	667,68	668,75	669,75
46	671,25	675,68	676,75	677,75
47	679,25	683,68	684,75	685,75
48	687,25	691,68	692,75	693,75
49	695,25	699,68	700,75	701,75
50	703,25	707,68	708,75	709,75
51	711,25	715,68	716,75	717,75
52	719,25	723,68	724,75	725,75
53	727,25	731,68	732,75	733,75
54	735,25	739,68	740,75	741,75
55	743,25	747,68	748,75	749,75
56	751,25	755,68	756,75	757,75
57	759,25	763,68	764,75	765,75
58	767,25	771,68	772,75	773,75
59	775,25	779,68	780,75	781,75
60	783,25	787,68	788,75	789,75
61	791,25	795,68	796,75	797,75
62	799,25	803,68	804,75	805,75
63	807,25	811,68	812,75	813,75
64	815,25	819,68	820,75	821,75
65	823,25	827,68	828,75	829,75
66	831,25	835,68	836,75	837,75
67	839,24	843,68	844,75	845,75
68	847,25	851,68	852,75	853,75
69	855,25	859,68	860,75	861,75

D.F.P.T. - REPRODUCTION INTERDITE sans autorisation écrite

OBJECTIF 12

Objectif intermédiaire 12 - 1

Exposer les définitions et les caractéristiques de l'onde électromagnétique.

I - INTRODUCTION

Le physicien MAXWELL, à la fin du XIX^{ème} siècle, a développé la théorie des ondes électromagnétiques.

Il démontre que "toute onde électromagnétique se propage dans le vide à la vitesse de la lumière (300.000 km.s) "

Ce phénomène de propagation est utilisé en Télécommunications pour transmettre une information :

- Transmission de voies téléphoniques sous forme électrique sur une paire symétrique.
- Transmission de voies téléphoniques ou de canaux TV sous forme électrique sur paire coaxiale ou faisceau hertzien .
- Transmission de voies téléphoniques ou de canaux TV sous forme lumineuse sur fibre optique.

Dans tous les cas, la transmission se fait par propagation d'une onde électromagnétique électrique ou lumineuse.

II - DEFINITION D'UNE ONDE ELECTROMAGNETIQUE

L'onde électromagnétique est l'association d'un champ électrique et d'un champ magnétique dont on connaît les effets séparés en électricité.

Le courant électrique prend naissance dans un fil de cuivre sous l'effet d'un champ électrique qui met en mouvement les électrons du cuivre.

Ce même courant électrique donne naissance à un champ magnétique dont on connaît les effets dans les relais utilisés en commutation : un courant électrique traversant une bobine d'induction crée un champ magnétique qui attire la lame du relais.

En fait ces deux grandeurs ne peuvent exister séparément et constituent l'onde électromagnétique. Un circuit électrique quelconque est toujours le siège d'un champ électromagnétique.

La lumière est aussi une onde électromagnétique.

Comment produit-on de la lumière ?

Par exemple en chauffant un métal. Celui-ci ayant reçu de l'énergie calorifique, il la restitue en émettant de la lumière rouge et infrarouge. Ce phénomène prouve en même temps que la lumière comme toute onde électromagnétique transporte de l'énergie.

III - PROPAGATION DE L'ONDE ELECTROMAGNETIQUE

La naissance d'un champ électromagnétique en un lieu donné s'accompagne de la propagation de ce champ.

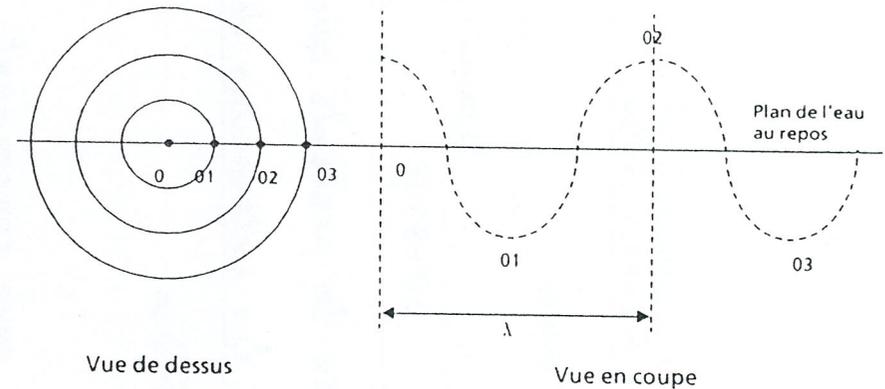
Exemple : propagation des ondes "radio" dans l'air.

Les paramètres qui définissent la propagation de l'onde magnétique sont :

- la vitesse de propagation de l'onde
- la longueur d'onde ou la fréquence de l'onde
- l'indice de réfraction du milieu de propagation

Pour mieux comprendre ce phénomène prenons comme analogie la propagation de vagues sur l'eau.

Si en un point de l'eau une perturbation se produit, un caillou dans l'eau par exemple, on constate autour du point la propagation de ronds concentriques (vue de dessus) qui correspond à une vague progressive (vue en coupe).



Les points se situant au delà du point 0, tels que les points 01, 02, 03 se mettent tour à tour à vibrer au fur et à mesure que la vague se déplace, à une vitesse qui dépend du milieu de propagation.

Si on photographie le phénomène à un instant donné (figure en coupe), on voit que les points ayant la même amplitude par rapport au niveau de l'eau au repos sont distants de la même longueur λ , λ est la longueur d'onde de la vague qui est une période spatiale.

Propagation d'une onde électromagnétique sinusoïdale dans le vide :

Simplifions le problème en considérant que le champ électromagnétique EM(t) est sinusoïdal, c'est un phénomène analogue qui donne naissance à la vague dans l'eau

$$EM(t) = (EM)_0 \cos 2 \pi f t$$

Considérons que le milieu de propagation est le vide (milieu de référence); le phénomène va prendre naissance en un point source (émetteur radio par exemple) et va se propager à la vitesse de la lumière C :

$$C = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s} = 300\,000 \text{ km/s.}$$

De la même façon, on constate que les points atteints par le champ électromagnétique vibrent avec la même amplitude et sont distants de la même longueur d'onde λ_0

λ_0 dépend de la vitesse de propagation C et de la fréquence f :

$$\lambda_0 = \frac{C}{f}$$

ainsi quand la fréquence augmente, la longueur d'onde diminue.

La longueur d'onde dépend de la vitesse de propagation.

Les radiations électromagnétiques peuvent être classées par différents repères du spectre. Le tableau ci-dessous en permet une représentation.

TYPES	CATEGORIES	FREQUENCES	LONGUEURS D'ONDE DANS LE VIDE	UTILISATION
ONDES HERTZIENNES	Ondes très longues Très basses fréquences	15 kHz	20 km	Trafic télégraphique
	Ondes longues Basses fréquences	60 kHz	5 km	Radio
	Ondes moyennes Moyennes fréquences	300 kHz	1 km	Radio
	Ondes courtes Hautes fréquences	3 MHz	100 m	Radio
	Ondes métriques Très hautes fréquences (VHF)	30 MHz	10 m	Télévision Radio FM
		300 MHz	1 m	
	Ondes décimétriques Ultra hautes fréquences (UHF)	3000 MHz	10 cm	Télévision radar - F H
			Radar	
Ondes centimétriques Hyperfréquences	100.000 MHz	3 mm		
INFRAROUGE	Rayons calorifiques	400 millions de MHz	0,75 μ m	L a s e r chauffage
RADIATIONS VISIBLES	Rouges Orange Jaune Vert Bleu Violet	750 millions de MHz	0,40 μ m	Photographie
	ULTRAVIOLET	Rayons chimiques		Héliothérapie Photosynthèse
RAYONS X	Rayons X très mous	100 milliards de MHz	30 Å	Radiographie
	Rayons X mous	300 milliards de MHz	10 Å	
	Rayons X durs	3000 milliards de MHz	1 Å	
RAYONS γ		30000 milliard de MHz	0,1 Å	Radioactivité Gamma thérapie
		3 millions de milliards de MHz	0,001 Å	
RAYONS COSMIQUES		100 millions de milliards de MHz	0,00003 Å	

OBJECTIF 12

Objectif intermédiaire 12 - 2

Décrire les caractéristiques des milieux de propagation

Propagation d'une onde électromagnétique sinusoïdale dans un milieu homogène :

Dans un milieu homogène autre que le vide, les ondes électromagnétiques ne se déplacent plus à la vitesse C , mais à une vitesse moins élevée :

exemple : vitesse de la lumière dans le verre :

$$V = 200.000 \text{ km.s}$$

pour caractériser le milieu, on compare la vitesse v à la vitesse C par le rapport

$$n = \frac{c}{v}$$

n est appelé l'indice du milieu si le milieu est homogène

n est constant dans tout le milieu.

Ainsi dans le verre

$$n = \frac{300\,000}{200\,000} = 1,5$$

la longueur d'onde λ sera alors :

$$\lambda = \frac{v}{f} = \frac{(c)}{(f)} \times \frac{v}{c} = \frac{\lambda_0}{n}$$

nous avons

$$\frac{(c)}{(f)} = \lambda_0$$

et

$$\frac{v}{c} = \frac{1}{n}$$

donc

$$\lambda = \frac{\lambda_0}{n}$$

Remarque importante :

Jusqu'à présent on suppose que le champ électromagnétique est sinusoïdal : dans ce cas on dit que l'onde électromagnétique est monochromatique, car elle contient une seule fréquence donc une seule longueur d'onde qui correspond à une seule couleur.

En fait que ce soit pour une onde électrique ou une onde lumineuse, l'onde sinusoïdale est une onde de référence, dans la réalité les ondes électromagnétiques sont la somme d'ondes sinusoïdales et comportent plusieurs longueurs d'onde. On retrouve les mêmes principes qu'en "théorie du signal" où un signal quelconque peut être décomposé en une somme de signaux sinusoïdaux (théorème de Fourier).

OBJECTIF 12

Objectif intermédiaire 12 - 3

Décrire les principes de la propagation guidée.

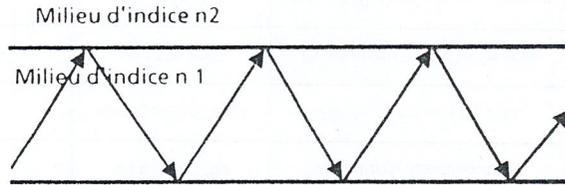
LES DIFFERENTS TYPES DE PROPAGATION UTILISES AUX TELECOMMUNICATIONS

1 - LA PROPAGATION A L'AIR LIBRE.

C'est le cas de la transmission par faisceaux hertziens où les ondes électromagnétiques se propagent à l'air libre.

2 - LA PROPAGATION GUIDEE.

Elle consiste à confiner l'onde lumineuse ou électrique entre 2 milieux d'indices différents en utilisant le phénomène de la réflexion comme l'indique le croquis ci-dessous.



Ce mode de propagation a l'intérêt de s'affranchir des intempéries qui perturbent la propagation à l'air libre.

Les milieux peuvent être conducteurs ou isolants.

En vidéocommunication on utilise deux types de guides d'ondes :

la paire coaxiale : milieu conducteur + milieu diélectrique,

la fibre optique : milieu isolant (le verre) guide de lumière.

$n_1 > n_2$

OBJECTIF 13

Objectif intermédiaire 13 - 1

Exposer la nature de la lumière.

I - 1 - Nature ondulatoire de la lumière :

La lumière est une onde électromagnétique, sa vitesse dans le vide est

$$C = 300.000 \text{ km s.}$$

La lumière naturelle n'est pas une onde purement sinusoïdale (monochromatique) mais elle est la somme de toutes les couleurs de l'Arc-en-ciel. (Expérience du disque de Newton).

A chaque couleur correspond une longueur d'onde.

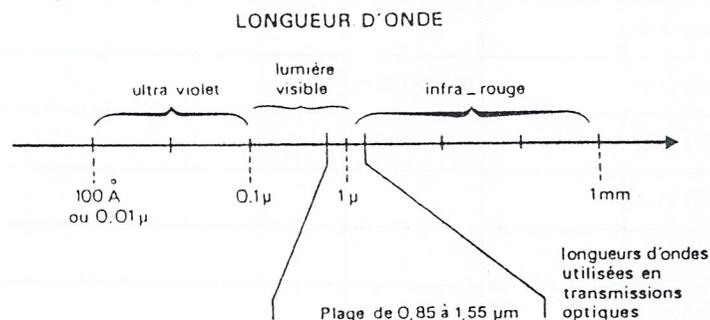
La couleur est alors pure ou saturée. Il existe en effet des couleurs non saturées qui sont elles-mêmes la composition d'autres couleurs.

Une lumière de couleur pure, d'une seule longueur d'onde est une lumière monochromatique telle que :

$$\lambda_0 = \frac{c}{f}$$

λ_0 = longueur d'onde dans le vide

f = fréquence de l'onde sinusoïdale correspondante



I - 2 - Nature corpusculaire de la lumière :

On sait que la lumière transporte de l'énergie.

De plus, cette énergie contenue dans la lumière dépend de la longueur d'onde et se présente sous forme de "grains" d'énergie appelés photons.

Dans le cas d'une lumière monochromatique de fréquence f, chaque photon transporte de l'énergie :

$$E = h (f)$$

dans le vide

$$E = h \frac{c}{\lambda}$$

puisque

$$\lambda = \frac{c}{f}$$

cela implique que

$$f = \frac{c}{\lambda}$$

Cette nature corpusculaire de la lumière a été mise en évidence dans l'effet photoélectrique de la lumière.

Cet effet montre qu'un métal éclairé par une lumière monochromatique de longueur d'onde donnée libère ses électrons et fournit un courant électrique qui est proportionnel à la puissance du flux lumineux. Cet effet photoélectrique est utilisé en "Transmissions optiques" pour transformer la lumière en courant électrique, c'est une photodiode qui réalise cette fonction.

I - 3 - Intérêt des ondes lumineuses utilisées comme moyen de transmission:

Les ondes lumineuses par rapport aux autres moyens de transmissions connus (FH, coaxial, paires symétriques ...) permettent par l'accroissement de la fréquence de modulation d'augmenter la largeur de la bande passante d'un message utile.

L'accroissement de la bande passante utile est donné par la relation approximative :

$$\frac{\Delta F}{F} \approx \text{constante } K \Rightarrow F = K \cdot \Delta F$$

avec ΔF = bande passante utile (BP)

F = fréquence de la porteuse de modulation

Exemples comparatifs:

- ① fréquence de modulation en FH de l'ordre de 10^9 Hz
- ② fréquence de modulation en F \emptyset de l'ordre de 10^{15} Hz

soit

un rapport approximatif de 10^6 d'amplification de la bande passante utile

OBJECTIF 13

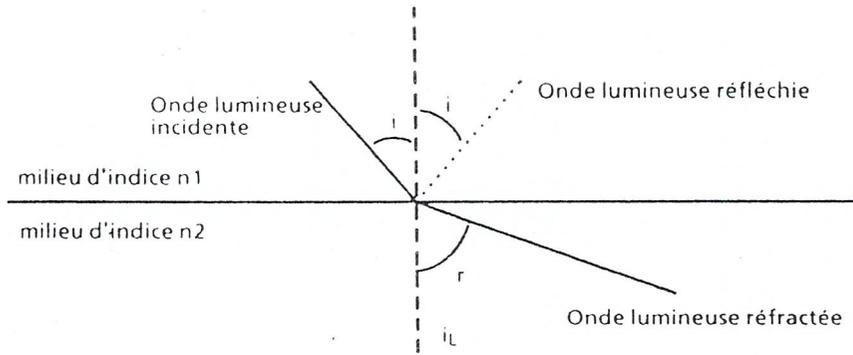
Objectif intermédiaire 13 - 2

Citer les principes de la propagation de la lumière.

I - REFRACTION ET REFLEXION D'UNE ONDE LUMINEUSE :

Lorsqu'une onde lumineuse se propage dans 2 milieux homogènes différents, au passage d'un milieu à l'autre :

- la vitesse de propagation varie
- une partie de l'onde pénètre dans le 2ème milieu en étant déviée : c'est le phénomène de réfraction.
- une partie de l'onde est réfléchi sur le 2ème milieu : c'est le phénomène de réflexion.



phénomène de réflexion totale :

au-delà d'un angle d'incidence limite i_L ($i > i_L$) l'onde ne pénètre plus dans le milieu 2 mais est alors totalement réfléchi.

i_L est tel que

$$\sin i_L = \frac{n_1}{n_2}$$

avec $n_1 > n_2$

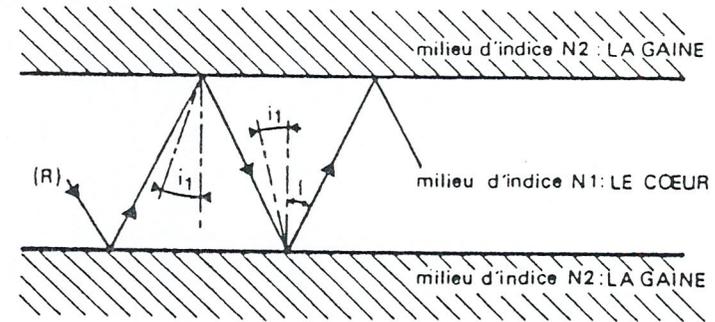
indice de réfraction d'un milieu

$$n = \frac{c}{v} \leftarrow \text{rapport de la vitesse de la lumière dans le vide}$$

$$v \leftarrow \text{vitesse de la lumière dans un milieu } n$$

II - PRINCIPES DE PROPAGATION DE LA LUMIERE DANS LA FIBRE OPTIQUE

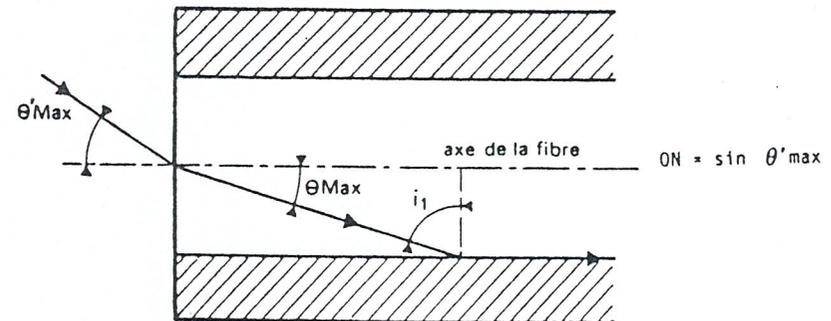
- La fibre optique est constituée d'un milieu d'indice N_1 : LE COEUR, entouré d'un milieu d'indice plus faible N_2 : LA GAINE



- Si on fait entrer un rayon lumineux (R) dans le coeur il s'y propagera par réflexions successives si $i > i_1$.

