

LES CÂBLES ET LA TRANSMISSION



Supports de transmission

Présentée par : MEBTOUCHE

Sommaire:

Chapitre 1: Introduction

Chapitre 2: Notion de signaux

Chapitre 3: Adaptation des signaux aux supports

Chapitre 4: Caractéristiques communes des supports de transmission

Chapitre 5: Principaux supports de transmission.

Sommaire:

Chapitre 1: Introduction

Chapitre 2: Notion de signaux

Chapitre 3: Adaptation des signaux aux supports

Chapitre 4: Caractéristiques communes des supports de transmission

Chapitre 5: Principaux supports de transmission.

Introduction au module

Description du module

Dans le contexte du développement exceptionnel des télécommunications, le module aura pour but de présenter l'intérêt du support optique pour la transmission de l'information. La description des éléments du système de télécommunication optique ainsi que les principes de fonctionnement seront abordés.

Les objectifs généraux de ce module sont les suivants :

Saisir la spécificité du support optique

Acquérir des notions d'optique guidée

Connaître les principaux composants optiques

Comprendre le fonctionnement d'un système de transmission optique

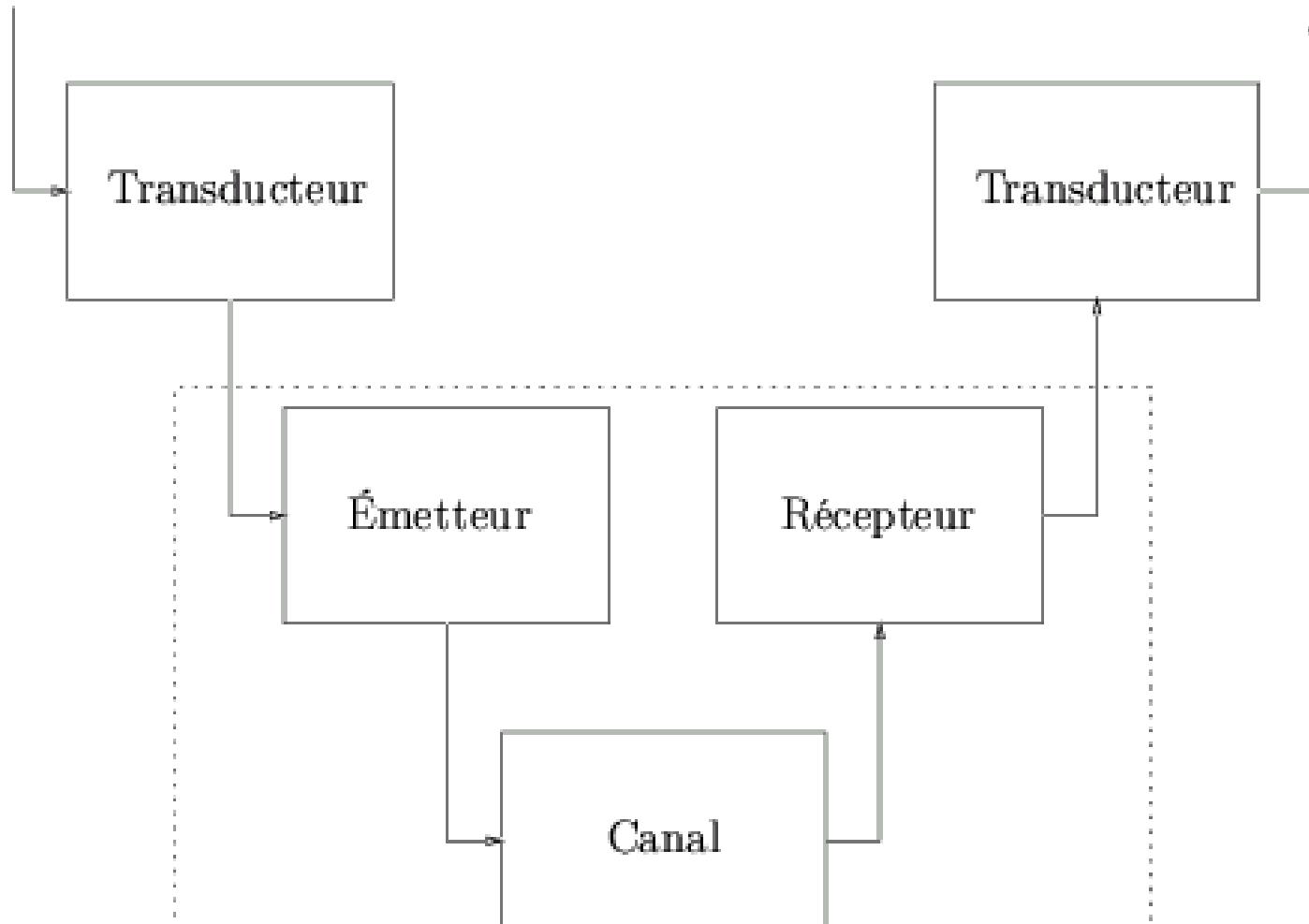
Chapitre 1: Introduction

L'information qui transite sur les réseaux de télécommunication consiste en messages de types divers : textes, sons, images fixes ou animées, vidéo, etc.... lorsque les interlocuteurs sont en présence. Quand ils sont distants l'un de l'autre, l'emploi des réseaux de télécommunication est une manière moderne de résoudre la transmission d'informations.

Toutefois, pour les nécessités du transport, la transmission d'un message nécessite un encodage en signaux de type électrique ou électromagnétique :

Source d'information

Destinataire



Système de télécommunications

1-1 Historique des télécommunications

1837 : Samuel Morse : système de transmission de lettres de l'alphabet
) *Télégraphe : Codage des lettres par pts et traits de longueurs différentes* (correspondant à des durées différentes) en optimisant le temps de transmission) *Théorie de l'Information*

1864 : Equations de Maxwell: prédiction de l'existence d'ondes radio

1865 : 1ère conférence de l'Union Télégraphique Internationale

) *développement des télécommunications sur le plan international*

1870 : transmissions télégraphiques à longue distance (plusieurs milliers de km)

1874 : Invention du multiplexage temporel par Baudot

1876 : Graham Bell : brevet de système électrique de transmission du son) *Téléphone*

1887 : Hertz : démonstration de l'existence des ondes radios

1-2 Historique des supports de transmissions

1. Le fil de cuivre

Le fil de fer cède sa place au fil de cuivre pour transformer des messages

2. Les ondes radio

Grâce aux ondes électromagnétiques, on peut télé communiquer sans support physique. Pour qu'un signal se propage dans l'air, il faut une antenne.

3. Le câble coaxial

En 1960 on peut transmettre dans des bandes beaucoup plus larges que les paires de fils. Le câble coaxial est rond et il est muni de 2 conducteurs généralement en cuivre, le premier au centre est entouré d'un isolant, la deuxième en forme de tube les recouvre.

4. La fibre optique

C'est un fil de verre, fin comme un cheveu, dans lequel sont véhiculés des signaux lumineux produits à partir de silice

5. Les satellites à orbite basse

Ils tournent autour du globe à basse altitude, entre 300 et 1 500 km; on les appelle les observateurs du changement, car ils sont chargés d'observer les changements environnementaux.

6. Les satellites à orbite géostationnaire

Les satellites à orbite géostationnaire au nombre de 500 sont juchés au-dessus des océans Pacifique, Atlantique et Indien. Ces satellites sont principalement chargés de la diffusion des différents signaux dont ceux du téléphone, de la radio et de la télévision à partir d'un support constitué d'ondes électromagnétiques.

1.3 Méthodes de transmission

Types de transmission :

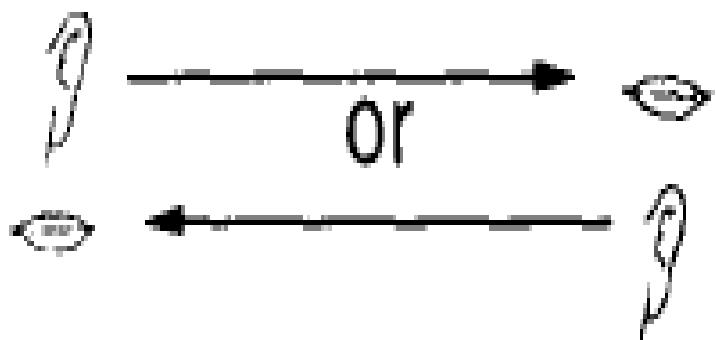
- simplex : communication dans une seule direction (ex télécommande)
- half-duplex : communication possible dans les 2 sens, mais pas simultanément (partage d'un même canal)
- full-duplex : communication dans les 2 sens simultanément, par séparation du canal de transmission

Méthodes de Duplex :

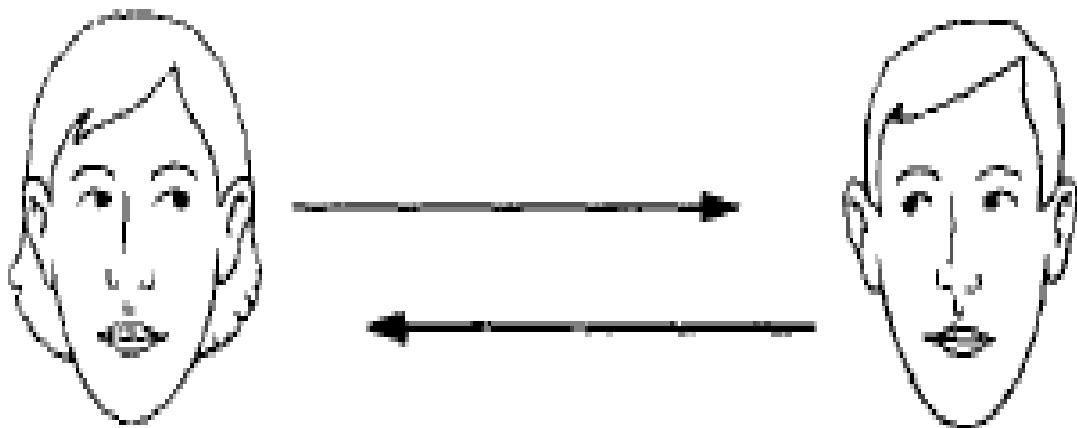
- fréquentiel (FDD) : émission sur des bandes de fréquences différentes (ex : GSM sur canaux montant et descendant)
- temporel (TDD) : émission sur le même canal fréquentiel, à des instants successifs (*slots*). Utilisation récente pour applis wireless indoor sur zone très petite (temps de propagation faibles)



Simplex



Half Duplex (HDX)



Full Duplex (FDX)

1.3 Méthodes de transmission

Méthodes d'accès multiple :

- TDMA : les utilisateurs se partagent des intervalles de temps réguliers pour transmettre (ex : GSM)
- FDMA : les utilisateurs se partagent la bande de fréquence
- CDMA : chevauchement des utilisateurs en temps et fréquences, séparation des utilisateurs par attribution de codes orthogonaux
- SDMA : utilisation d'antennes multiples et polarisations différentes attribuées aux utilisateurs

Sommaire:

Chapitre 1: Introduction

Chapitre 2: Notion de signaux

Chapitre 3: Adaptation des signaux aux supports

Chapitre 4: Caractéristiques communes des supports de transmission

Chapitre 5: Principaux supports de transmission.

Chapitre 2: Notions de signaux

Définition : un signal est une information qui transite à travers un canal de communication. Il permet de transmettre une donnée brute entre deux machines de manière adaptée au support de communication.

Un signal ($s(t)$) est caractérisé par son amplitude (A), sa fréquence (f) et sa phase (ϕ)

$$s(t) = A \sin(2\pi ft + \phi).$$

Le signal est transporté sous forme d'une onde faisant varier une des caractéristiques physiques du support:

ddp électrique (volt)

Intensité lumineuse (fibre optique) (A)

Classification des signaux:

Classification phénoménologique

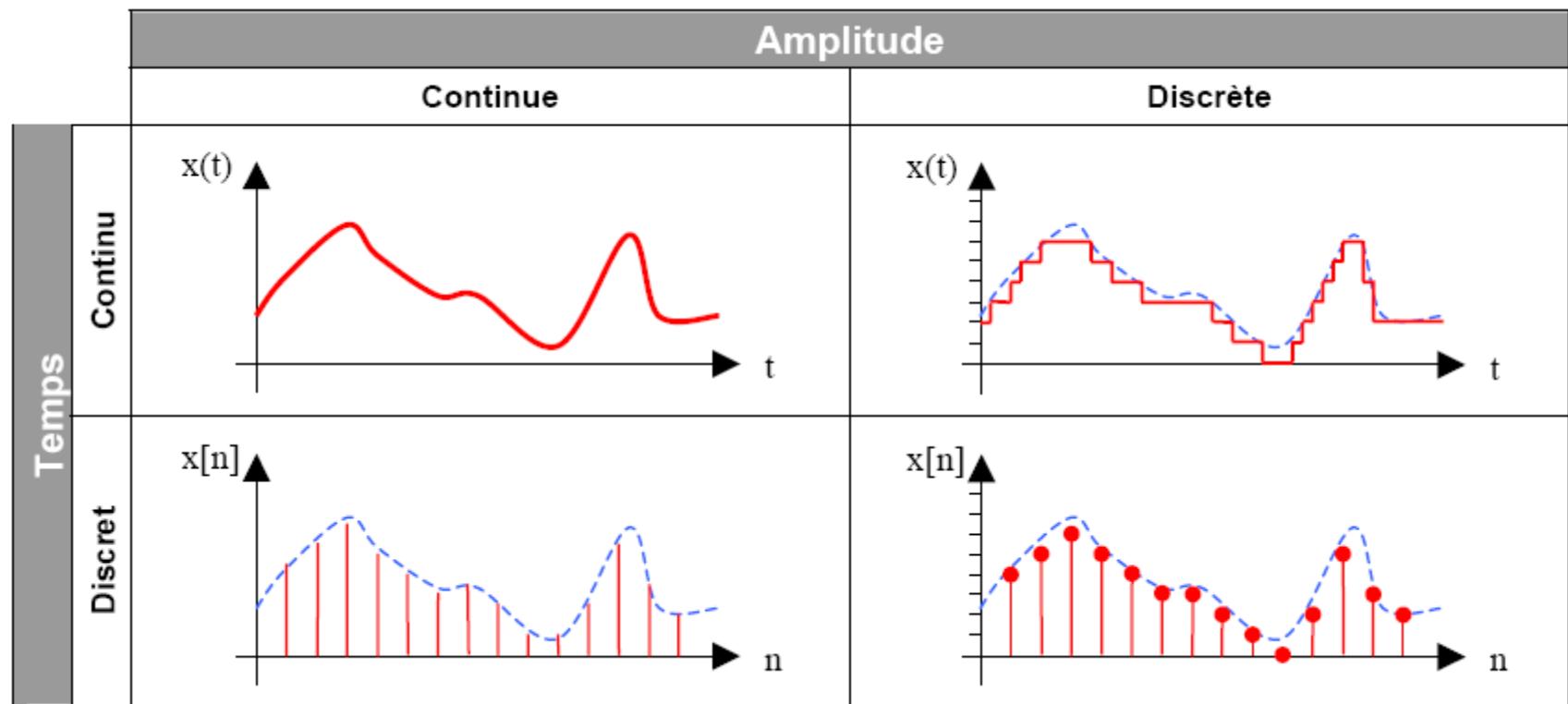
On considère la nature de l'évolution du signal en fonction du temps. Il apparaît deux types de signaux :

Les signaux déterministes : ou signaux certains, leur évolution en fonction du temps peut être parfaitement modélisée par une fonction mathématique. On retrouve dans cette classe les signaux périodiques, les signaux transitoires, les signaux pseudoaléatoires, etc...

Les signaux aléatoires : leur comportement temporel est imprévisible. Il faut faire appel à leurs propriétés statistiques pour les décrire. Si leurs propriétés statistiques sont invariantes dans le temps, on dit qu'ils sont stationnaires.

Classification morphologique

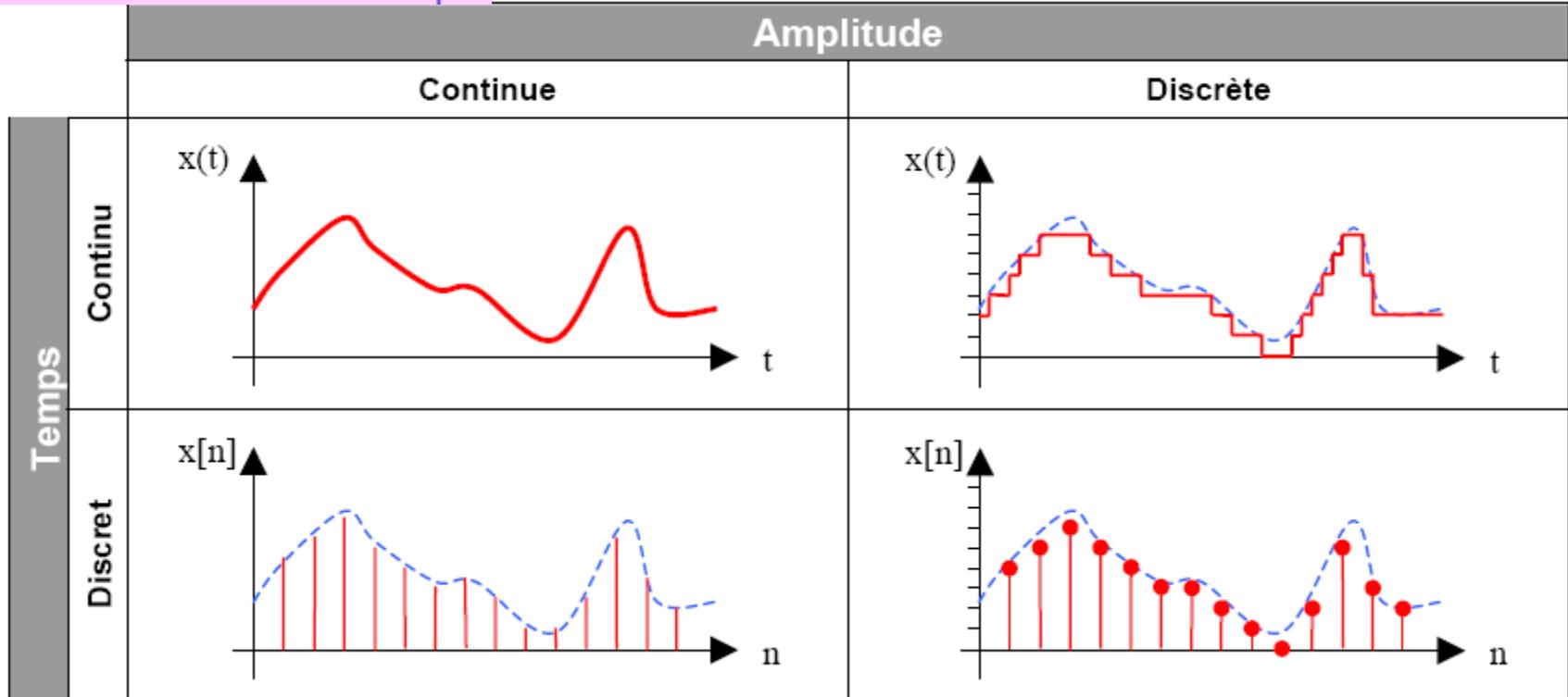
On distingue les signaux à évolution temporelle continue et des signaux à évolution temporelle discrète ainsi que ceux dont l'amplitude est continue ou discrète.