. Ouverture numérique (ON)

L'ON théorique est par définition le sinus de l'angle θ'_{Max} . (angle formé par l'axe de la fibre et le rayon le plus incliné par rapport à cet axe susceptible d'être guidé).



III - PARAMETRES IMPORTANTS POUR LA DEFINITION DES CARACTERISTIQUES DU SUPPORT " FIBRE OPTIQUE "

Les caractéristiques de transmissions d'un support fibre optique sont :

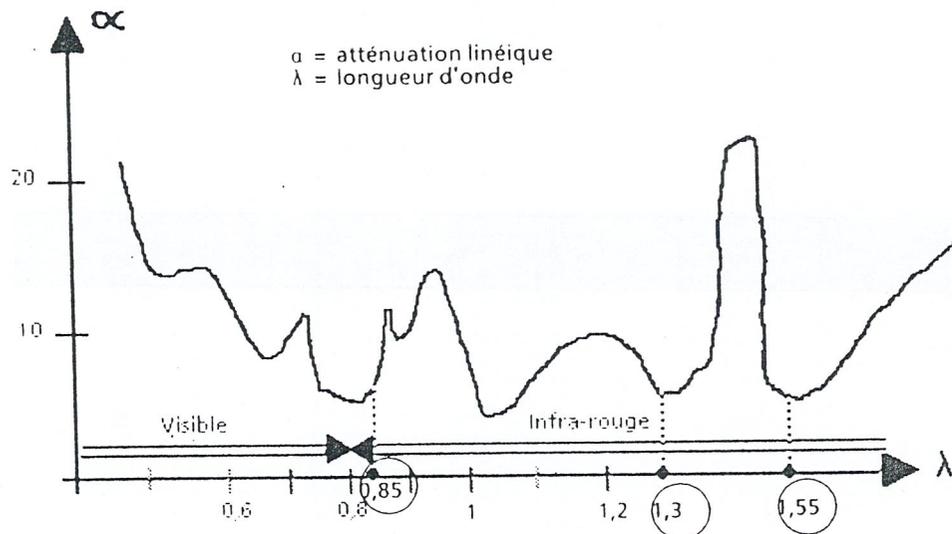
- l'Atténuation.
- la Bande passante

dépendent des paramètres qui sont :

- la longueur d'onde de la lumière émise.
- le type de fibres employées, multimodes ou monomodes.

III - 1 L'Atténuation

Elle dépend de la longueur d'onde selon la courbe suivante:



L'atténuation totale = absorption + diffusion

Cette courbe fait apparaitre des "fenêtres" intéressantes (longueurs d'ondes) pour lesquelles l'atténuation est optimale.

Actuellement 2 fenêtres sont exploitées :

- $\lambda = 0,85 \mu m$
- $\lambda = 1,3 \mu m$

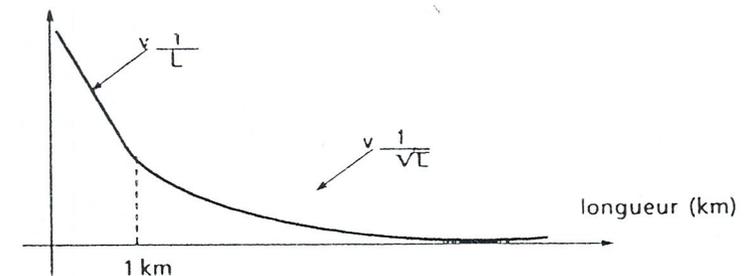
et une 3ème fenêtre pour la fibre monomode : $\lambda = 1,55 \mu m$

II - 2 - La Bande passante

elle dépend :

- de la longueur d'onde utilisée
- du type de fibres optiques, monomodes et multimodes
- de la longueur du tronçon :

bande passante MHz



La bande passante est significative de la capacité d'informations qu'un support de transmission peut véhiculer.

Pour la fibre optique on s'intéresse à connaître le nombre d'impulsions lumineuses à véhiculer par unité de temps.

Il faut donc rapprocher le plus possible dans le temps ces impulsions lumineuses pour avoir une bande passante optimale.

OBJECTIF 13

Objectif intermédiaire 13-3

Décrire les caractéristiques des fibres optiques multimodes et monomodes.

I - LES FIBRES MULTIMODES.

Les fibres multimodes peuvent être :

- des fibres multimodes à saut d'indice.
- des fibres multimodes à gradient d'indice.

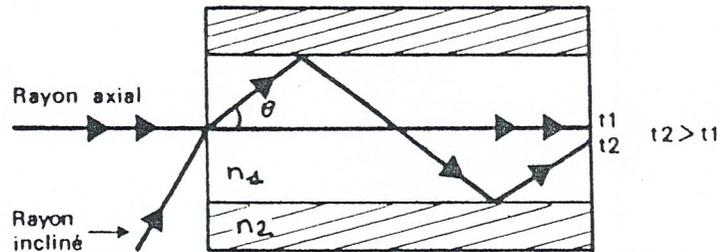
pour cette catégorie de fibres, la Bande passante est limitée par le phénomène de dispersion intermodale.

I - 1 - La dispersion Intermodale :

Son origine est due au fait suivant :

La vitesse des rayons lumineux est constante dans un milieu d'indice donné.

On conçoit donc que les temps de propagation des différents rayons ne seront pas identiques et vont dépendre de la longueur des chemins suivis.



le temps de propagation est donné par la formule :

$$t = \frac{L n_1}{C \cos \theta}$$

(valable dans le cas d'une fibre optique à saut d'indice)

L = Longueur à parcourir

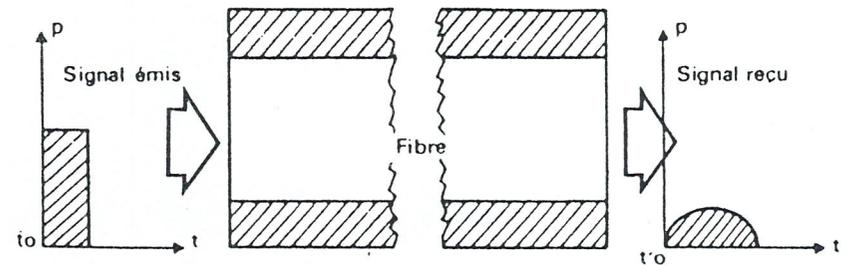
n_1 = indice du coeur

C = vitesse de la lumière dans le vide

$n_1 > n_2$ l'indice du coeur plus élevé que l'indice de la gaine

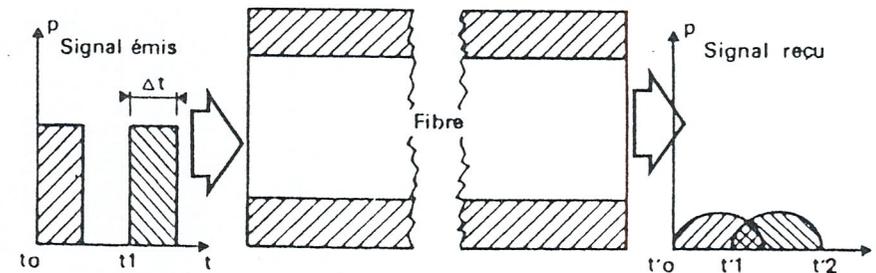
L'énergie émise étant répartie sur tous les rayons guidés, une impulsion lumineuse arrive déformée à l'extrémité de la fibre.

Déformation



Deux impulsions de courte durée émises à l'entrée de la fibre et bien séparées dans le temps peuvent ainsi arriver à l'extrémité en se chevauchant.

Chevauchement + Déformation



Ces impulsions étant confondues à l'arrivée, elles ne peuvent être décodées. Pour éviter ce phénomène il faut donc que le temps séparant 2 impulsions soit suffisamment long, autrement dit on est limité par le nombre d'impulsions que l'on peut émettre par seconde.

C'est-à-dire qu'il y a une limitation de la bande passante. Ce type de fibre est dit à "Saut d'indice".

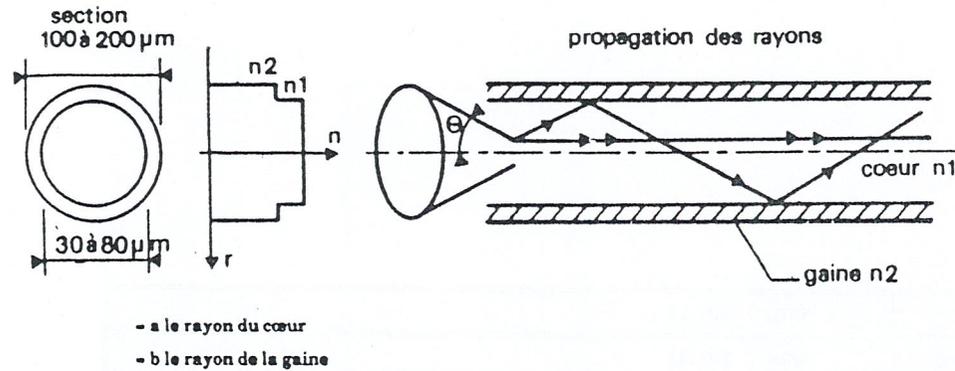
Pour remédier à cet inconvénient, on cherche à augmenter artificiellement la vitesse des rayons ayant le plus long trajet à parcourir. La fibre obtenue est dite à gradient d'indice.

I - 2 - Fibres multimodes à saut d'indice.

C'est le cas de la Fibre optique vu précédemment, l'indice n_1 du coeur est constant, à l'interface coeur-gaine l'indice n_1 prend brutalement la valeur n_2 dans la gaine, il y a saut d'indice entre le coeur et la gaine.

Le diamètre de leur coeur varie de $30 \mu\text{m}$ à $80 \mu\text{m}$

La figure ci-dessous représente le profil d'indice d'une telle fibre :



Inconvénient de la Fibre optique multimode à saut d'indice :

Comme on l'a vu, ce type de fibre a une bande passante limitée par la dispersion intermodale :

bande passante < 50 MHz

Pour atténuer les effets de la dispersion intermodale on utilise un autre type de Fibres optiques multimodes :

Les fibres multimodes à gradient d'indice.

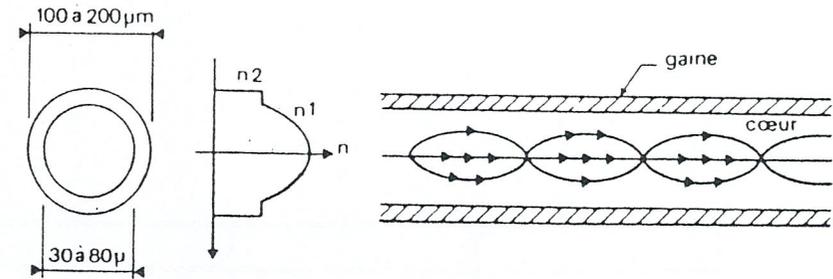
I - 3 - Les fibres multimodes à gradient d'indice :

Il faut accélérer les rayons les plus inclinés et ralentir les rayons les moins inclinés pour rattraper la différence de temps de propagation.

Ainsi on fait varier l'indice du coeur de la fibre optique de la manière suivante :

au centre l'indice est $n_1 > n_2$, ensuite on fait diminuer n_1 progressivement pour atteindre l'indice n_2 dans la gaine. Cette variation se fait radialement de manière à obtenir des surfaces cylindriques concentriques d'indice constant :

Fibre à gradient d'indice



les rayons lumineux ont alors dans le coeur une trajectoire curviligne.

La bande est nettement améliorée : jusqu'à 1 GHz au km.

I - 4 - Notion de classe de fibre

Les Télécommunications ont défini pour la fibre multimode 50/125 à gradient d'indice 4 classes de fibres décrites dans le tableau suivant :

CLASSES	$\lambda = 850 \text{ nm}$		$\lambda = 1300 \text{ nm}$	
	$\alpha \text{ dB/km}$	Mhz.km	$\alpha \text{ dB/km}$	Mhz.km
I			1	1000
II	2,9	350	1,2	750
III			1,2	500
IV	4	300		

Pour ces 4 classes, le facteur de concaténation est le suivant :

CLASSES λ	0,85 μm	1,3 μm
I		0,9
II	0,85	0,9
III		0,9
IV	0,75	

La variation de la bande passante d'une fibre en fonction de :

- sa longueur
- sa classe
- sa longueur d'onde d'utilisation, est traduite dans le tableau ci-après.

La formule qui donne la bande passante en fonction de la longueur est :

$$B = \frac{B_0}{(L)^\gamma}$$

- B est la bande passante pour une longueur L
- B_0 bande passante pour 1 km
- γ facteur de concaténation

Bande passante des fibres optiques en fonction de leur longueur

Classe des Fibres L en mètres	Bande Passante en MHz à 6 dB électrique				
	$\lambda = 0,85 \mu\text{m}$		$\lambda = 1,3 \mu\text{m}$		
	II	IV	I	II	III
500	630	487	1 866	1399	933
1 000	350	300	1 000	750	500
1 500	247	225	694	520	347
2 000	194	184	535	401	267
2 500	160	157	438	328	219
3 000	137	139	372	279	186
3 500	120	124	323	242	161
4 000	107	113	287	215	143
4 500	97	104	258	193	129
5 000	89	97	234	176	117
6 000	76	85	199	149	99
7 000	66	76	173	130	86
8 000	59	69	153	115	76
9 000	54	64	138	103	69
10 000	49	59	125	94	62
12 000	42	52	106	80	53
14 000	37	47	93	69	46
16 000	33	43	82	61	41
18 000	29	39	74	55	37
20 000	27	36	67	50	33
22 000	25	34	61	46	30
24 000	23	32	57	42	28

I -5 Fibres multimodes utilisées dans les Réseaux de vidéocommunications.

pour les transports en fibres optiques :

Fibre optique multimode à gradient d'indice classe II

pour les réseaux de distribution fibres optiques :

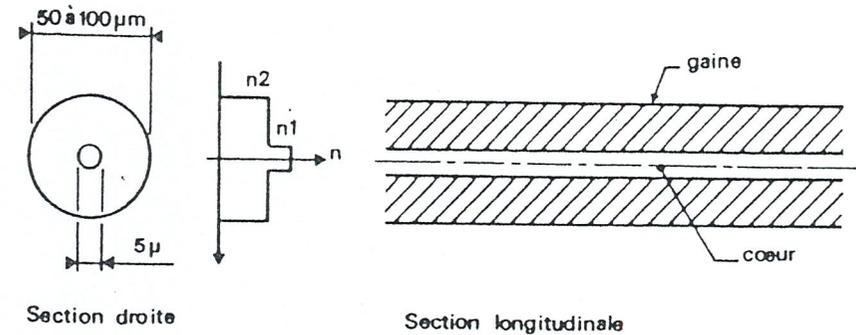
il existe une classe "vidéocommunications" dont les caractéristiques sont les suivantes :

	Ouverture numérique	Affaiblissement linéique (dB/km)		Largeur de bande (MHz.km)	
		à 850 nm	à 1 300 nm	à 850 nm	à 1 300 nm
Transport	0,20 ± 0,02	≤ 3,2	≤ 1,2	≥ 350	≥ 750
Distribution (VELEC/CGCT)	0,20 ± 0,02	≤ 4 *	≤ 1,5	≥ 200	≥ 200
Distribution (LTT)	0,23 ± 0,015	≤ 4 *	≤ 1,5	≥ 200	≥ 200

Type de fibre	Diamètre de cœur (μm)	Diamètre de gaine (μm)	Non-circularité de cœur	Non-circularité de gaine	Erreur de concentricité	Gabarits (méthode des 2 anneaux) (μm)
Transport	50 ± 3	125 ± 3	≤ 6%	≤ 2%	≤ 6%	48-54 120-130
Distribution (VELEC/CGCT)	50 ± 3	125 ± 3	≤ 6%	≤ 2%	≤ 6%	48-54 120-130
Distribution (LTT)	65 ± 5	125 ± 3	≤ 6%	≤ 2%	≤ 6%	78-92 120-130

II LES FIBRES OPTIQUES MONOMODES

Pour palier définitivement au problème de dispersion intermodale, il a fallu mettre au point une fibre optique avec un cœur très petit de sorte que l'on obtienne dans ce cœur la propagation d'un seul rayon (un seul mode).



Par contre un autre phénomène subsiste et vient limiter la bande passante : la dispersion chromatique.

La dispersion chromatique :

Comme la dispersion intermodale, ce phénomène nuit au temps de propagation. Ici le paramètre qui varie est la vitesse de propagation :

$$v = \frac{c}{n}$$

Pourquoi ?

- L'indice, dans un matériau, est fonction de la longueur d'onde.
- Les sources de lumière utilisées ne sont pas parfaitement monochromatiques, la lumière émise contient une plage plus ou moins étroite de longueurs d'onde autour de la longueur d'onde nominale.
- Les différentes longueurs d'onde émises ont des temps de propagation différents. Ainsi, comme en dispersion intermodale, une impulsion lumineuse va être déformée pendant la transmission.

Nota : En fibre monomode, on ne mesure pas la bande passante faute d'appareil approprié (de l'ordre de 10GHz).

OBJECTIF 13

Objectif intermédiaire 13 - 4

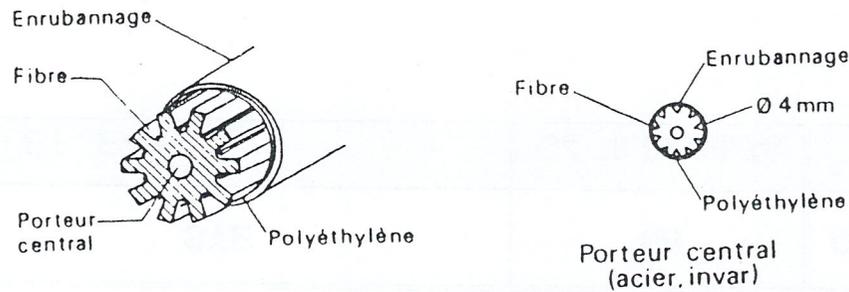
Décrire la structure des câbles "fibres optiques".

Le type de câble utilisé aux Télécommunications et intervenant dans les réseaux de vidéocommunications est à jonc cylindrique.

1 - ELEMENTS D'ASSEMBLAGE DE BASE

L'élément d'assemblage de base est un jonc rainuré de 4 mm de diamètre environ.

Ce jonc est obtenu par l'extrusion d'une matière thermoplastique sur l'âme centrale. Les rainures permettent la pose des fibres sans contraintes mécaniques. Elles ne doivent en aucun cas solidariser la fibre et le jonc. Pour s'assurer du bon positionnement des fibres, l'affaiblissement est vérifié aux températures de -10 et +40° C en début de fabrication. La variation d'atténuation doit être inférieure ou égale à + 0,05 dB/km. Les fibres recouvertes de leur revêtement primaire sont déposées libres et sans tension dans les rainures hélicoïdales du support en polyéthylène. L'ensemble, fibre plus support, gainé de 2 couches inversées à spires jointives d'un ruban en matière thermoplastique, constitue l'élément modulaire du câble.

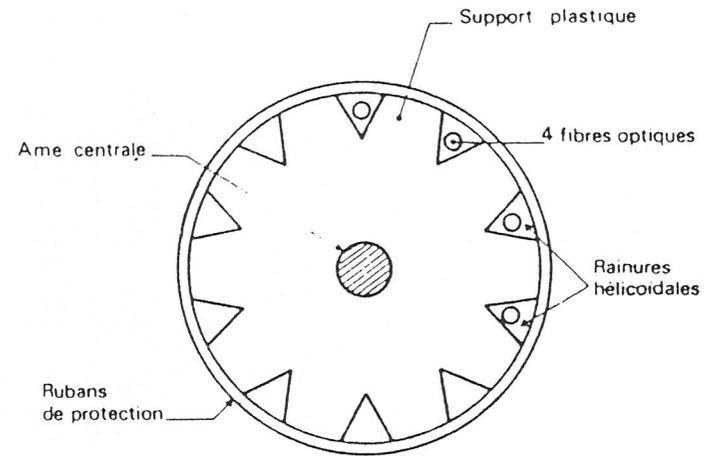
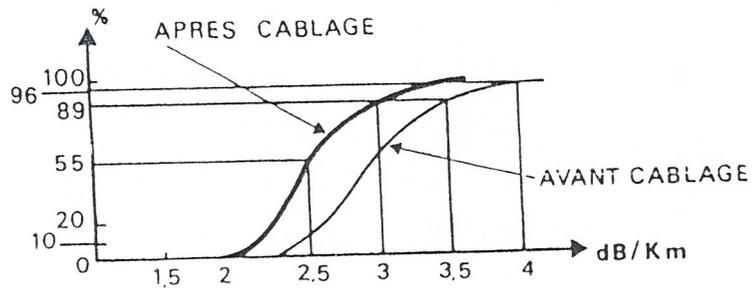


JONC

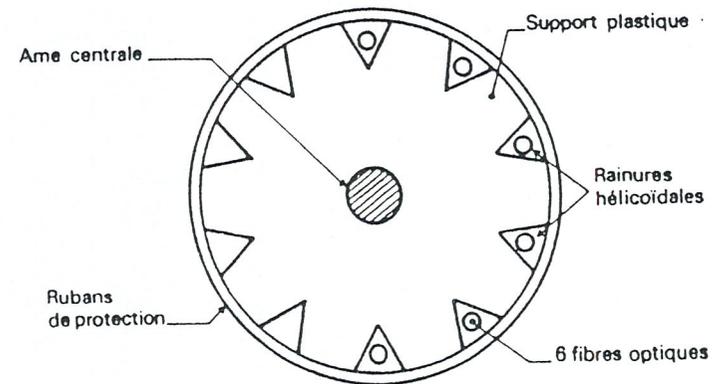
Le jonc rainuré peut être assemblé par les méthodes traditionnelles pour constituer un câble de diverses capacités.

Remarque :

L'atténuation d'une fibre augmente avec la tension (mécanique) à laquelle elle est soumise. Sur les fibres stockées sur bobines il reste toujours une tension résiduelle donc une atténuation supplémentaire. Il est intéressant de noter une diminution de cette atténuation lors du câblage, les fibres étant déposées sans tension dans les rainures.

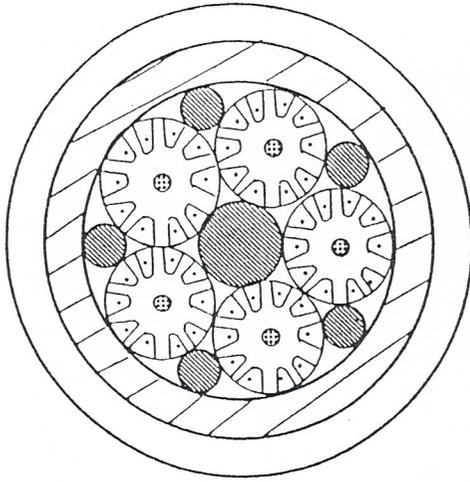


câble à quatre fibres

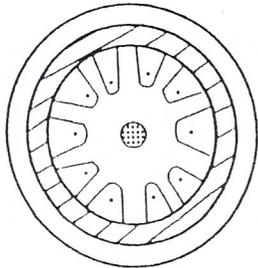


câbles à six fibres

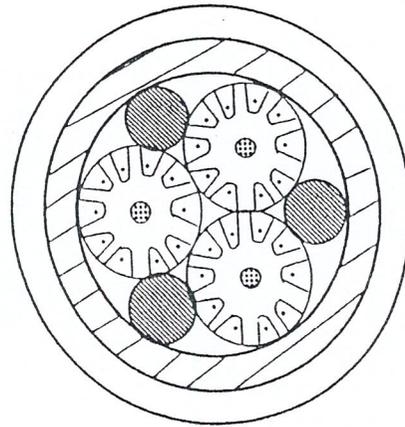
CABLE A 50 FIBRES OPTIQUES



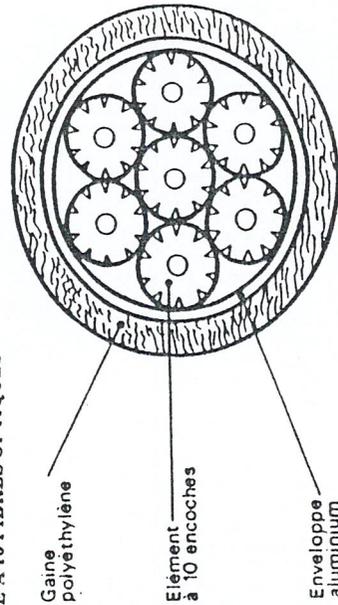
CABLE A 10 FIBRES OPTIQUES



CABLE A 30 FIBRES OPTIQUES



CABLE A 70 FIBRES OPTIQUES



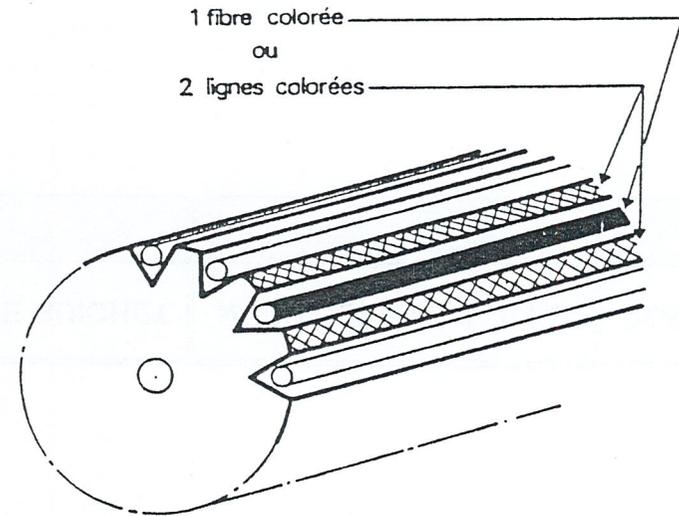
II - REPERAGES

- Repérage du jonc

- . A l'intérieur d'un câble, le repérage du jonc est réalisé par un guirlandage de couleurs différentes aux normes des câbles réseaux (blanc, bleu, jaune, marron, noir, rouge, vert),
- . De plus des bourrages optionnels sont proposés (même code de couleurs).

- Repérage de la fibre

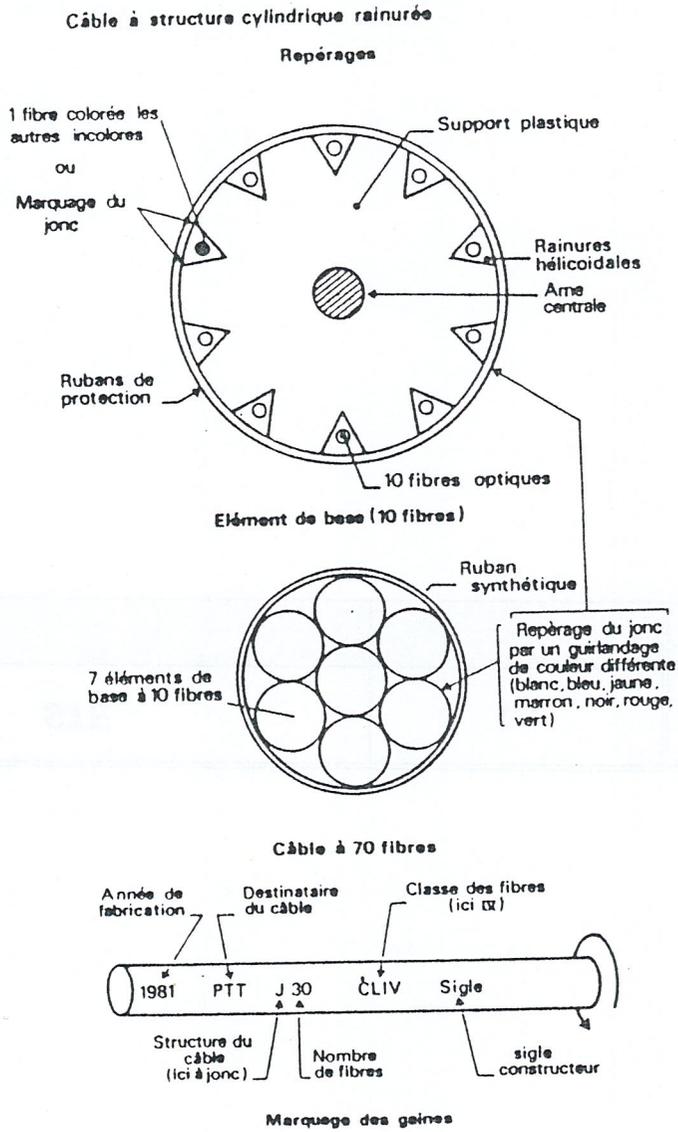
- . soit une fibre colorée par jonc
- . soit le jonc est marqué par 2 lignes colorées



. pour utiliser ce repérage, il n'est pas imposé de sens particulier pour le tirage de chaque tronçon. Toutes les épissures sont droites, fibres repérées contre fibre repérée, ce qui garantit la continuité de cette dernière.

. le repérage de neuf autres fibres de chaque jonc se fait par la définition d'un sens de rotation identique tout au long du câble et fixée par l'orientation de l'artère.

Nota : Ce câble est utilisé pour les jonctions Urbaines et DTRN.



Caractéristiques Mécaniques

Nombre de fibres	Diamètres sur gaine (mm) * Maximum	Poids kg/km	Effort de Tirage * (daN)			Résistance à l'écrasement	Rayon de courbure mm		Plage Thermique
			T1	T2	T3		Statique	Dynamique	
10	11	120	25	50	80	25 daN/cm impliquant $\Delta \alpha \cong 0,1$ dB réversible $\Delta \lambda = 850$ nm	150	150	-10° à 40° C $\Delta \alpha \cong 0,3$ dB/km réversible
20	18	210	40	80	140		200	200	
30	18	230	40	80	150		200	200	-30° à 60° C $\Delta \alpha \cong 0,5$ dB/km réversible $\lambda = 850$ nm
50	20	320	75	150	270		230	250	
70	21	450	100	200	300		230	250	
90	27	500	125	250	350		230	250	
120	30	720	150	300	400		300	300	
150	30	720	175	350	450		300	à 300	
210	33	900	200	400	500		300	300	

T1 = Charge provoquant une augmentation d'affaiblissement $\leq 0,5$ dB/km

T2 = Charge provoquant une augmentation d'affaiblissement ≤ 1 dB/km

T3 = Charge provoquant une augmentation d'affaiblissement ≤ 2 dB/km (réversible)

$\Delta \alpha = 0,3$ dB/km

$\Delta \alpha = 0,5$ dB/km

$\lambda = 850$ nm

OBJECTIF 13

Objectif intermédiaire 13 - 5

Citer les composants et la connectique RLV

Les composants utilisés dans les liaisons optiques des Réseaux de télécommunications sont de 2 types :

- composants actifs (nécessitant une alimentation)
 - . émetteurs optiques
 - . récepteurs optiques
 - . coupleurs actifs.
- composants passifs :
 - . coupleurs optiques - multiplexeurs optiques en longueurs d'onde

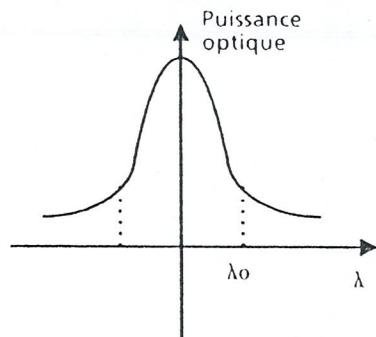
I- ES EMETTEURS OPTIQUES ET LES RECEPTEURS OPTIQUES

I - 1 - les Emetteurs optiques

Les émetteurs optiques utilisés sont des semi-conducteurs qui sous l'effet d'un courant électrique de polarisation émettent de la lumière. La longueur d'onde de la lumière émise dépend du matériau utilisé dans la fabrication du semi-conducteur. Actuellement les émetteurs optiques fabriqués permettent l'émission des longueurs d'onde $\lambda = 0,85 \mu\text{m}$ ou $\lambda = 1,3 \mu\text{m}$.

Les principales caractéristiques d'un émetteur optique sont :

- la longueur d'onde émise
- la puissance optique émise en fonction du courant de polarisation.
- la directivité du faisceau émis.
- le spectre en longueur d'onde



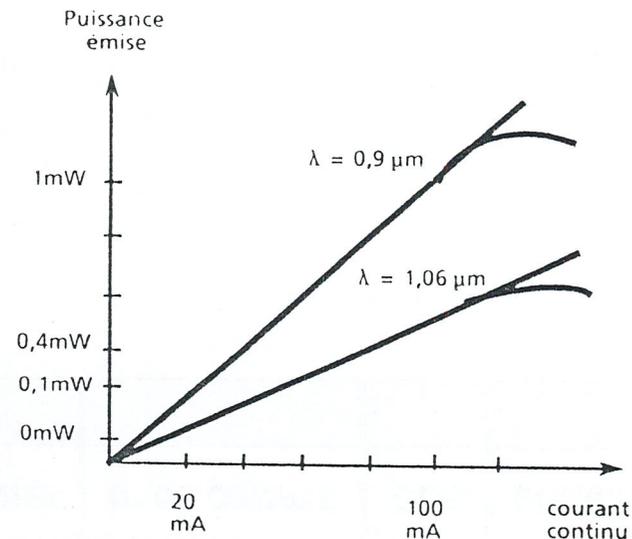
$\lambda_0 =$ Longueur d'onde nominale

- Le spectre en longueurs d'onde nous indique la bande de longueurs d'onde émise autour de la longueur nominale. Une bonne source de lumière a un spectre très étroit, l'émission de lumière a alors une bonne monochromaticité.
- la bande passante.

Il existe deux familles d'émetteurs optiques

* les diodes électroluminescentes DEL

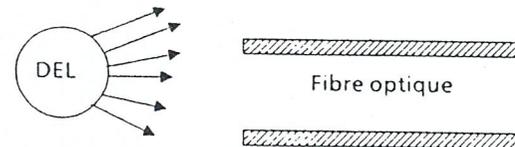
- longueur d'onde émise : selon le cas $0,85 \mu\text{m}$ ou $1,3 \mu\text{m}$.
- Puissance optique émise en fonction du courant de polarisation :



Caractéristiques d'émission d'une D.E.L.

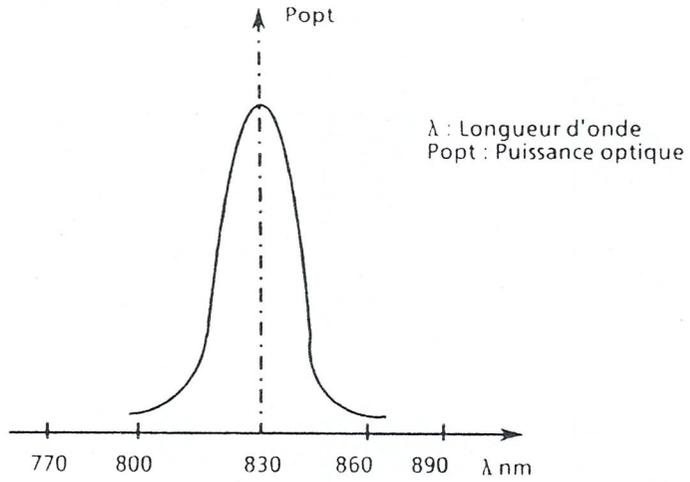
- directivité du faisceau émis :

Très mauvaise directivité



Ceci entraîne des pertes de lumière à l'injection dans la fibre optique.

- spectre en longueurs d'onde.