On obtient donc 4 classes de signaux :

Les signaux analogiques
dont l'amplitude et le temps
sont continus

Les signaux quantifiés
dont l'amplitude est discrète
et le temps continu



Les signaux échantillonnés
dont l'amplitude est continue et
le temps discret

Les signaux numériques
dont l'amplitude et le temps
sont discrets

Classification énergétique

Les signaux à énergie finie: il possède une puissance moyenne nulle et une énergie finie.

Les signaux à puissance finie: il possède énergie infinie et sont physiquement irréalisable.

Classification spétrale

Signaux à bases fréquence

Signaux à haute fréquence

Classification dimensionnelle

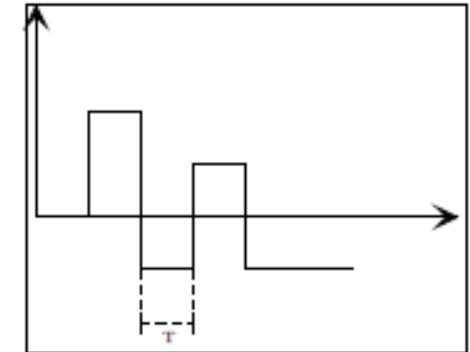
Signaux à une dimension

Signaux à deux dimensions

Caractéristiques d'un signal numérique

- Moment élémentaire T (en secondes)

Durée pendant laquelle le signal n'est pas modifié.



- Valence V

Nombre d'états discernables utilisés par le signal.

Bivalent ($V=2$). Multivalent ($V=2k$).

- Rapidité de modulation R(en bauds)

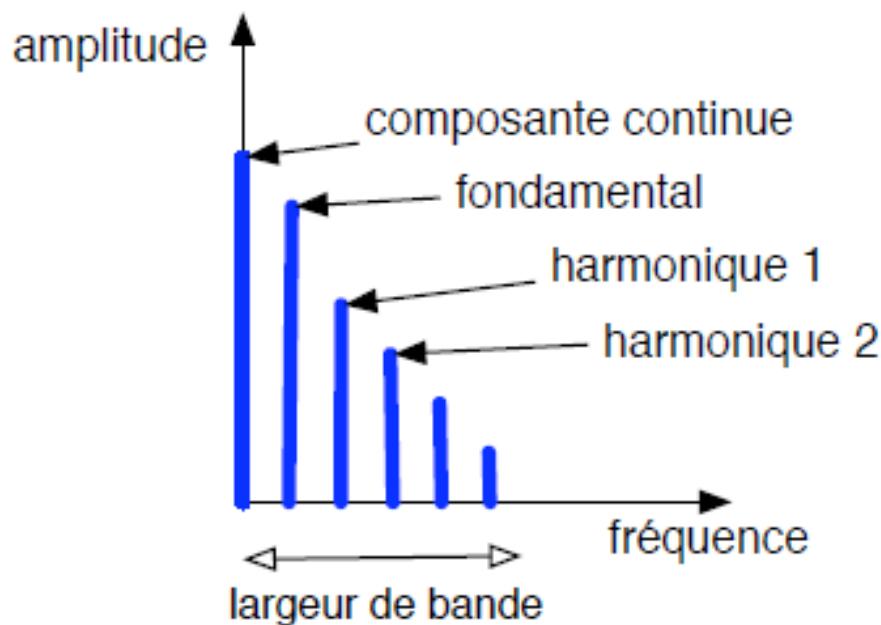
$R = 1/T$ Nombre de moments élémentaires par seconde.

- Débit binaire D(en bits par seconde : bps) c'est le nombre de bits transmis par seconde

$D = R \log_2 V$ c'est le théorème de NYQUIST

Tout signal périodique peut être considéré comme une infinité de signaux sinusoïdaux. Chaque composante peut être représentée par une raie de fréquence.

L'ensemble des raies de fréquence d'un signal constitue le spectre de fréquences du signal. L'espace de fréquences occupé par le spectre est appelé la largeur de bande du signal.



Exemple d'un spectre de fréquences

- Atténuation et distorsion du signal (limitées par le choix du support): L'atténuation se mesure en dB(décibels) :

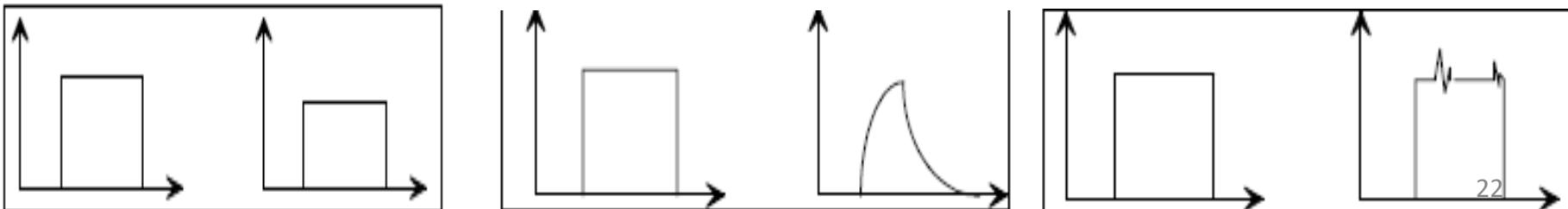
$$N = 10 \log_{10} \left[\frac{P_s}{P_b} \right] \text{ Ps}$$

-bruit : perturbations extérieures (variation thermique, interférence électromagnétique) et diaphonie (due aux champs magnétiques des autres conducteurs d'un câble)

-collision : des ordinateurs émettent en même temps sur le même support

-gigue : fluctuation du signal numérique dans le temps ou en phase due aux retards dans les transmissions dû aux composants intermédiaires

-horloges des émetteurs et récepteurs non synchronisées



Sommaire:

Chapitre 1: Introduction

Chapitre 2: Notion de signaux

Chapitre 3: Adaptation des signaux aux supports

Chapitre 4: Caractéristiques communes des supports de transmission

Chapitre 5: Principaux supports de transmission.