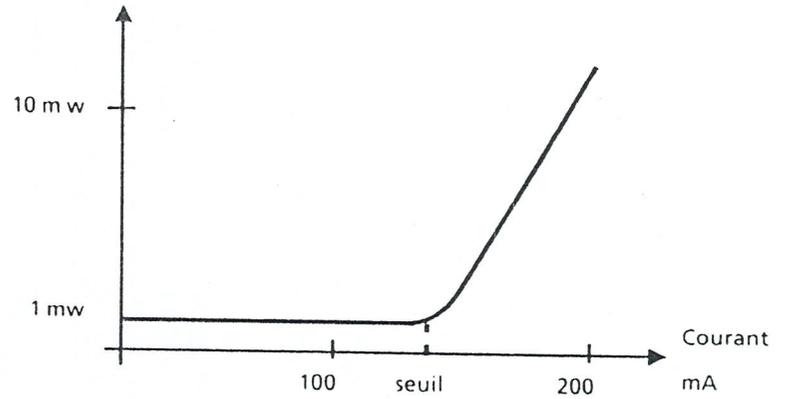


Spectre d'une diode électroluminescente

- Bande passante : 200 MHz

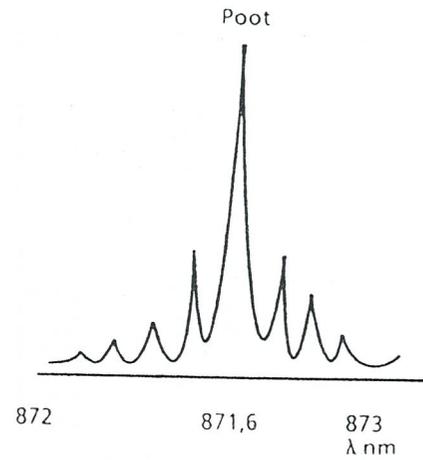
* Les diodes LASER : DL

- longueur d'onde émise : 0,85 μ m ou 1,3 μ m.
- Puissance optique émise en fonction du courant de polarisation.
Puissance émise



Caractéristique puissance / courant du laser

- directivité du faisceau émis.
 - très bonne directivité.
 - perte à l'injection réduite.
- Spectre en longueur d'onde



Spectre d'une diode laser

I - 2 - Récepteurs optiques

Ce sont des composants qui fournissent au circuit extérieur un courant électrique proportionnel à la puissance du signal optique incident (conversion des photons en électrons).

Deux types de matériaux semi-conducteurs assurent cette conversion :

- . le Silicium pour la détection à 850 nm
- . le Germanium pour la détection à 1300 nm

La caractéristique essentielle de ces détecteurs est leur SENSIBILITE qui est par définition le courant fourni pour une puissance OPTIQUE incidente de 1 Watt.

Deux types de détecteurs sont actuellement développés :

- Les Photodiodes PIN qui ont une sensibilité de l'ordre de 0,6 A/W.
- Les Photodiodes à AVALANCHES qui ont un gain interne se traduisant, pour une même puissance optique incidente, par un courant plus important que dans le cas d'une photodiode PIN (sensibilité de l'ordre de 80 A/W. Elles permettent donc de détecter des puissances optiques très faibles.

Inconvénient : les Photodiodes à AVALANCHE nécessitent des tensions d'alimentation élevées (300 V).

Photodiode PIN

- Technologie simple
- Faible coût
- Rapides

Diode à avalanche P II PN

- Technologie plus évoluée
- Gain interne (100 à 200 fois)
- Rapides
- Coût plus élevé
- Tension d'alimentation élevée (300 V).

I - 3 - Caractéristiques des Emetteurs et Récepteurs optiques utilisés dans les RLV 1G en distribution

Il est fondamental, pour des raisons de coût, de facilité de mise en oeuvre et de fiabilité, de pouvoir utiliser des diodes électroluminescentes et des récepteurs à diodes PIN dans les réseaux de vidéocommunication. Ceci est rendu possible par les faibles bandes passantes à transmettre (50 MHz) et les faibles distances à parcourir (de l'ordre de 1 Km), malgré l'adjonction de coupleurs optiques et éventuellement de multiplexeurs-démultiplexeurs de longueurs d'onde.

Dans le cas où l'utilisation des composants DEL et PIN conduit à un bilan de liaison trop serré, il reste toujours la possibilité d'améliorer l'injection dans la fibre en augmentant son diamètre de coeur et son ouverture numérique : c'est le cas de la solution ALCATEL - CABLES DE LYON.

* Cas de la solution VELEC.CGCT :

Deux types de diodes électroluminescentes ont été retenus :

- une DEL 10 mW. 15 MHz destinée :
 - . aux liaisons montantes (télécommande de l'utilisateur)
 - . aux liaisons descendantes de toutes longueurs sans MUX-DEMUX avec 1 programme TV.
- une DEL 20 mW. 50 MHz destinée
 - . aux liaisons descendantes de toutes longueurs avec MUX-DEMUX et 1 programme TV.
 - . aux liaisons descendantes avec 2 programmes TV.

Dans les deux cas, le niveau d'harmonique 2 par rapport au fondamental est compris entre -30 et 635 dB.

* Cas de la solution ALCATEL - Câbles de Lyon :

Les DEL et PIN ont été spécifiées comme suit:

Emetteur DEL	850 nm	1300 nm
· Puissance émise (mesurée après 100 m de fibre 85/125)	> 100 μ W	> 35 μ W
· Bande passante à 1 dB électrique	40 MHz	40 MHz
· Linéarité à 10 MHz = 0,8	H 2: -30 dB H 3: -44 dB	H 2: -20 dB H 3: -35 dB
· Largeur à mi-hauteur	60 nm	170 nm

SOLUTION ALCATEL SPECIFICATION DES EMETTEURS DEL

Récepteur PIN	850 nm		1300 nm	
	usager	centre	usager	centre
· Sensibilité	> 0,55 A/W	> 0,5 A/W	> 0,6 A/W	> 0,6 A/W
· Capacité à - 12 V	< 3 pF	< 15pF	< 3 pF	< 15pF
· Bande passante à - 0,5 dB	40 MHz	5 MHz	40 MHz	5 MHz

SOLUTION ALCATEL : SPECIFICATION DES RECEPTEURS PIN

I - 4 - Caractéristiques des émetteurs et récepteurs optiques utilisés en transport SAT 0G

Emetteur optique

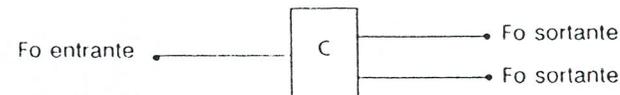
- LASER à 0,85 μ m.
- Plage de longueur d'onde émise : 0,83 à 0,87 μ m
- Puissance émise : - 1 dB.

Récepteur optique :

- diode PIN.
- sensibilité : 0,7 pour une plage de puissance optique reçue comprise entre - 14 dBm et - 30 dBm.

II - LES COUPLEURS OPTIQUES.

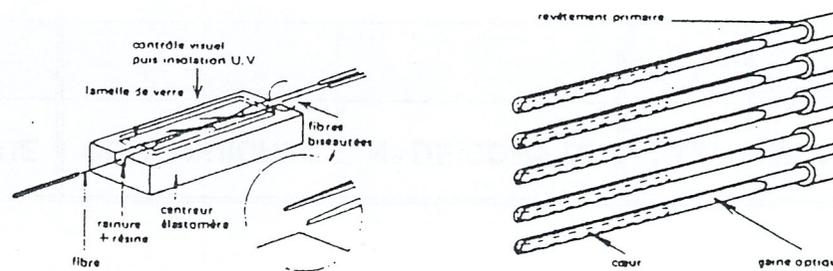
II - 1 - Usage des coupleurs optiques dans les RLV :



- le coupleur optique élémentaire est le coupleur 1 entrée, 2 sorties.

II - 2 - Fabrication de coupleurs élémentaires en "Y", à 1 + 2 accès

- Des fibres biseautées sont obtenues par polissage.
- L'angle de polissage est très faible et l'extrémité de chaque fibre est réduite de moitié.
- L'alignement de deux fibres biseautées et d'une troisième, fracturée en extrémité, est obtenu dans la rainure déformable d'un centreur en élastomère.



Ces trois fibres sont solidarisées par polymérisation aux Ultra-Violettes d'une résine, à travers la lamelle de verre.

La résine n'adhérant pas au matériau élastomère du centreur, l'ensemble lamelle de verre et fibres est aisément démoulé.

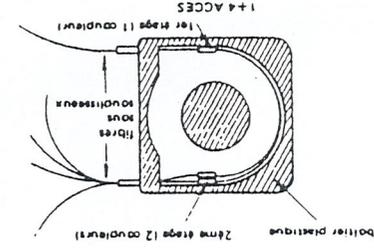
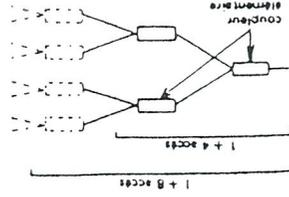
Cet ensemble constitue le coupleur élémentaire.

II - 3 - Conception des coupleurs multi-accès.

Le coupleur/dérivateur à 1 + 4 accès est obtenu par réalisation successive de 3 coupleurs élémentaires en 2 étages.

Le coupleur/dérivateur à 1 + 8 accès est obtenu par réalisation successive de 7 coupleurs élémentaires en 3 étages.

Dans les deux derniers cas, la "grappe" obtenue est protégée dans un boîtier plastique qui permet à la fibre de prendre un rayon de courbure garantissant à l'ensemble une grande fiabilité.



II - 4 - Types de coupleurs utilisés dans les RLV et caractéristiques de transmission

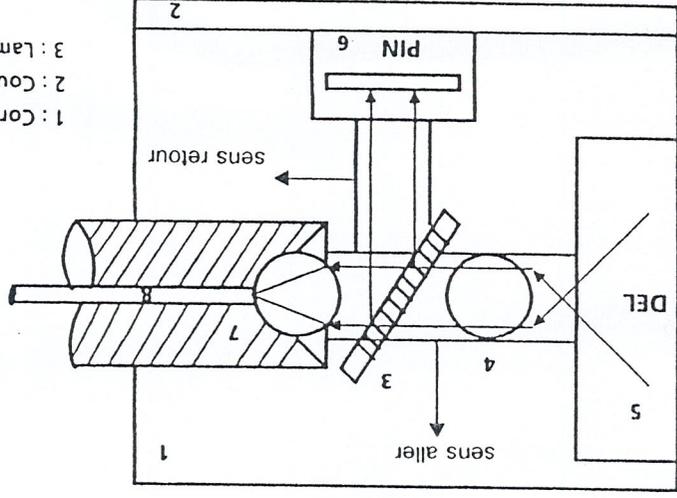
II - 4 - 1 - en transport SAT 0G
- Les atténuations des coupleurs optiques équipés de demi connecteurs sont les suivantes :

atténuation	caractéristique
1 ← 2	symétrique
1 ← 2	dissymétrique
1 ← 3	7 dB max
1 ← 4	9 dB max
1 ← 6	11,5 dB max
1 ← 8	12 dB max

II - 4 - 2 - Cas du transport optique VELEC/CGCT 1G

Ce coupleur actif réalise la séparation des sens aller et retour qui circulent dans la même fibre optique. On utilise pour cela une lame séparatrice (3) qui aiguille l'onde reçue sur la diode PIN tandis que sur l'autre face de la lame l'onde émise est transmise.

- 8 : Ligne
- optique intégrée
- 7 : Connecteur SMA avec
- 6 : Pin type 523P
- 5 : DEL type IA 148
- 4 : Optique
- R : 14%
- T : 86%



Coupleur Actif DEUTSCH CENTRE

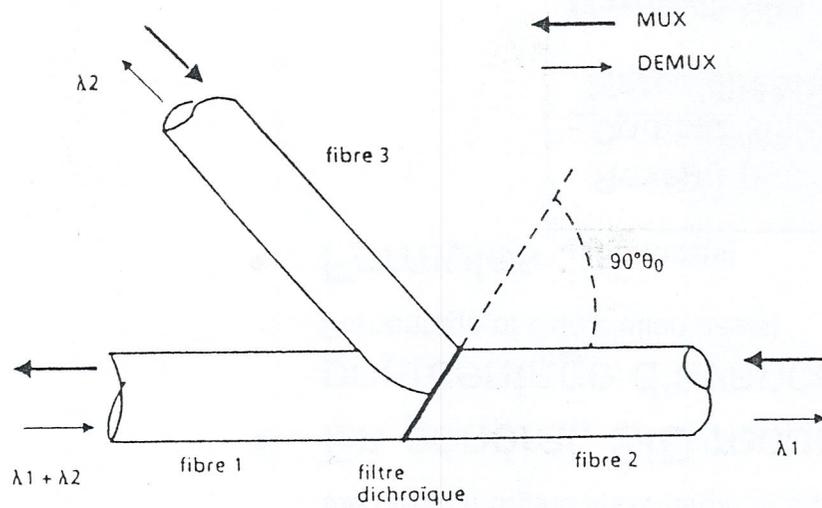
Plusieurs constructeurs ont été sollicités pour répondre à la demande :

- SOCAPEX avec deux solutions utilisant soit une diode (DEL) focalisante, soit une diode (DEL) divergente. Mais ces systèmes ont une diaphonie importante. La technique utilisée est la lame séparatrice transparente à 90% réfléchissante à 10%.
- RADIAL VERNÉUIL, utilisant une DEL et une PIN couplées sur deux barreaux usines et connectés sur la fibre principale.
- Solution utilisant : soit une DEL focalisante, l'ensemble étant monté sur 3 blocs de positionnement (rotation + AXIAL) : soit une DEL focalisante et une PIN désaxée avec les mêmes blocs de fonctionnement.
- DEUTSCH, qui est le fabricant retenu avec le schéma ci-après.

IV - LES MULTIPLEXEURS OPTIQUES :

Ce sont des composants optiques passifs qui permettent dans un sens de faire passer sur une même fibre deux informations (ou même plus) lumineuses de longueurs d'onde différentes issues de 2 fibres différentes, en fait :

- on réalise le couplage de 2 fibres optiques
- le multiplexage lui-même se fait en plaçant un filtre sur le plan de coupe de la fibre.
 - . ce filtre est passant pour la longueur d'onde de $0,85 \mu\text{m}$ et réfléchissant pour $\lambda = 1,3 \mu\text{m}$



OBJECTIF 14

Décrire les caractéristiques d'un support coaxial d'un R L V

On caractérise un multiplexeur optique par :

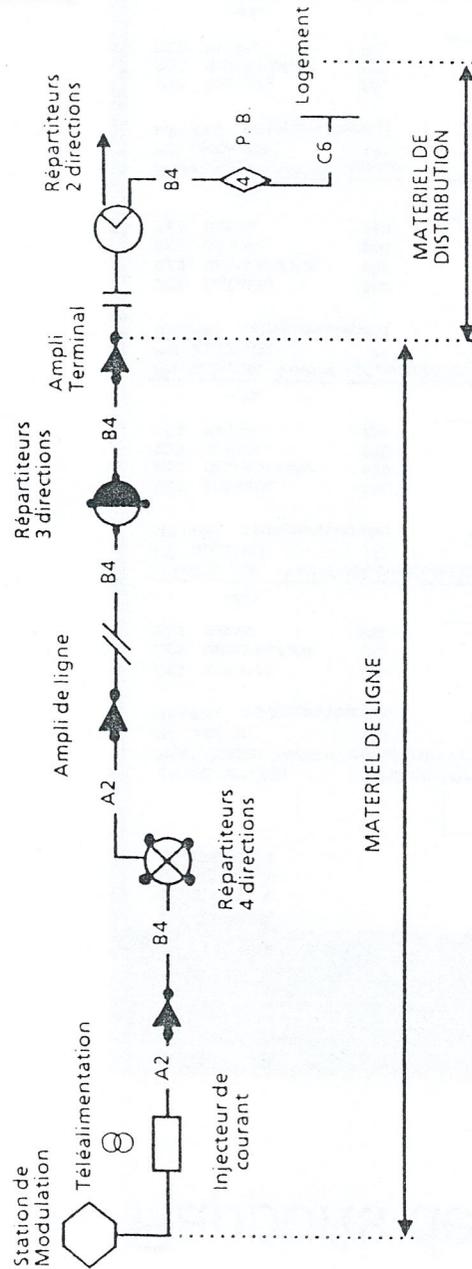
- pertes insertion 1 à 1,5 dB
- diaphotie 35 à 40 dB (liaison interactive)

Exemple :

Le prototype de la société SAT donnait les résultats suivants : (fibres optiques 50/125)

- Pertes insertion:
 - $0,85 \mu\text{m}$: 1,2 dB
 - $1,3 \mu\text{m}$: 1,8 dB
- Diaphotie : 30 dB

I . SYNOPTIQUE D'UNE LIGNE DE DISTRIBUTION OG



I - 1 - Distribution de ligne

Entre la sortie de la baie de modulation et la sortie de l'amplificateur terminal, le cablage du secteur est réalisé avec du matériel de ligne.

- Injection de courant.
- Amplificateur de ligne.
- Répartiteurs ou dérivateurs de ligne.
- Câbles A1, A2, B4.
- Connecteurs pour câbles coaxiaux 3,5.12.

I - 2 - Distribution terminale

La partie de l'arbre terminal débute à la sortie de l'amplificateur terminal et se prolonge jusqu'à la prise "usager" (TV.FM), elle est réalisée avec du matériel dit de "distribution" :

- répartiteurs de distribution
- dérivateurs de distribution pour le branchement des usagers (Installés dans des coffrets appelés P.B).
- Câble B4 - C6
- Connecteurs type E

Remarque :

Au delà de l'amplificateur terminal le courant de téléalimentation doit être bloqué.

II - MATERIELS UTILISES

II - 1 - Les câbles

Généralités

Les câbles coaxiaux utilisés dans le réseau de vidéocommunications 0G se distinguent par :

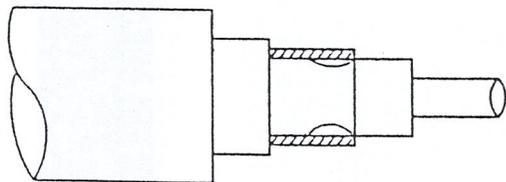
- une impédance caractéristique nominale de 75 ohms,
- un domaine d'utilisation en fréquences compris entre 5 et 862 MHz,
- la transmission d'une puissance totale n'excédant pas quelques dizaines de mW,
- la faculté de téléalimenter les organes actifs qui y sont raccordés,
- différentes possibilités de pose : aérien sur poteau ou sur façades , souterrain en conduite.

En outre ces câbles ne comportent qu'une seule paire coaxiale. Si la gaine de protection est en polychlorure de vinyle (PCV), leur pose est faite à l'intérieur.

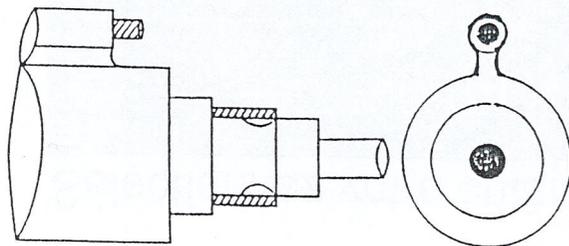
Les câbles dits ignifugés ou N.P.I., sont utilisés pour la distribution en immeubles.

Description des câbles utilisés en distribution 0G

Câbles à poser en conduite façade ou immeuble



Câble autoporté à poser en aérien



II - 2 - Le matériel de ligne

Equipements actifs (Amplificateurs, Téléalimentation, Injecteurs)

- Généralités

- L'amplificateur compense les pertes de ligne coaxiale qui le précède. Le fonctionnement de celui-ci nécessite une alimentation en énergie.
- L'alimentation en énergie des amplificateurs s'effectue par le câble coaxial en courant alternatif (50 v max) par l'intermédiaire d'injecteurs de courant.
- La téléalimentation est raccordée au secteur EDF 220 V.

L'amplificateur :

Différents types :

- Bandes séparées
- Large bande

Son rôle :

- Règle et amplifie les signaux HF
- Egalise le niveau des fréquences VHF/UHF
- Coupe le passage du courant d'alimentation en aval de celui-ci si besoin est.

Sa protection :

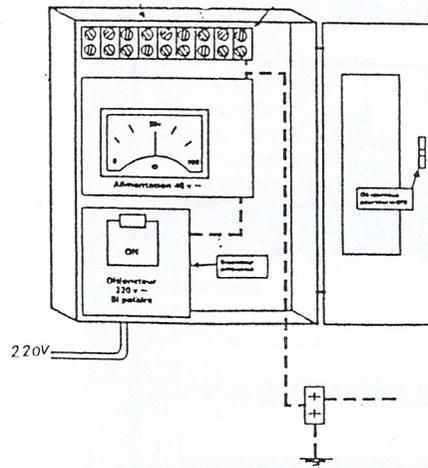
- La protection des amplificateurs s'effectue de la façon suivante : un ampli sur trois , l'ampli terminal ainsi que les connecteurs des amplis coaxiaux sont interconnectés et reliés à une prise de terre dont la résistance est normalement inférieure à 20 ohms.

La Téléalimentation

- La téléalimentation du réseau s'effectue par le câble coaxial en courant alternatif (50 v max.).

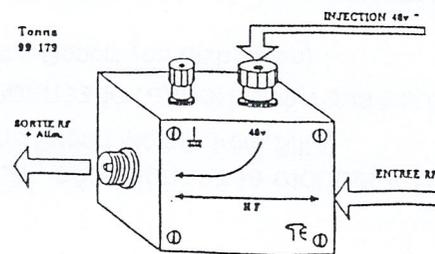
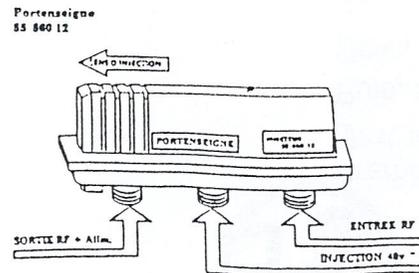
Elle permet l'alimentation en énergie des amplificateurs placés sur le réseau, à partir du secteur EDF 220 V. On peut alimenter plusieurs câbles en même temps.

Coffret de téléalimentation



Les injecteurs de courant

Placés sur les câbles ils permettent d'injecter le courant nécessaire aux amplis en aval, entre le conducteur central et le conducteur extérieur.

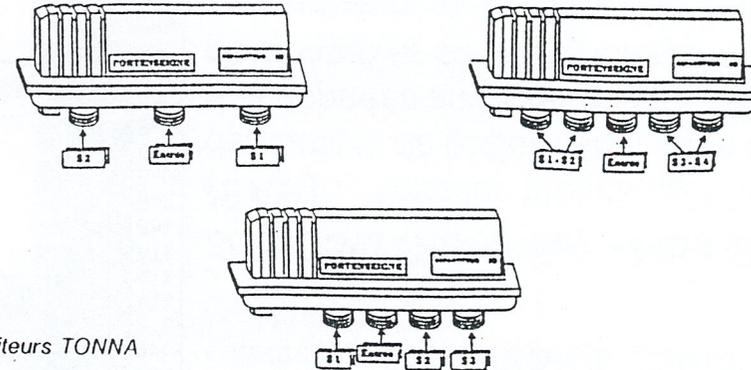


Equipements passifs ((Répartiteurs, Dérivateurs)

Généralités

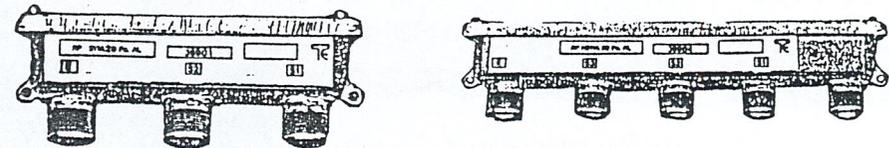
- Les répartiteurs et dérivateurs sont des organes passifs insérés dans une ligne qui répartissent la puissance disponible à l'entrée entre "n" sorties.
- Les connecteurs utilisés sont du type 3,5/12

Répartiteurs PORTENSEIGNE



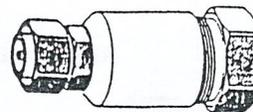
Répartiteurs TONNA

Répartiteurs TONNA

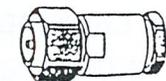


Connecteur type 3,5/12

Pour câbles type A2



Pour câbles type B4



II - 3 Matériel de distribution

Equipements passifs

(Répartiteurs, dérivateurs, points de branchements)

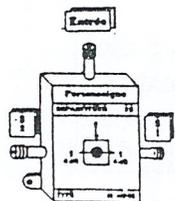
Généralités

- Les répartiteurs distribuent la puissance sur plusieurs lignes de raccordement collectif.
- Les dérivateurs placés sur ces lignes de raccordement collectif permettent le branchement du câble d'utilisateur.

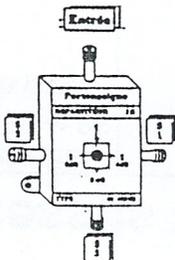
Les connecteurs utilisés sont du type E.

Répartiteurs PORTENSEIGNE

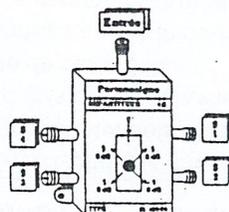
2 sorties



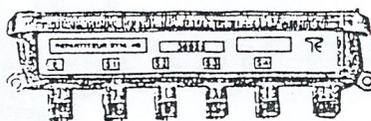
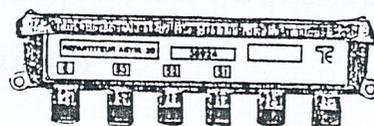
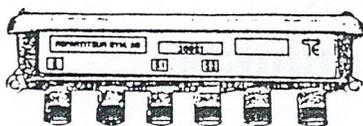
3 sorties



4 sorties

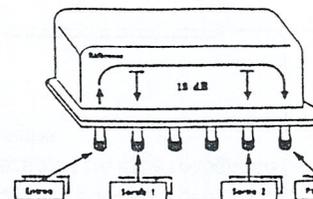


Répartiteurs TONNA

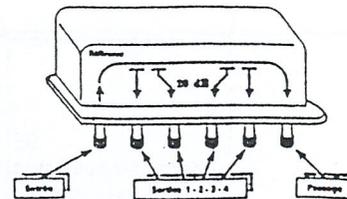


Dérivateurs "PORTENSEIGNE"

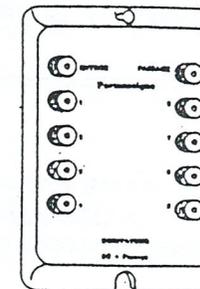
2 sorties



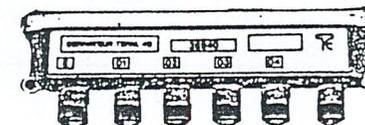
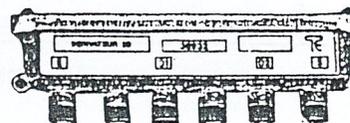
4 sorties



8 sorties



Dérivateurs TONNA

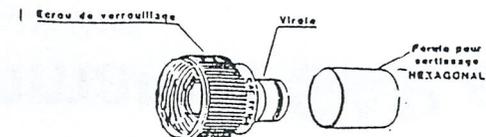


Les points de branchements

Les usagers sont raccordés sur des dérivateurs posés:

- soit en Immeubles en gaine technique ou cage d'escalier
- Soit en extérieur sur façade, appuis ou bornes. Pour assurer leur protection, on les place dans des coffrets fermant à clef.

Les connecteurs type E

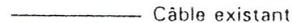
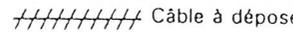


III - LES SCHEMAS D'ASSOCIATION DES CABLES COAXIAUX

III - 1 - Câbles et équipements divers

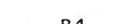
Comme pour les réseaux téléphoniques, la représentation symbolique des câbles est différente suivant qu'il s'agit d'un réseau existant, projeté ou à supprimer

- câbles

-  Câble existant
-  Câble projeté
-  Câble à déposer

- équipements

Dans le cas de réseaux projetés les symboles des équipements sont dessinés sur les mêmes principes que ceux utilisés pour les réseaux téléphoniques (hachures, pointillés)

-  Câble A 1
-  Câble A 2
-  Câble B 4
-  Câble C 5
-  Câble C 6
-  Câble posé en aérien sur appui PTT
-  Câble posé en façade
-  Câble posé en aérien sur appui EDF
-  Point d'entrée du câblage
-  Prolongement horizontal du câblage
-  Prolongement vertical du câblage
-  Arrêt du câblage sur charge 75 Ω
-  Raccord coaxial
-  Station de modulation
-  Téléalimentation
-  sens de passage du courant
-  dispositif d'injection de l'alimentation
-  Blocage de l'alimentation

La nature du câble est portée en clair en 1/10è de mm par interruption régulière du tracé, sans surcharge du schéma

III - 2 - Amplificateurs

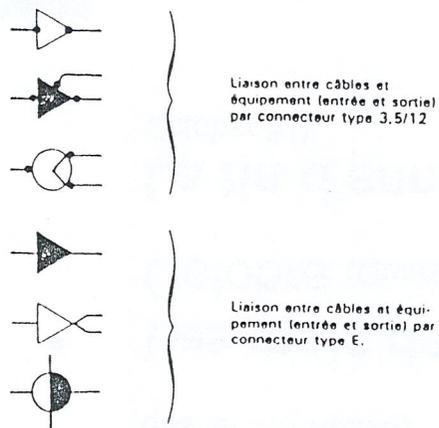
-  VHF + UHF avec voie de retour
-  VHF sans voie de retour
-  VHF + UHF réglé
-  VHF avec voie de retour
-  VHF + UHF avec deux sorties symétriques
-  VHF réglé
-  VHF + UHF avec deux sorties dissymétriques. La sortie à haut niveau est celle située dans le prolongement de l'entrée.
-  VHF avec deux sorties symétriques
-  VHF avec deux sorties dissymétriques. La sortie à haut niveau est celle située dans le prolongement de l'entrée.

Nota : Si l'amplificateur est à bande continue (120 MHz - 860 MHz) porter à côté du symbole la mention B.C.

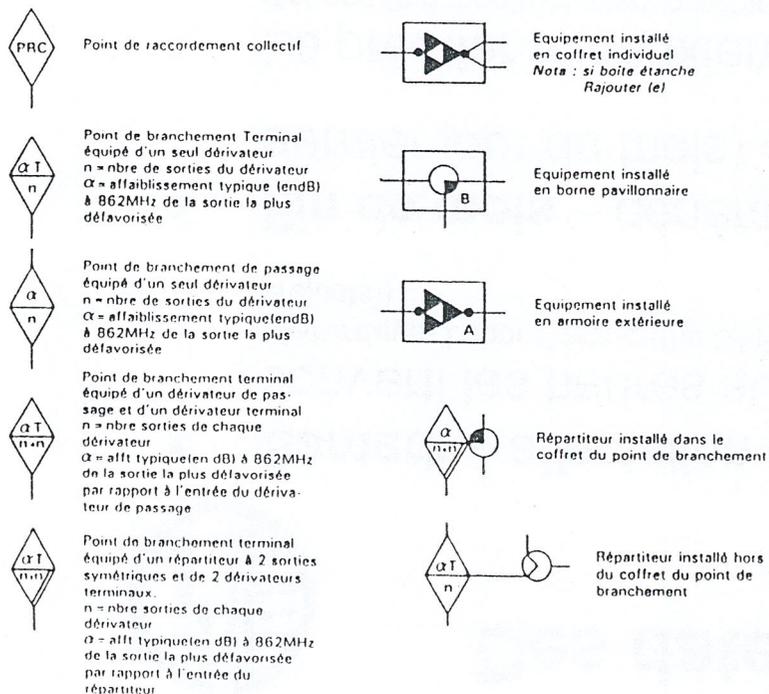
III - 3 - Répartiteurs, dérivateurs

-  Répartiteurs à deux sorties symétriques
-  Répartiteur à deux sorties dissymétriques. La sortie à haut niveau est celle située dans le prolongement de l'entrée. Le caractère n (chiffre ou lettre) indique le modèle si nécessaire.
-  Répartiteur à trois sorties dissymétriques. La sortie à haut niveau est celle située dans le prolongement de l'entrée.
-  Répartiteur à quatre sorties symétriques.

III - 4 - Raccordements et installations

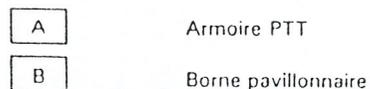


III - 5 - Points de branchement et de raccordement



III - 6 - Contenants

Tant sur les plans itinéraires que sur les plans de détail, deux symboles à dimensionnement variable sont utilisés pour représenter les contenants :



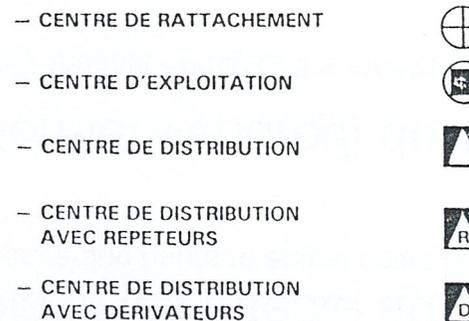
Nota : Dans les cas d'utilisation d'armoire intérieure d'immeuble, le symbole A est également préconisé

IV - LES PLANS ITINERAIRES , CARTES ELEMENTAIRES ET DESSERTES TERMINALES

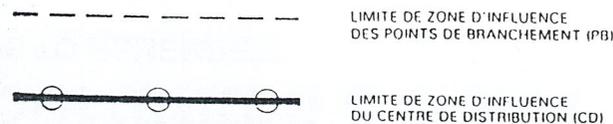
L'ensemble des symboles spécifiques aux artères ou aux appuis concernant les réseaux téléphoniques sont utilisables dans le cadre des réseaux de vidéocommunications à l'exception de ceux utilisés pour les lignes de branchement (5/1, 5/9, 5/10).

Des règles particulières sont à prendre en compte pour la représentation des besoins en génie civil lors de l'établissement des avants-projets correspondants.

IV - 1 - Centre de vidéocommunications



IV - 2 - Limites



OBJECTIF 15

Objectif intermédiaire 15 - 1

Enumérer les contraintes de transmissions

I - CONTRAINTES LIEES AU SUPPORT COAXIAL

- le bruit thermique
- la distorsion d'intermodulation.

II - CONTRAINTES LIEES AU SUPPORT FIBRE OPTIQUE

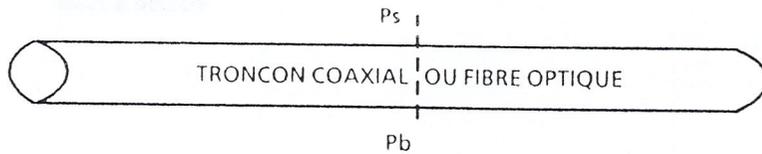
- Le bruit engendré par les émetteurs et les récepteurs optiques.

OBJECTIF 15

Objectif intermédiaire 15 - 2

Exposer la notion de rapport "signal à bruit".

I - DEFINITION



Soit P_s la puissance utile du signal à transmettre en un point donné du tronçon (coaxial ou fibre), soit P_b la puissance de bruit en ce point, le rapport "signal à bruit" au point considéré est défini par :

$$S/B = 10 \log \frac{P_s}{P_b}$$

Ce rapport est exprimé en dB.

II - NATURE ET ORIGINE DU BRUIT SUR UN SUPPORT COAXIAL

Le bruit engendré sur un support coaxial est un bruit thermique :

il est dû à l'agitation électronique au sein d'un conducteur et il dépend de la température de ce conducteur.

$$B_{th} = KTB$$

B_{th} : puissance de bruit thermique

T : température en degré Kelvin du conducteur.

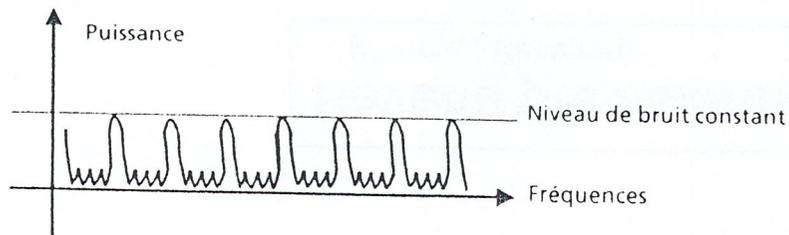
K : constante de Boltzman.

B : bande de fréquences du signal utile.

ici B_{th} est exprimé en W/Hz .

Propriété remarquable du bruit thermique :

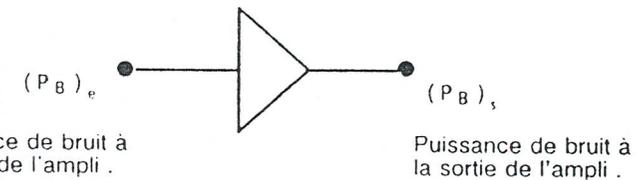
C'est un signal aléatoire qui a le même niveau d'énergie à n'importe quelle fréquence, son spectre est donc uniforme. Ce type de bruit est appelé bruit blanc.