Chapitre 3: Adaptation des signaux aux supports

- Que doit-on assurer ?

Une technique de transmission doit faire en sorte que les fréquences utilisées par un signal (**spectre du signal**) se situent **dans la bande passante du support de transmission**

- Quelle solution à apporter ?

Mettre en œuvre des **techniques d'adaptation du signal au support de communication**

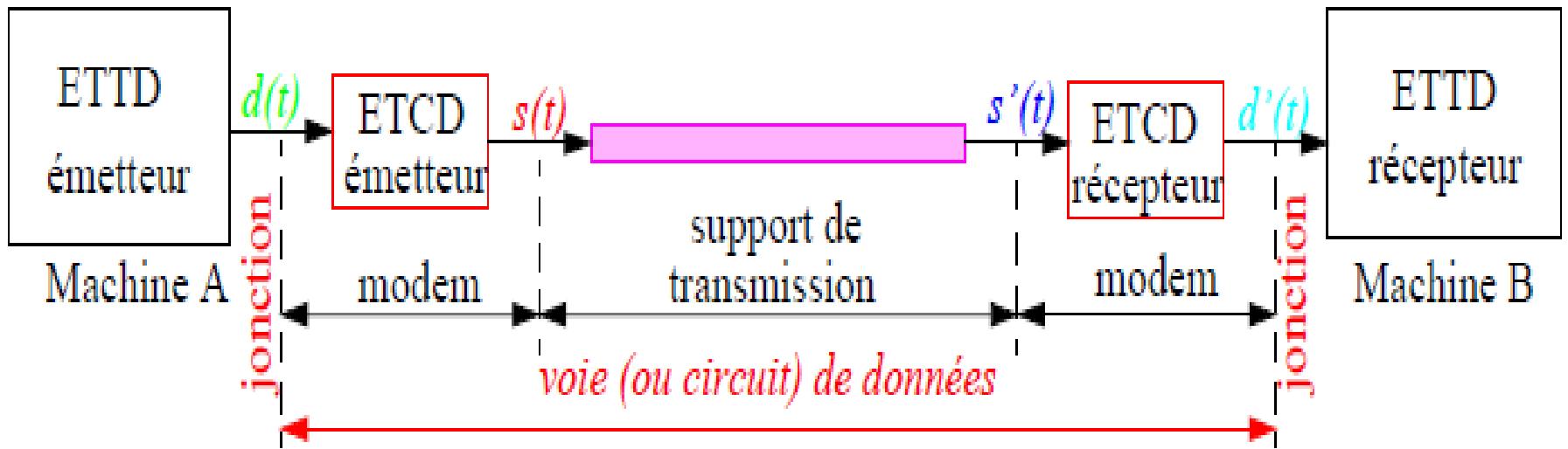
- 1.transmission en **bande de base**
- 2.transmission en **large bande**

- Comment les mettre en œuvre ?

Utiliser des équipements spéciaux : les **ETCDs**, Les **ETTDs**

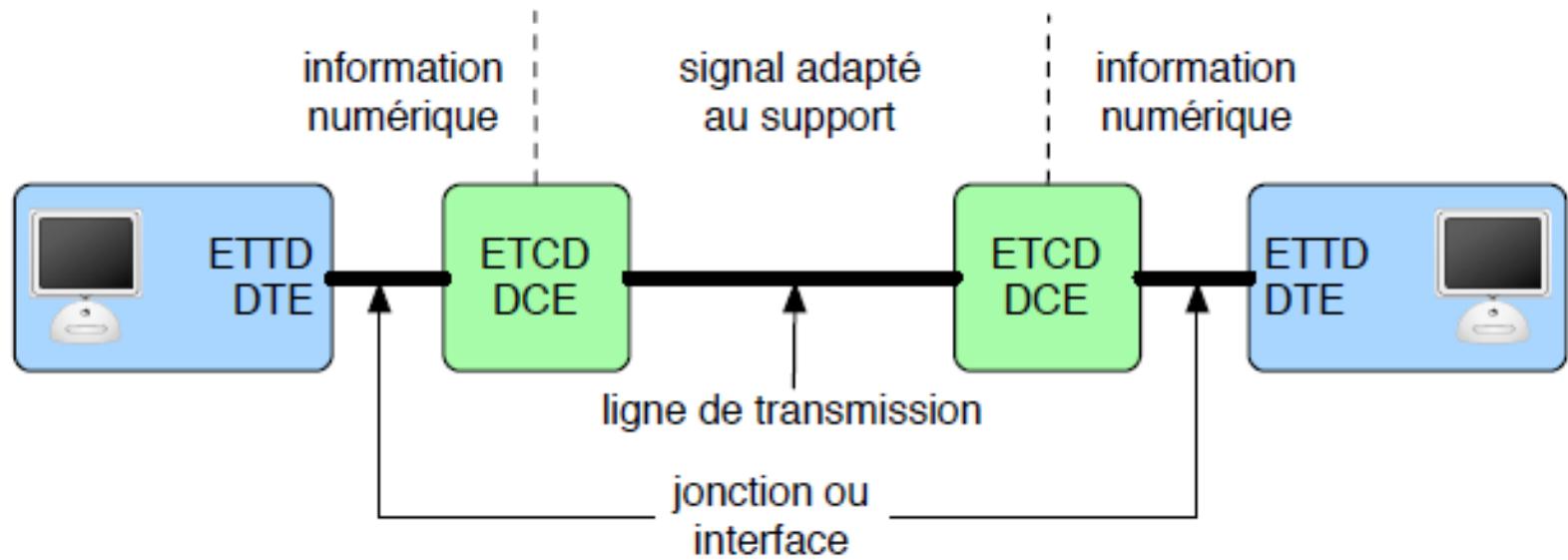
Principaux éléments intervenant dans la transmission

- o l'ETCD (équipement terminal de communication de données)
 - équipement spécifique chargé d'adapter les données à transmettre au support de communication
- o l'ETTD (équipement terminal de traitement de données)
 - l'ordinateur !
- o Le support de transmission



Pour pallier ces problèmes, on utilise des techniques
-de modulation : pour adapter le signal au support,
-de multiplexage : pour rentabiliser l'utilisation du support.
Cela nécessite l'utilisation d'équipements spéciaux : les ETCDs. Les
ETTDs

Une transmission de données met en œuvre des calculateurs
d'extremité et des éléments d'adaptation du signal



Un Equipement Terminal de Traitement de Données (ETTD) ou Data Terminal Equipment (DTE) contrôle les communications.