Ce bruit est principalement engendré par les amplificateurs du réseau coaxial. On négligera le bruit engendré par le câble lui-même qui est infime.

III - BRUIT PROPRE ENGENDRE PAR UN AMPLIFICATEUR - NOTION DE FACTEUR DE BRUIT

soit un amplificateur :



Si l'ampli. n'apportait aucun bruit on aurait :

$$(P_B)_s = g \cdot (P_B)_e$$

g = gain en puissance de l'ampli.

En fait l'ampli. génère un bruit qui lui est propre :

$$(P_B)_s = g (P_B)_e + \text{Puissance de bruit propre à l'ampli.}$$

$$(P_B)_s = f.g (P_B)_e$$

f est le facteur de bruit de l'ampli. Dans les fiches techniques du constructeur, on exprime sa valeur F en dB.

$$F = 10 \log f$$

Expression du rapport "signal à bruit" en sortie d'un ampli :

$$S/B = N_s - (F + G + B_{th}).$$

N_s : niveau en tension de sortie de l'ampli exprimé en $dB \mu v$.

F : Facteur de bruit de l'ampli en dB

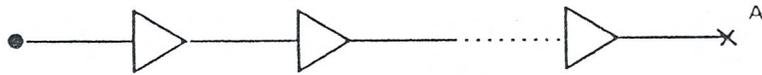
G : gain de l'ampli en dB.

B_{th} niveau de bruit thermique

sous 75 ohms, $B_{th} = 2,4 \text{ dB } \mu v$.

IV - RAPPORT "SIGNAL BRUIT " D'UNE CASCADE D'AMPLIFICATEURS

Soit "n" amplificateurs en cascade



au point A :

$$S/B = N_s - (F + G + B_{th}) - 10 \log n$$

on considère que les amplis travaillent au même niveau de sortie.

OBJECTIF 15

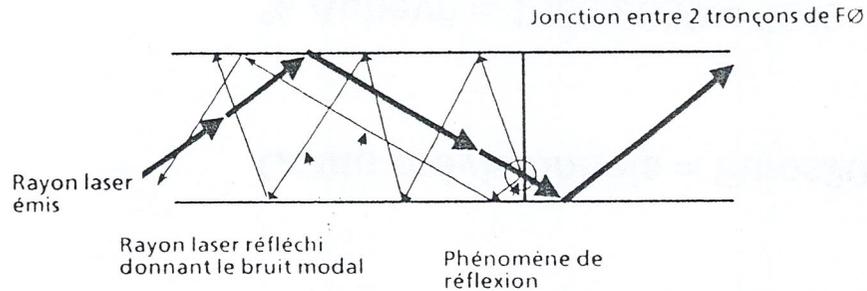
Objectif intermédiaire 15 - 3

Décrire les bruits engendrés par une liaison optique

I - ORIGINE ET NATURE DES BRUITS

- Le bruit "quantique" engendré dans une liaison optique est dû à l'agitation des photons dans les émetteurs et les récepteurs.

- dans une liaison optique se produit un phénomène de bruit "modal" qui est provoqué par chaque point d'épissurage ou de coupure de la fibre optique. En ces points, se produisent des phénomènes de réflexions parasites qui viennent se superposer au signal utile.



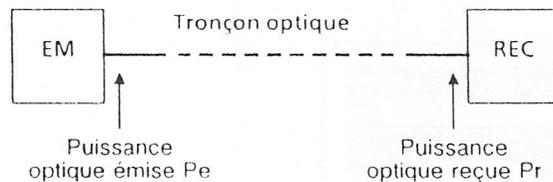
II - METHODE DE CALCUL DU RAPPORT " SIGNAL A BRUIT "

Le rapport "signal à bruit" fait l'objet de calculs uniquement dans les liaisons de transport optique des RLV :

- transport optique SAT (0G)
- transport optique VELEC-CGCT (1G)

Cas du transport optique SAT (0G)

Le rapport "S/B" du tronçon est déterminé à partir de la courbe ou du tableau donné dans les CCPT et en fonction de la puissance optique reçue à l'extrémité du tronçon.



On calcule :

- l'affaiblissement du tronçon (A)
- la puissance Pr :

$$Pr = Pe + A$$

- à partir de Pr on déduit le S/B du tronçon

TABLEAU DE CORRESPONDANCE

Valeur du rapport signal à bruit en fonction des niveaux de puissance reçue.

NIVEAU	S/B	NIVEAU	S/B
-14,00	63,80	-23,50	62,80
-14,25	63,79	-23,75	62,70
-14,50	63,78	-24,00	62,60
-14,75	63,77	-24,25	62,50
-15,00	63,76	-24,50	62,40
-15,25	63,75	-24,75	62,30
-15,50	63,74	-25,00	62,20
-15,75	63,73	-25,25	62,10
-16,00	63,71	-25,50	62,00
-16,25	63,70	-25,75	61,90
-16,50	63,69	-26,00	61,80
-16,75	63,68	-26,25	61,70
-17,00	63,67	-26,50	61,50
-17,25	63,66	-26,75	61,30
-17,50	63,65	-27,00	61,10
-17,75	63,64	-27,25	60,90
-18,00	63,62	-27,50	60,70
-18,25	63,60	-27,75	60,50
-18,50	63,58	-28,00	60,20
-18,75	63,56	-28,25	59,90
-19,00	63,53	-28,50	59,60
-19,25	63,50	-28,75	59,30
-19,50	63,48	-29,00	59,00
-19,75	63,46	-29,25	58,70
-20,00	63,44	-29,50	58,40
-20,25	63,42	-29,75	58,10
-20,50	63,40	-30,00	57,70
-20,75	63,38	-30,25	57,40
-21,00	63,36	-30,50	57,00
-21,25	63,33	-30,75	56,70
-21,50	63,30	-31,00	56,30
-21,75	63,25	-31,25	55,90
-22,00	63,20	-31,50	55,50
-22,25	63,15	-31,75	55,10
-22,50	63,10	-32,00	54,60
-22,75	63,05	-32,25	54,00
-23,00	63,00	-32,50	53,50
-23,25	62,90	-32,75	53,00

OBJECTIF 15

Objectif intermédiaire 15 - 4

Expliquer le phénomène de distorsion d'intermodulation.

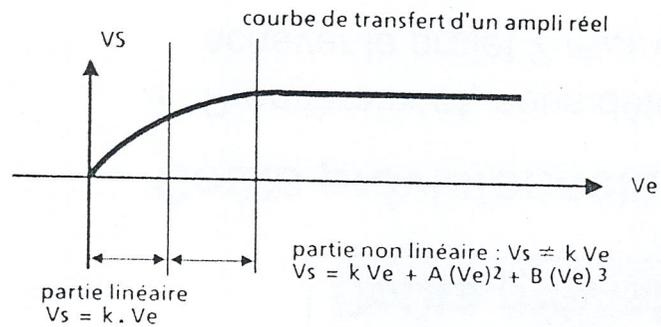
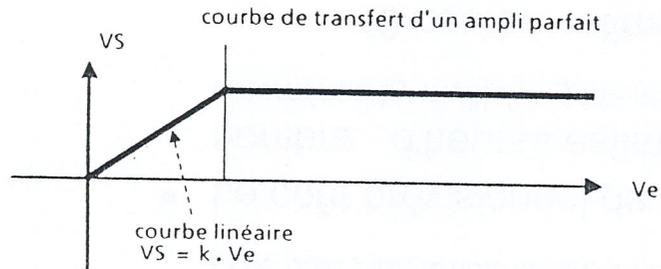
I - ORIGINE DE LA DISTORSION D'INTERMODULATION

La distorsion d'intermodulation est engendrée par les amplificateurs utilisés sur un support coaxial.

Elle est produite par la non-linéarité de leur courbe de transfert quand ces amplificateurs travaillent à des niveaux d'entrée trop élevés.

II - COURBE DE TRANSFERT D'UN AMPLIFICATEUR

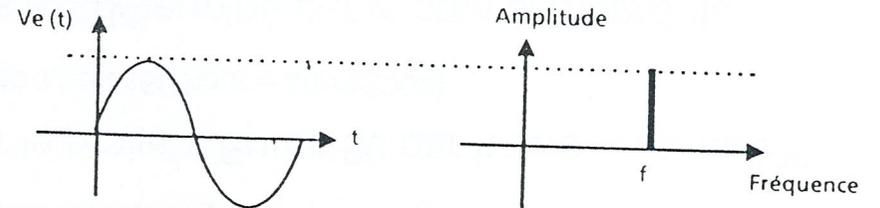
La courbe de transfert d'un ampli. représente les variations de la tension de sortie V_s en fonction de la tension d'entrée V_e .



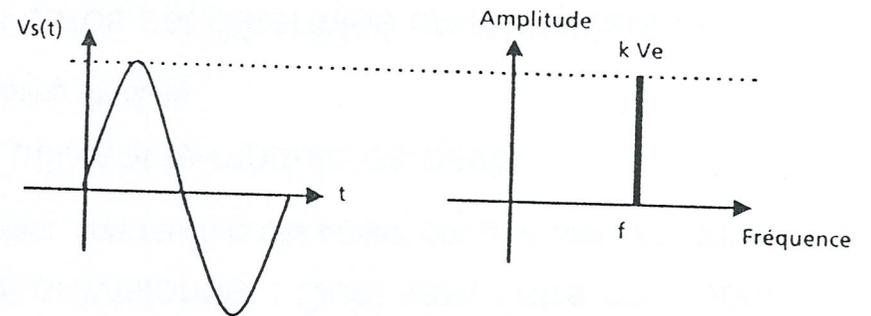
III - EFFET DE LA NON LINEARITE DE LA COURBE DE TRANSFERT D'UN AMPLI REEL

III - 1 - La distorsion harmonique.

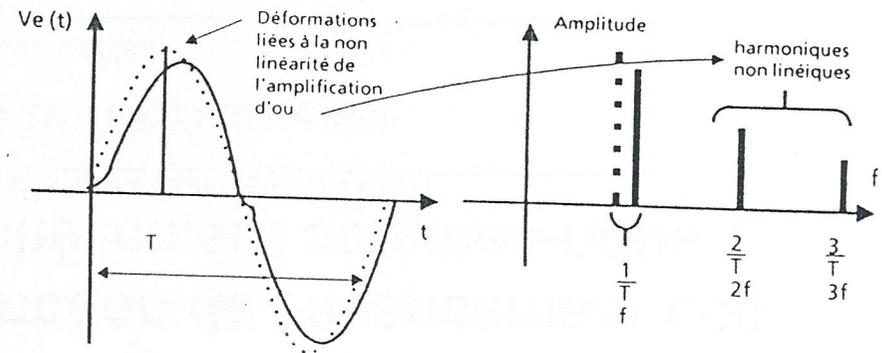
Si on envoie un signal $V_e(t)$ purement sinusoïdal de fréquence f à l'entrée de l'ampli, en sortie on récupère :



Si l'ampli. fonctionne dans sa plage linéaire $V_s(t) = kV_e(t)$, donc V_s est aussi un signal sinusoïdal et de même fréquence f que V_e . Seule son amplitude a changé et a été multipliée par k .



Si l'ampli fonctionne dans sa plage non linéaire $V_s(t) = kV_e(t)$, V_s n'est plus un signal sinusoïdal de fréquence f , il contient en plus de la fréquence f , les harmoniques $2f$, $3f$, l'ampli a généré des fréquences harmoniques étrangères au signal. c'est le phénomène de distorsion harmonique.



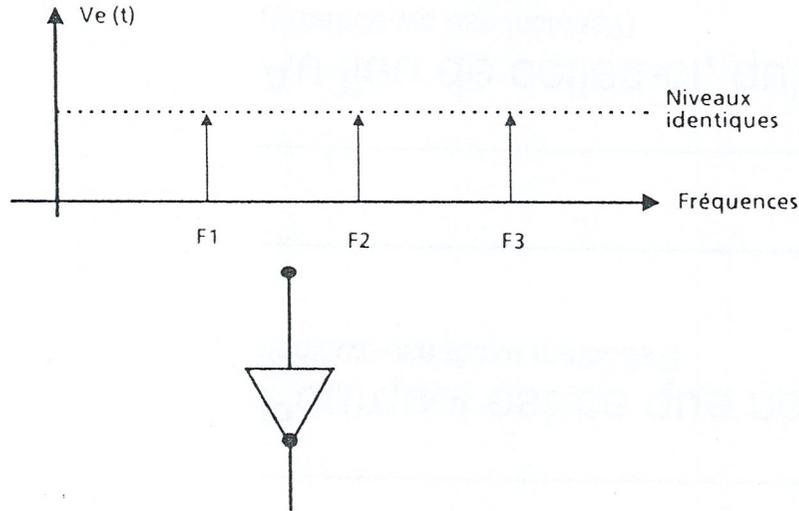
III - 2 - La distorsion d'intermodulation

En fait sur le multiplex fréquentiel utilisé :

- soit en transport coaxial (1G)
- soit en distribution coaxiale (0G)

chaque porteuse d'un canal représente un signal sinusoïdal pur (porteuse non modulée) qui va être injecté à l'entrée des différents amplis du réseau. Il y aura autant de porteuses que de canaux transmis.

Pour simplifier l'exposé, nous supposons le cas de 3 porteuses f_1 , f_2 , f_3 que l'on injecte à l'entrée de l'ampli. (les trois porteuses sont espacées du même pas).



$V_s(t)$ va être composé des fréquences suivantes :

- | | |
|-----------------------------|--|
| fréquences fondamentales : | { f_1, f_2, f_3 |
| harmoniques 2 : | { $2f_1, 2f_2, 2f_3$ |
| harmoniques 3 : | { $3f_1, 3f_2, 3f_3$ |
| intermodulation d'ordre 2 : | { $f_2 \pm f_1, f_2 \pm f_3, f_3 \pm f_1$ |
| intermodulation d'ordre 3 : | { $2f_1 + 2f_2, 2f_1 - 2f_2, 2f_2 + f_1, 2f_2 - f_1$
$2f_1 + f_3, 2f_1 - f_3, 2f_3 + f_1, 2f_3 - f_1$
$2f_2 + f_3, 2f_2 - f_3, 2f_3 + f_2, 2f_3 - f_2$ |
| battements triples : | { $f_1 \pm f_2 \pm f_3$ |

Conclusion: les porteuses se sont ajoutées ou retranchées entre elles ; elles se sont modulées entre elles. Ce phénomène est appelé phénomène d'intermodulation.

Exemples numériques :

$f_1 = 503,25$ MHz	porteuse image canal UHF	n°25
$f_2 = 511,25$ MHz	porteuse image canal UHF	n°26
$f_3 = 519,25$ MHz	porteuse image canal UHF	n°27

- les harmoniques 2 et 3 sont "hors bande" (862 MHz)
- les combinaisons d'intermodulation d'ordre 3 nous donne par exemple :
 - $2f_i + f_j =$ "hors bande" (862MHz)
 - $2f_2 - f_1 = 519,25$ MHz
cette combinaison tombe sur la fréquence de f_3 , elle va donc gêner le canal 27.
- les battements triples nous donnent par exemple :
 - $f_1 - f_2 + f_3 = 511,25$ MHz
cette combinaison tombe sur la fréquence de f_2 , elle va donc gêner le canal 26.

IV - LES TAUX D'INTERMODULATIONS

IV - 1 - Définition d'un taux d'intermodulation

Le taux d'intermodulation nous donne le rapport entre la puissance des raies parasites d'intermodulation et la puissance du signal à transmettre. Ce rapport est exprimé en dB de la façon suivante :

$$IM \alpha = 10 \log \frac{PI}{Ps}$$

PI : puissance des raies d'intermodulation

Ps : puissance du signal.

On définit de cette façon :

IM2 : taux d'intermodulation d'ordre 2

IM3 : taux d'intermodulation d'ordre 3.

Remarque :

le taux de battements triples est calculé dans le cas de 15 porteuses (cas des 15 canaux de TV). Dans ce cas il est appelé "taux de battements composite". (BC15)

OBJECTIF 16

Calculer un bilan de liaison
d'un RLV OG

I - VALEUR DES NIVEAUX A LA STATION DE MODULATION

- Dans les bâtis, sont installés les équipements destinés à constituer le multiplex fréquentiel suivi d'un ensemble de répartiteurs vers 8 départs coaxiaux.

- Sur chaque départ vient se raccorder un secteur de réseau. En ce point, le niveau du signal des porteuses "Image" du multiplex TV est de :

76 dB μ V entre 120 - 340 MHz

70 dB μ V entre 470 - 862 MHz

Sur chaque départ de secteur est placé un injecteur de courant qui assure l'alimentation des amplis.

II - COMPENSATION DES PERTES DES ELEMENTS CONSTITUANT LE RESEAU

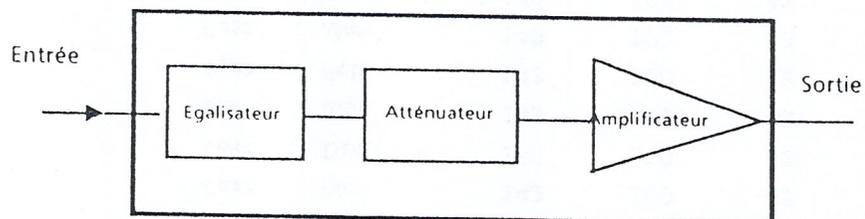
- Tous les éléments servant à construire le réseau (câbles, répartiteurs, dérivateurs, injecteurs de courant) vont créer des affaiblissements et faire chuter le niveau.

- Pour compenser ces pertes nous devons mettre en place des amplificateurs avec un gain maximum et un niveau de sortie maximum pour limiter la distorsion.

- Comme l'affaiblissement du câble est fonction de la fréquence, il faut réduire l'écart entre les niveaux aux différentes fréquences donc égaliser en ajoutant des égaliseurs.

- Pour ajuster l'affaiblissement précédent, les amplificateurs travaillent à gain constant en ajoutant des atténuateurs.