Un Equipement Terminal de Circuit de Données (ETCD) ou Data Circuit Equipment (DCE) réalise l'adaptation du signal entre l'ETTD et le support de transmission.

Les caractéristiques des ETCD sont liées a l'organisation fonctionnelle et physique des échanges. Il faut prendre en compte :

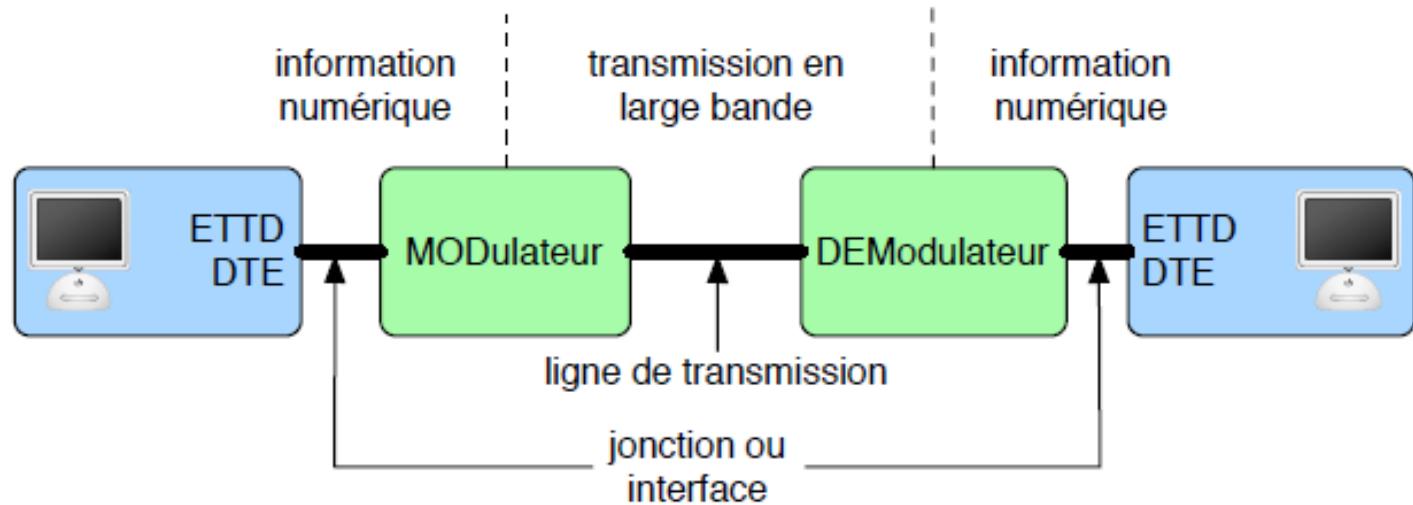
le sens de transmission : unidirectionnelle (simplex), a l'alternat (half duplex) ou bidirectionnelle (full duplex).

le nombre de bits transmis en même temps : transmission parallèle (efficace mais problèmes de diaphonie et de propagation non homogène) ou transmission série (qui est plus adaptée aux longues distances).

le type de synchronisation des horloges : une transmission correcte des données nécessite la synchronisation de l'horloge du récepteur sur celle de l'émetteur. Deux possibilités, la transmission synchrone ou asynchrone. Besoin de protocoles spécifiques (SLIP, PPP, HDLC, ...)

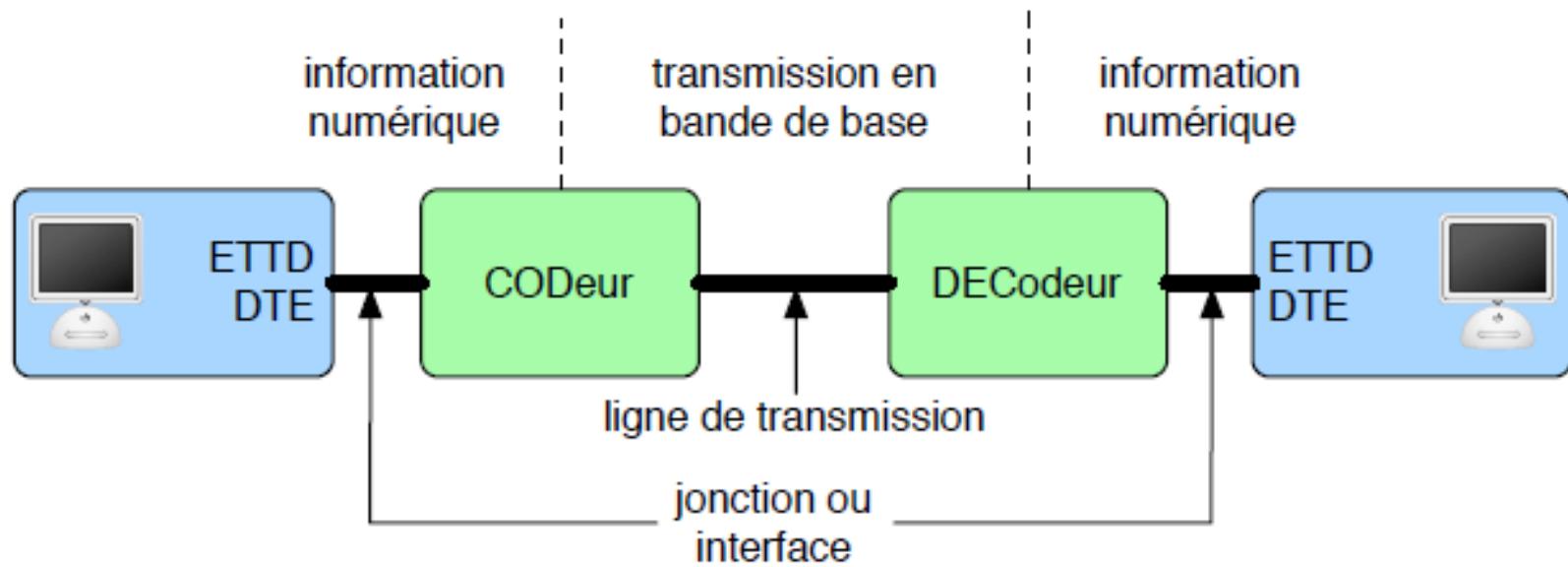
le mode de transmission électrique : asymétrique ou symétrique.

L'ETCD est un modulateur/demodulateur. Il transforme le signal numérique en un signal sinusoïdal module (par fréquence/amplitude/phase) plus résistant que le signal en bande de base. Il permet donc d'atteindre des distances plus importantes. De plus, une transmission en large bande permet le multiplexage spatial.



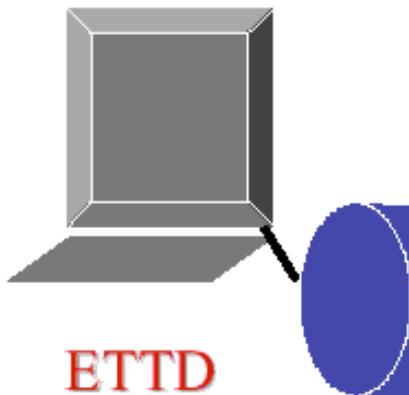
La transmission en large bande translate le spectre du signal à émettre dans une bande de fréquence mieux admise par le système.

La transmission en bande de base consiste à modifier légèrement (on dit transcoder) le signal émis par l'ETTD. Ce mode de transmission est peu adapté aux longues distances.



L'ETCD est un codeur/decodeur. Il a essentiellement pour objet de coder le signal pour supprimer les composantes continues et de maintenir la synchronisation de l'horloge de réception.

Ordinateur
ou terminal



Ordinateur
ou terminal



Canal de Transmission :
(ou support physique)
Coaxial, Fibre optique ...

ETTD :
*Equipement Terminal de
Transmission de Données*

Nécessité d'un modem



ETCD :

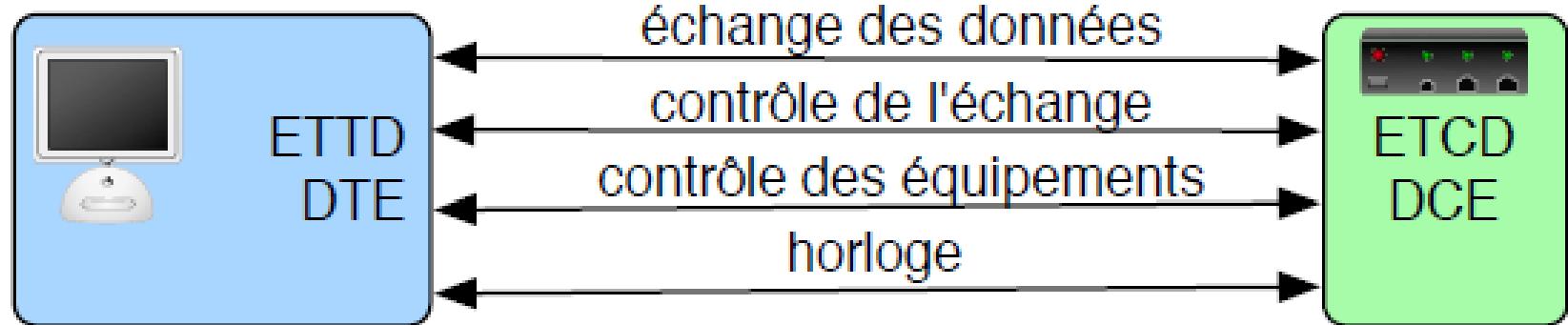
*Equipement Terminal de
Circuit de Données*

Modem :

Modulateur / Démodulateur

Canal de Transmission :
Ligne téléphonique

La jonction ETTD/ETCD définit un ensemble de règles (protocole) destinées à assurer la connectivité et le dialogue entre ETTD et ETCD, la synchronisation des horloges, le transfert des données et le contrôle de celui-ci.