- Schéma interne d'un amplificateur :



III - PERFORMANCES EN TELEVISION

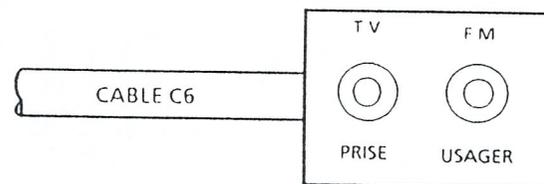
III - 1 - Niveau du signal

A la prise usager

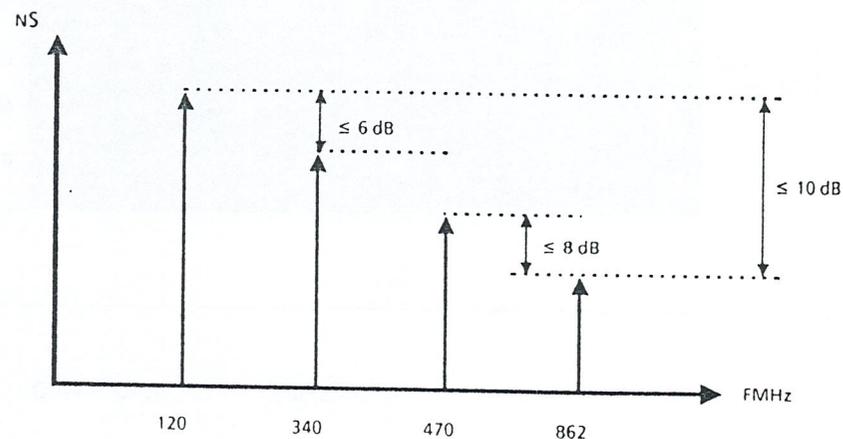
Niveau admissible dans la bande

47 - 862 MHz

60 dB μ V $\leq N \leq 74$ dB μ V



Ecart de niveau admissible entre porteuses



Rapport signal à bruit

S.B ≥ 48 dB

Distorsion d'ordre 2 ou 3 à large bande

meilleur que -52 dB

III - 2 - Qualité du signal aux arrivées du réseau (Points de raccordements collectifs : hôtels ou hôpitaux)

Niveau du signal :

- $N \geq 75 \text{ dB } \mu\text{v}$ dans la bande 47 - 340 MHz
- $N \geq 72 \text{ dB } \mu\text{v}$ dans la bande 470 - 862 MHz

Rapport signal / bruit

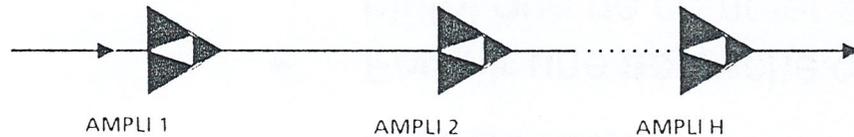
$$S/B > 49 \text{ dB}$$

Distorsion d'ordre 3

la rapport signal / battement devra être meilleur que -57 dB.

IV - CALCUL DU BILAN DE LIAISON

- Le rapport SIGNAL-BRUIT (S/B), la distorsion d'intermodulation d'ordre 2 (IM2) et d'ordre 3 (IM3) d'un ampli sont calculés en fonction des caractéristiques fournies dans les fiches techniques des constructeurs.
- Lorsque "n" amplis sont en cascade (S/B), (IM2), (IM3), se dégradent en fonction du nombre d'amplis.



- Le calcul au dernier ampli sera une valeur cumulée.

IV - 1-Détermination du rapport Signal/Bruit (S/B) des amplificateurs

Les calculs sont effectués pour les bandes VHF et UHF, ils sont donnés par les formules suivantes :

- pour un ampli :

$$S/B = NS - (F + G + B_{th})$$

- G : gain maxi de l'ampli
- F : Facteur de bruit
- B_{th} : bruit thermique (fixé à 2,4 dB)
- NS : niveau de sortie déterminé par le calcul

- pour "n" amplis en cascade

$$S/B = NS - (F + G + B_{th}) - 10 \log n$$

IV -2-Détermination de la distorsion d'intermodulation d'ordre 2(IM2)

les calculs sont effectués pour la bande VHF et UHF. Elle est donnée par la formule suivante :

- pour un ampli :

$$IM_2 = -60 - (Ns_0 - Ns + C) + E$$

Ns_0 : niveau de sortie pour IM2 à -60 dB

Ns : niveau de sortie maxi. calculé pour la bande considérée

* C : correction en fonction du nombre de canaux

E : écarts entre les niveaux de sortie maxi. et mini. calculés pur la bande considérée

- * C = 0dB : 15 canaux entre 120 et 340 MHz
- = 0dB : 18 canaux entre 120 et 420 MHz
- = 4dB : 30 canaux entre 120 et 862 MHz

- pour "n" amplis en cascade

$$IM_2 = -60 - (Ns_0 - Ns + C) + E - 10 \log n$$

IV - 3 -Détermination de la distorsion d'intermodulation d'ordre 3 (IM3)

Les calculs sont effectués pour la bande VHF pour -52 dB de battements composites à 15 porteuses (BC15). Elle est donnée par la formule suivante :

- pour un ampli :

$$IM_3 = -52 - 2 (Ns_0 - Ns)$$

Ns_0 : niveau de sortie pour BC15 = -52 dB

Ns : niveau de sortie maximal calculé pour la bande considérée.

- pour "n" amplis

$$IM_3 = -52 - 2 (Ns_0 - Ns) + 20 \log n$$

Les calculs sont effectués pour la bande VHF et UHF pour -52 dB de battements triples à 3 porteuses (IM3₃). Elle est donnée par la formule suivante :

- pour un ampli. :

$$IM_{33} = -52 - 2 (Ns_0 - Ns - C)$$

Ns_0 : niveau de sortie pour IM3 à -52 dB

Ns : niveau de sortie maximal calculé pour la bande considérée.

* C : correction en fonction du nombre de canaux

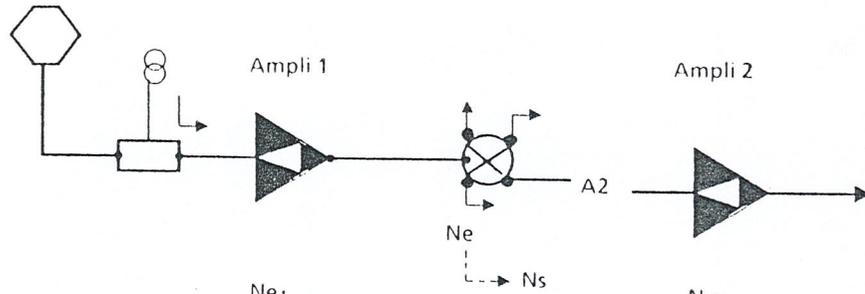
- * C = 7 dB : 15 canaux entre 470 - 862 MHz
- = 9 dB : 30 canaux entre 120 - 862 MHz

- pour "n" amplis

$$IM_{33} = -52 - 2 (Ns_0 - Ns - C) + 20 \log n$$

V - BILAN DE LIAISON

Exemple de calcul d'un tronçon de secteur d'un réseau de distribution.



- | | |
|-------------------|-------------------|
| Ne ₁ | Ne ₂ |
| G ₁ | G ₂ |
| Ns ₁ | Ns ₂ |
| S/B ₁ | S/B ₂ |
| IM 2 ₁ | IM 2 ₂ |
| IM 3 ₁ | IM 3 ₂ |

D.F.P.T. - REPRODUCTION INTERDITE sans autorisation écrite

SORTIE DU CD. TE...	76	76	70	70	
	47 MHz	340 MHz	420 MHz	470 MHz	862 MHz
					VR 30 MHz

CHEMIN : 001 - 002 - 003 (S2) - 004

NOEUD : 002 Description du matériel Amplificateur 15 5543221	ENTREE :	75,33	74,55		66,48	66,30
	GAIN :	21	21		31	31
	LONG :					
	ACTION :	21	21		31	31
	SORTIE :	96,33	95,55		97,48	97,30
	R S/B :	64,93	64,15		56,08	55,90
Modules : VHF : UHF :	IM 3 :	79,34	80,90		71,04	71,40
	IM 2 :	72,89	73,67			

1,13

NOEUD : 003 Description du matériel Répartiteur 4 directions 5048014	ENTREE :	96,33	95,55		97,48	97,30
	ATT :	6,7	6,8		7,2	7,8
	LONG :					6,7
	ACTION :	6,7	6,8		7,2	7,8
	SORTIE :	89,63	88,75		90,28	89,50
	R S/B :					
Modules : VHF : UHF :	IM 3 :					
	IM 2 :					

7,83

NOEUD : Description du matériel Câble A 2 S A T	ENTREE :	89,63	88,75		90,28	89,50
	ATT :	0,013	0,035		0,0425	0,057
	LONG :	320	320		320	320
	ACTION :	4,16	11,20		13,60	18,24
	SORTIE :	85,47	77,55		76,68	71,26
	R S/B :					
Modules : VHF : UHF :	IM 3 :					
	IM 2 :					

12

NOEUD : 004 Description du matériel Egalisateur	ENTREE :	85,47	77,55		76,68	71,26
	EGAL :	9,35	0,8		8,1	1,1
	LONG :					
	SORTIE :	9,35	0,8		8,1	1,1
	R S/B :	76,12	76,75		68,58	70,16
	IM 3 :					
Modules : VHF : 8,75 UHF : 7	IM 2 :					

D.F.P.T. - REPRODUCTION INTERDITE sans autorisation écrite

SORTIE DU CD .TE .	76	76		70	70	
	47 MHZ	340 MHZ	420 MHZ	470 MHZ	862 MHZ	VR 30 MHZ

CHEMIN : 001 - 002 - 003 (S2) - 004

NOEUD : 004	ENTREE :	76,12	76,75		76,58	71,26	
Description du matériel Atténuateur	ATT :	0	0		2,2	2,5	
	LONG :						
	ACTION :	0	0		2,2	2,5	
	SORTIE :	76,12	76,75		66,38	67,66	
Modules : VHF : 0 UHF : 2	R S/B :						
	IM 3 :						
	IM 2 :						
							12

NOEUD : 004	ENTREE :	76,12	76,75		66,38	67,66	
Description du matériel Amplificateur 5543221	GAIN :	21	21		31	31	
	LONG :						
	ACTION :	21	21		31	31	
	SORTIE :	97,12	97,75		97,38	98,66	
Modules : VHF : UHF :	R S/B :	61,93	61,15		53,08	52,90	
	IM 3 :	73,34	74,90		65,04	65,40	
	IM 2 :	69,89	70,67				

NOEUD :	ENTREE :						
Description du matériel	LONG :						
	ACTION :						
	SORTIE :						
	R S/B :						
Modules : VHF : UHF :	IM 3 :						
	IM 2 :						

NOEUD :	ENTREE :						
Description du matériel	LONG :						
	ACTION :						
	SORTIE :						
	R S/B :						
Modules : VHF : UHF :	IM 3 :						
	IM 2 :						

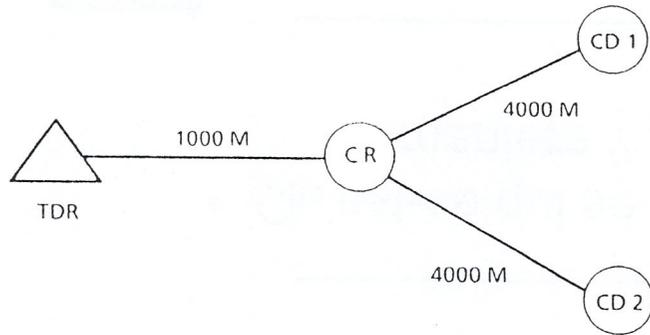
D.F.P.T. - REPRODUCTION INTERDITE sans autorisation écrite

D.F.P.T. - REPRODUCTION INTERDITE sans autorisation écrite

OBJECTIF 17

Calculer un bilan de liaison
d'un R L V transport O G

Exemple de liaison en transport optique : (SAT ØG)



Puissance optique émise par le LASER :

$$P_e = -1 \text{ dBm}$$

Puissance reçue : Pr. sur 1 tronçon

$$Pr = -1 \text{ dBm} - \text{Affaiblissement total du tronçon.}$$

Remarque : il faut que :

$Pr < -14 \text{ dBm}$ pour ne pas saturer la diode réceptrice PIN.

Sur le tronçon 1 on sera obligé de mettre un atténuateur.

$Pr > -30 \text{ dBm}$ pour que l'information puisse être lue à réception.

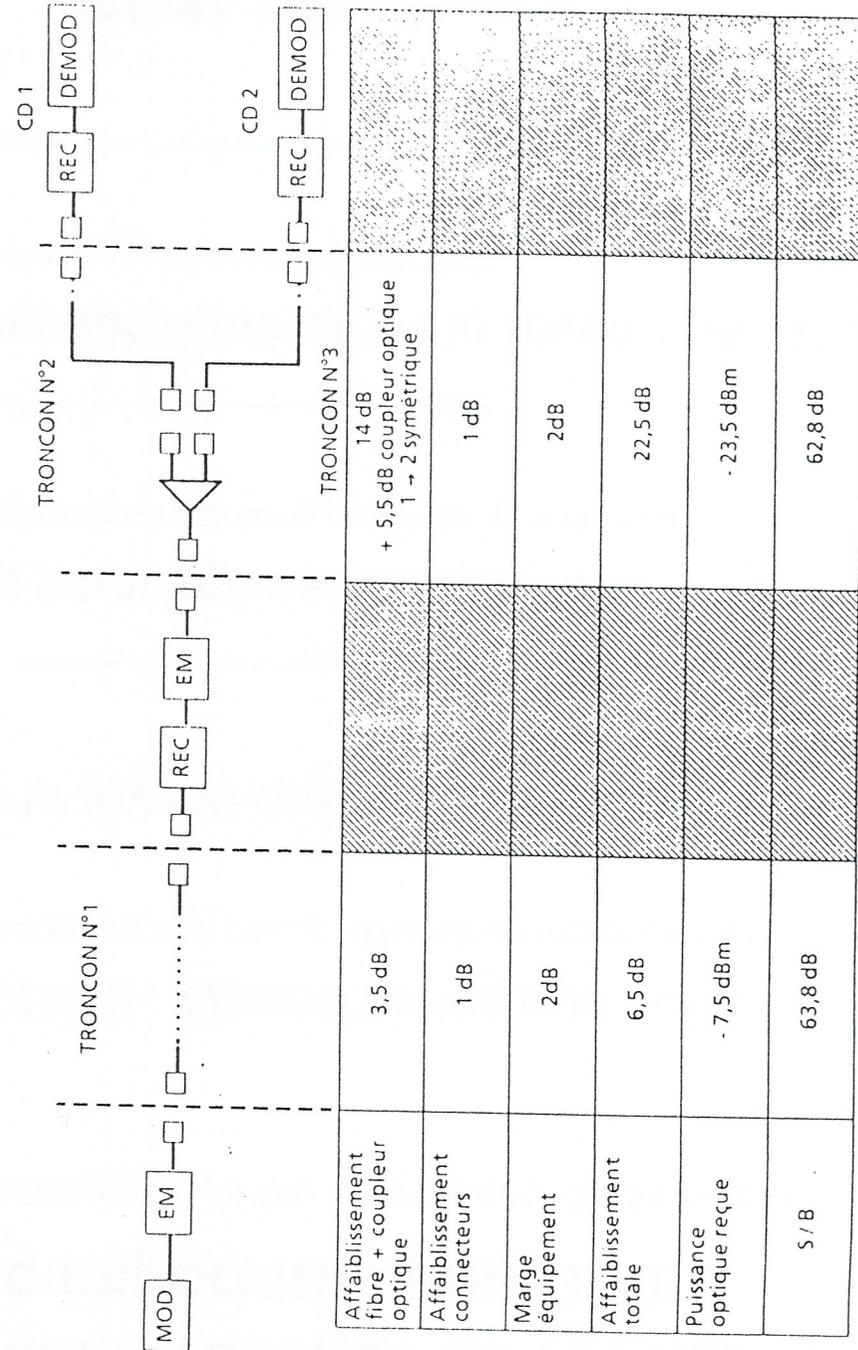
Cumul des rapports signal à bruit :

Tronçon 1 - tronçon 2 :

$$(S/B) \text{ cumulé} = -10 \log (10 \cdot 6.38 + 10 \cdot -6.28) = 60,26 \text{ dB.}$$

Tronçon 1 - tronçon 3 :

$$(S/B) \text{ cumulé} = -10 \log (10 \cdot 6.38 + 10 \cdot -6.28) = 60,26 \text{ dB.}$$



ANNEXE
Définition des termes employés

I - TERMES GENERAUX ET RADIOCOMMUNICATIONS

1.17. information (n.f.).

Renseignement ou élément de connaissance susceptible d'être représenté sous une forme adaptée à une communication, un enregistrement ou un traitement.

Anglais : *information*.

1.18. donnée (n.f.).

Représentation d'une information sous une forme conventionnelle destinée à faciliter son traitement.

Note. - Cette définition est identique à celle de la Commission de terminologie de l'informatique.

Anglais : *data*.

1.19. télécommunication (n.f.).

Toute transmission, émission ou réception de signes, de signaux, d'écrits, d'images, de sons ou de renseignements de toute nature, par fil, radioélectricité, optique ou autres systèmes électromagnétiques.

Note. - Cette définition est celle qui figure dans la Convention internationale des télécommunications.

Anglais : *télécommunication*.

1.20. radiocommunication (n.f.).

Télécommunication réalisée à l'aide d'ondes radioélectriques.

Note. - Les ondes radioélectriques ou ondes hertziennes sont des ondes électromagnétiques dont la fréquence est par convention inférieure à 3 000 GHz et qui se propagent dans l'espace sans guide artificiel. Au point de vue technique, la bande de fréquences voisines de 3000 GHz est considérée comme appartenant à la fois aux ondes radioélectriques et aux ondes optiques.

Anglais : *radiocommunication*.

1.21. canal de fréquences (n.m.).

Partie du spectre des fréquences comprise entre deux fréquences spécifiées et destinée à être utilisée pour une transmission.

Note 1. - Un canal peut aussi être caractérisé par sa fréquence centrale et la largeur de bande associée, ou par toute indication équivalente.

Note 2. - Le mot "canal" peut être employé seul quand le contexte est tel qu'aucune confusion ne peut en résulter.

Anglais : *frequency channel ou channel*.

1.22. canal radioélectrique (n.m.) ou radiocanal (n.m.) ou canal RF (n.m.)

Canal de fréquences destiné à être occupé par une émission radioélectrique.

Note. - Le mot "canal" peut être employé seul quand le contexte est tel qu'aucune confusion ne peut en résulter.

Anglais : *radiofrequency channel ou RF channel ou channel*.

1.23. voie de transmission (n.f.).

Ensemble de moyens nécessaires pour assurer une transmission de signaux dans un seul sens entre deux points.

Note 1. - Plusieurs voies de transmission peuvent partager un support commun ; par exemple, dans les multiplex à répartition en fréquence ou les multiplex temporels, chaque voie dispose d'un bande de fréquences particulière ou d'un intervalle de temps particulier répété périodiquement.

Note 2. - Une voie de transmission peut être qualifiée par la nature des signaux qu'elle transmet, par sa largeur de bande ou par son débit binaire. Exemples : voie téléphonique, voie télégraphique, voie de données, voie de 10 MHz, voie à 34 Mbit/s.

Note 3. - Le mot "voie" peut être employé seul quand le contexte est tel qu'aucune confusion ne peut en résulter.

Anglais : *transmission channel ou channel*.

1.24. circuit de télécommunication (n.m.).

Ensemble de deux voies de transmission associées pour assurer, entre deux points, une transmission dans les deux sens.

Note 1. - Un circuit de transmission peut être qualifié par la nature ou les caractéristiques des signaux échangés. Exemples : circuit téléphonique, circuit télégraphique, circuit de données, circuit numérique.

Note 2. - Si la nature de la télécommunication est unilatérale, par exemple pour la transmission de la télévision à grande distance, on utilise parfois le terme "circuit" pour désigner la voie de transmission unique employée mais cet usage est déconseillé.

Note 3. - En téléphonie, le terme "circuit téléphonique" désigne en général d'une façon restrictive un circuit de télécommunication reliant deux centres de commutation sans commutation intermédiaire.

Note 4. - Le mot "circuit" peut être employé seul quand le contexte est tel qu'aucune confusion ne peut en résulter, par exemple avec le terme "circuit électrique".

Anglais : *telecommunication circuit ou circuit*.

1.25. télédiffusion (n.f.).

Télécommunication unilatérale à l'intention d'un grand nombre de destinataires qui disposent des installations de réception appropriées, effectuée par des moyens radioélectriques ou par des réseaux de câbles à conducteurs métalliques ou de câbles à fibres optiques.

Exemples : radiodiffusion sonore ou visuelle, diffusion des signaux horaires ou d'avis aux navigateurs, vidéographie diffusée, diffusion par les agences de presse.

Anglais : *broadcasting*.

1.26. télédistribution (n.f.).

Télécommunication utilisant un réseau de câbles à conducteurs métalliques ou de câbles à fibres optiques pour la distribution vers un très grand nombre d'usagers de programmes sonores ou visuels, et éventuellement d'autres signaux.

Note 1. - Les programmes ou signaux peuvent soit être produits au sein du réseau, soit provenir d'un enregistrement, soit être reçus par tout moyen de télécommunication, notamment par la réception d'une émission de radiodiffusion sonore ou visuelle.

Note 2. - Certains usagers de la télédistribution peuvent disposer de voies de retour.

Anglais : *wired broadcasting*.

1.27. réseau de télédistribution (n.m.).

Ensemble de câbles et d'installations permettant d'assurer une télédistribution vers un certain nombre d'emplacements.

Note 1. - L'expression imprécise "réseau câblé" est à proscrire pour désigner un réseau de télédistribution. Elle désignerait d'ailleurs tout autre réseau utilisant des câbles, par exemple le réseau téléphonique ordinaire.

Note 2. - L'expression "ville câblée" est à proscrire dans le sens de ville équipée pour la distribution ou "ville avec télédistribution".

1.28. radiodiffusion (n.f.).

Radiocommunication unilatérale dont les émissions sont destinées à être reçues directement par le public en général.

Note 1. - Ces émissions comportent habituellement des programmes sonores ou des programmes de télévision mais peuvent comporter d'autres genres d'informations.

Note 2. - La radiodiffusion est une télédiffusion par ondes radioélectriques.

Note 3. - Le mot "radiodiffusion" est souvent utilisé au sens restreint de "radiodiffusion sonore" (voir 1.29).

Anglais : *radio broadcasting*.

1.29. radiodiffusion sonore (n.f.).

Radiodiffusion de programmes uniquement sonores.

Note. - Le mot "radiodiffusion" seul, abrégé familièrement en "radio", est souvent utilisé au sens de "radiodiffusion sonore".

Anglais : *sound broadcasting*.

1.30. télévision.

Télécommunication destinée à la transmission d'images de scènes animées ou fixes, visibles sur un écran au fur et à mesure de leur réception ou après enregistrement.

Note. - Cette télécommunication a comme principale application la télédiffusion d'images destinées au public en général ou à des publics particuliers, et le terme "télévision" est souvent utilisé pour désigner cette application seule (voir 1.31). Cette télécommunication est aussi employée pour des utilisations industrielles, scientifiques, médicales et autres, et est alors quelquefois désignée par l'expression "télévision en circuit fermé".

Anglais : *television*.

1.31. radiodiffusion visuelle (n.f.) ou radiodiffusion de télévision (n.f.).

Radiodiffusion de programmes visuels avec les sons associés.

Note. - Le mot "télévision" seul est souvent utilisé pour désigner la radiodiffusion visuelle, qui est la principale application de la télévision (voir 1.30).

Anglais : *television broadcasting*.

1.32. télévision à accès conditionnel (n.f.) ou télévision à péage (n.f.).

Télévision dans laquelle l'utilisateur doit effectuer un paiement particulier pour recevoir certains programmes.

Anglais : *pay television*.

1.33. radioamateur (n.m.).

Personne titulaire d'une licence l'autorisant à effectuer des radiocommunications, dans des conditions réglementées, en vue d'études techniques et d'instruction individuelle, sans intérêt pécuniaire et à titre uniquement personnel, sauf en cas d'urgence.

Anglais : *radio amateur*.

II. SERVICES DE TELECOMMUNICATION

1 2.19. périteléphonie (n.f.).

Ensemble des techniques utilisant un poste téléphonique en vue d'obtenir des services complémentaires à l'aide d'appareils associés au poste.

Exemples d'appels associés : répondeur, compteur de taxes individuel, composeur automatique de numéros.

2.20. péritélévision (n.f.).

Ensemble de techniques utilisant un récepteur de télévision, en vue d'applications autres que la visualisation directe d'un programme de télévision, à l'aide d'appareils associés au récepteur.

Exemple : jeux vidéo, enregistrement par magnétoscope domestique, vidéographie.

2.21. annuaire électronique (n.m.).

Service de vidéotex permettant de consulter le fichier de l'annuaire téléphonique ou d'un répertoire analogue.

Anglais : *electronic directory*.

2.22. liaison spécialisée (n.f.).

Circuit de télécommunication du réseau public affecté ou réservé à l'usage exclusif d'un utilisateur spécifié pendant une durée convenue.

Note. - Le terme "circuit loué" est déconseillé dans ce sens.

Anglais : *private wire circuit ou leased circuit*.

2.23. recherche de personne (n.f.).

Service donnant à chaque usager la possibilité de recevoir personnellement, quel que soit le lieu où il se trouve dans une zone déterminée, un avis qui est en général une invitation à effectuer une action convenue à l'avance telle que l'appel d'un correspondant déterminé.

Anglais : *pagin service*.

2.24. radiorecherche de personne (n.f.).

Recherche de personne par voie radioélectrique utilisant un système d'appel sélectif unilatéral sans transmission de parole à l'intention des usagers qui disposent du récepteur approprié.

Anglais : *radio paging*.

III TECHNIQUES DE TELECOMMUNICATION

3.9 signal analogique (n.m.).

Signal tel que la caractéristique qui représente des informations peut à tout instant prendre toute valeur d'un intervalle continu, par exemple suivre de façon continue les valeurs d'une autre grandeur physique représentant des informations.

Anglais : *analogue signal*.

3.10. signal numérique (n.m.).

Signal au moyen duquel les informations sont représentées par un nombre fini de valeurs discrètes bien déterminées qu'une de ses caractéristiques peut prendre dans le temps.

Note. - En français l'adjectif "digital" signifie "relatif aux doigts" et ne doit pas être utilisé dans le sens de "numérique".

Anglais : *digital signal*.

3.11. transmission analogique (n.f.).

Transmission assurée à l'aide de signaux analogiques.

Anglais : *analogue transmission*.

3.12. transmission numérique (n.f.).

Transmission assurée à l'aide de signaux numériques.

Anglais : *digital transmission*.

3.13. commutation de circuits (n.f.).

Mise en relation, à la demande, de terminaux, voies de transmission ou circuits de télécommunication, de façon à constituer une chaîne de connexion à usage exclusif pendant toute la durée d'une communication.

Anglais : *Circuit switching*.

3.14. commutation de messages (n.f.).

Mode d'acheminement de messages complets dans un réseau de télécommunication, comprenant dans certains noeuds du réseau une réception, une mise en mémoire et une retransmission des messages vers la ou les destinations voulues.

Anglais : *message switching ou store-and-forward switching.*

3.15. commutation de paquets (n.f.).

Mode d'acheminement de messages dans un réseau de télécommunication, où les messages sont préalablement découpés en paquets munis d'une adresse ; dans des noeuds du réseau, ces paquets sont reçus, mis en mémoire et retransmis sur la ou les voies de transmission appropriées ; à l'arrivée, le message est reconstitué à partir des paquets reçus.

Note. - Un paquet n'occupe une voie que pendant sa durée de transmission, la voie est ensuite disponible pour la transmission d'autres paquets appartenant soit au même message, soit à d'autres messages.

Anglais : *packet switching.*

3.16. paquet (n.m.).

Ensemble de données numériques, constituant un message ou une partie de message, et d'éléments numériques de service, comprenant une adresse, organisés selon une disposition déterminée par le procédé de transmission et acheminés comme un tout.

Anglais : *packet.*

3.17. commutation spatiale (n.f.).

Commutation permettant de mettre en relation des terminaux, voies de transmission ou circuits de télécommunication, à l'aide de supports matériels distincts, affectés à cet usage exclusif pendant toute la durée d'une communication.

Note 1. - La commutation spatiale peut s'appliquer à des signaux analogiques ou à des signaux numériques.

Note 2. - Lorsque les signaux commutés sont multiplexés dans le temps, des étages de commutation spatiale peuvent être constitués par des portes électroniques multiplexées dans le temps. Un tel étage utilisant la commutation spatiale multiplexée est un élément d'un autocommutateur temporel et est appelé "étage S".

Note 3. - Le terme "commutation spatiale" ne doit pas être utilisé pour désigner une commutation quelconque à bord d'un satellite de télécommunication.

Anglais : *space-division switching.*

3.18. commutation spatiale multiplexée (n.f.).

Commutation entre voies de multiplex distincts, utilisant la commutation spatiale exclusivement, sans permutation ni démultiplexage des créneaux temporels de voie.

Note. - Voir la note 2 du terme 3.17.

Anglais : *time-multiplex switching.*

3.19. commutation temporelle (n.f.).

Commutation permettant de mettre en relation des terminaux, voies de transmissions ou circuits de télécommunication en opérant sur des signaux multiplexés dans le temps, soit exclusivement au sein d'un même multiplex, soit en association avec la commutation spatiale multiplexée s'il s'agit de multiplex distincts.

Note 1. - La commutation temporelle peut s'appliquer à des signaux numériques ou à d'autres signaux discrets dans le temps, par exemple des signaux à modulation d'impulsion en amplitude.

Note 2. - Un autocommutateur temporel comprend au moins un étage de commutation purement temporel, en abrégé "étage T", qui permute les créneaux temporels de voie au sein d'un même multiplex, et peut comprendre aussi des étages de commutation spatiale multiplexée (voir 3.18).

Anglais : *time-division switching.*

3.20. commutation analogique (n.f.).

Commutation appliquée à des signaux analogiques.

Anglais : *analogue switching.*

3.21. - commutation numérique (n.f.).

Commutation appliquée à des signaux numériques.

Anglais : *digital switching.*

3.22. créneau temporel (n.m.).

Tout intervalle de temps à occurrence cyclique, qu'il est possible de reconnaître et de définir sans ambiguïté.

Note 1. - Un créneau temporel doit être qualifié par sa nature ou sa fonction, par exemple : créneau élémentaire, contenant un élément de signal numérique ; créneau de voie ; créneau de signalisation ; créneau de verouillage de trame.

Note 2. - L'expression "intervalle de temps" est à éviter dans ce sens car elle prête à confusion, dans un même contexte, avec le sens usuel de cette expression (équivalent anglais : *time interval*).

Anglais : *time-slot.*

3.23. circuit virtuel (n.m.).

Dans un réseau de données exploité en commutation de paquets, moyens fournis par le réseau, qui assurent un transfert de données entre stations de données équivalent à celui qui serait assuré par une commutation de circuits.

Anglais : *virtual circuit.*

3.24. circuit virtuel commuté (n.m.).

Circuit virtuel établi et libéré à l'initiative d'un des correspondants.

Anglais : *switched virtual circuit.*

3.25. circuit virtuel permanent (n.m.).

Circuit virtuel établi d'une manière fixe entre deux terminaux et assurant donc un service analogue à une liaison spécialisée. (voir 2.22)

Anglais : *permanent virtual circuit*.

3.26. protocole (n.m.).

Ensemble des conventions nécessaires pour faire coopérer des entités généralement distantes, en particulier pour établir et entretenir des échanges d'informations entre ces entités.

Note. - les entités peuvent être des éléments réels ou virtuels, matériels ou logiciels, d'un réseau de télécommunication ou d'un ensemble de traitement de l'information.

Anglais : *protocol*.

3.27. invitation à émettre (n.f.).

Consultation, généralement séquentielle et éventuellement cyclique, des stations d'un réseau de télécommunication par une station centrale, afin que celles qui ont des messages à émettre le fassent immédiatement.

Anglais : *polling*.

3.28. invitation à recevoir (n.f.).

Envoi d'ordres, généralement séquentiel et éventuellement cyclique, par une station centrale à des stations d'un réseau de télécommunication afin que chacune se prépare à recevoir le message qui lui est destiné.

Anglais : *selecting*.

3.29. vidéo-(préfixe) et vidéo (adj. invariable et n.f.)

Qualifie ou désigne des applications ou des appareils relatifs à la formation, l'enregistrement, le traitement ou la transmission d'images de télévision ou d'images analogues, ou de signaux occupant une largeur de bande comparable.

Note. - Voir aussi le terme 1.2 dans l'arrêté précédent.

Anglais : *video*.

3.30. gain (n.m.).

Rapport, généralement exprimé en décibels, des puissances d'un même signal, ou de deux grandeurs de même nature liées à ces puissances, à la sortie et à l'entrée d'un circuit électrique ou d'un appareil, ou entre deux points aval et amont d'une même voie de transmission.

Note 1. - Par extension, le terme "gain" peut représenter le rapport des puissances dans une situation donnée et dans une situation de référence. Exemple : gain d'une antenne.

Note 2. - Lorsque le rapport qui détermine le gain est inférieur à l'unité, ou sa valeur en décibels négative, on peut utiliser son inverse, ou sa valeur en décibels changée de signe, qui sont appelés "affaiblissement" (voir 3.31).

Anglais : *gain* ou *power gain* ou *transmission gain*.

3.31. affaiblissement (n.m.) ou atténuation (n.f.).

1. Diminution d'une puissance électrique, acoustique ou électromagnétique entre deux points.

2. Expression quantitative de cette diminution par le rapport, généralement en décibels, de la valeur en deux points d'une puissance ou d'une grandeur qui est liée à la puissance par une relation bien définie.

Note 1. - Par extension, le terme "affaiblissement" peut représenter le rapport des puissances dans une situation donnée et dans une situation de référence. Exemple : affaiblissement d'insertion.

Note 2. - Dans certains cas, l'affaiblissement est l'inverse du gain, ou sa valeur en décibels changée de signes (voir note 2 de 3.30).

Note 3. - Le terme "affaiblissement" est conseillé, mais dans certaines techniques on utilise aussi le terme "atténuation". Par contre, le terme "perte" est déconseillé dans ce sens, de même que "perte d'insertion" au sens de "affaiblissement d'insertion". En anglais, le terme "loss" peut avoir le sens d'affaiblissement ou celui de perte.

Anglais : *attenuation* ou *loss*.

Termes associés : **affaiblisseur** ou **atténuateur** (n.m.) (en anglais : *attenuator*).

INDEX ALPHABETIQUE

affaiblissement :	3.31.
affaiblisseur :	3.31.
annuaire électronique :	2.21.
atténuateur :	3.31.
atténuation :	3.31.
canal :	1.21 et 1.22.
canal de fréquences :	1.21.
canal radioélectrique :	1.22.
canal RF :	1.22.
circuit :	1.24.
circuit de télécommunication :	1.24.
circuit loué :	2.22.
circuit virtuel :	3.23.
circuit virtuel commuté :	3.24.
circuit virtuel permanent :	3.25.
commutation analogique :	3.20.
commutation de circuits :	3.13.
commutation de messages :	3.14.
commutation de paquets :	3.15.
commutation numérique :	3.21.
commutation spatiale :	3.17.
commutation spatiale multiplexée :	3.18.
Commutation temporelle :	3.19.
créneau temporel :	3.22.
digital :	3.10.
donnée :	1.18.
étage S :	3.17.
étage T :	3.19.
gain :	3.30.
information :	1.17.
intervalle de temps :	3.22.
invitation à émettre :	3.27.
invitation à recevoir :	3.28.
liaison spécialisée :	2.22.

paquet :	3.16.
péritéléphonie :	2.19.
péritélévision :	2.20.
protocole :	3.26.
radio :	1.29.
radioamateur :	1.33.
radiocanal :	1.22.
radiocommunication :	1.20.
radiodiffusion :	1.28.
radiodiffusion de télévision :	1.31.
radiodiffusion sonore :	1.29.
radiodiffusion visuelle :	1.31.
radiorecherche de personne :	2.24.
recherche de personne :	2.23.
réseau câblé :	1.27.
réseau de télédistribution :	1.27.
signal analogique :	3.9.
signal numérique :	3.10.
télécommunication :	1.19.
télédiffusion :	1.25.
télédistribution :	1.26.
télévision :	1.30.
télévision à accès conditionnel :	1.32.
télévision à péage :	1.32.
télévision en circuit fermé :	1.30.
transmission analogique :	3.11.
transmission numérique :	3.12.
vidéo :	3.39.
ville câblée :	1.27.
voie :	1.23.
voie de transmission :	1.23.