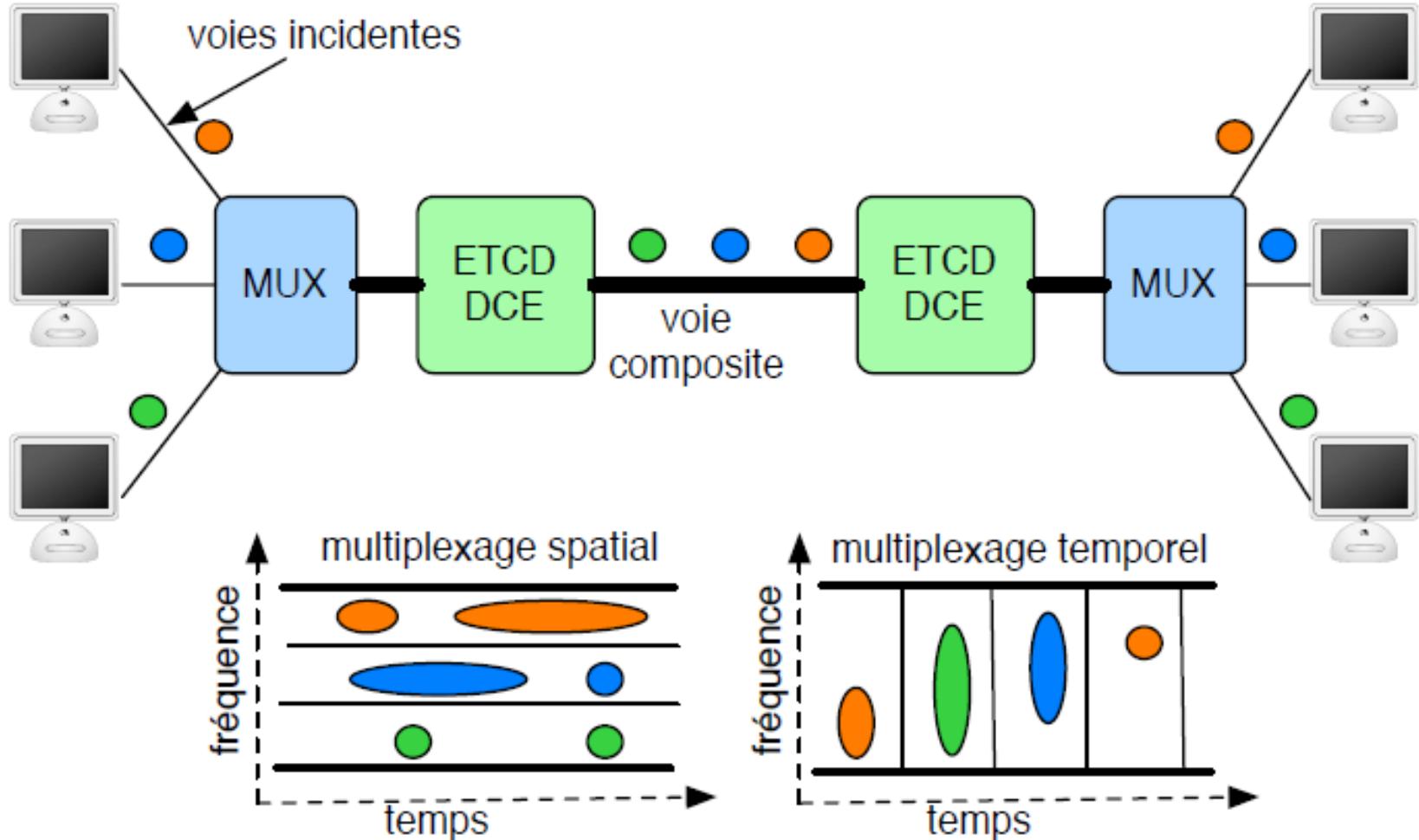
Multiplexage

-Objectif : optimiser l'usage des canaux de transmission pour un transit simultané du maximum d'informations ⇒ partage (multiplexage) du support physique de transmission entre plusieurs signaux.

-Ces techniques peuvent se classer en trois grandes catégories:

- multiplexage fréquentiel :
 - MRF (Multiplexage par Répartition de Fréquence)
 - FDM (Frequency Division Multiplexing)
- multiplexage temporel :
 - MRT (Multiplexage à Répartition dans le Temps)
 - TDM (Time Division Multiplexing)
- multiplexage par code:
 - CDM (Code Division Multiplexing)

Deux techniques de multiplexage

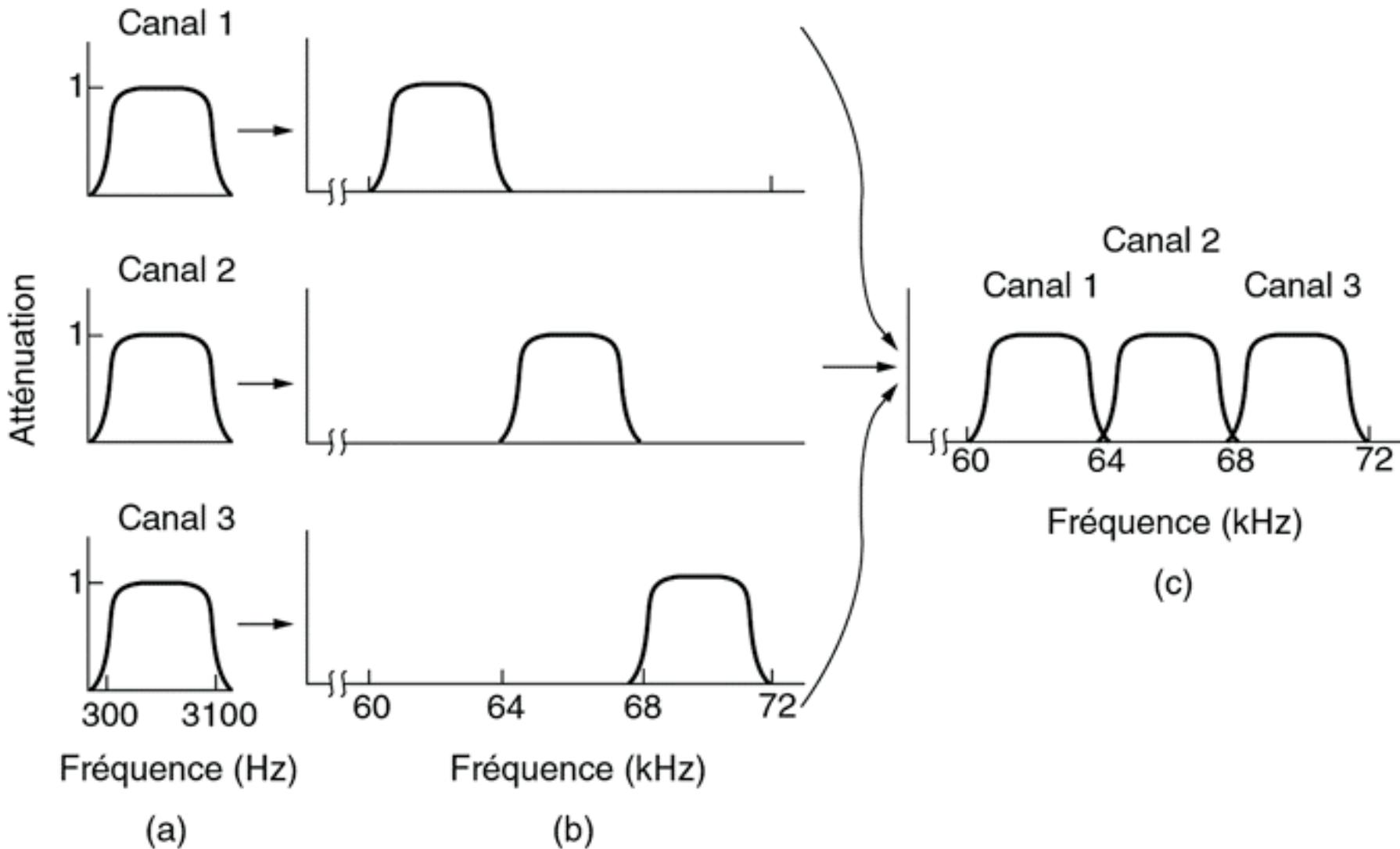


Multiplexage fréquentiel

Principe- Découpe la bande passante (large) en plusieurs sous bande (étroite). Chaque sous bande est affectée à une voie de transmission.

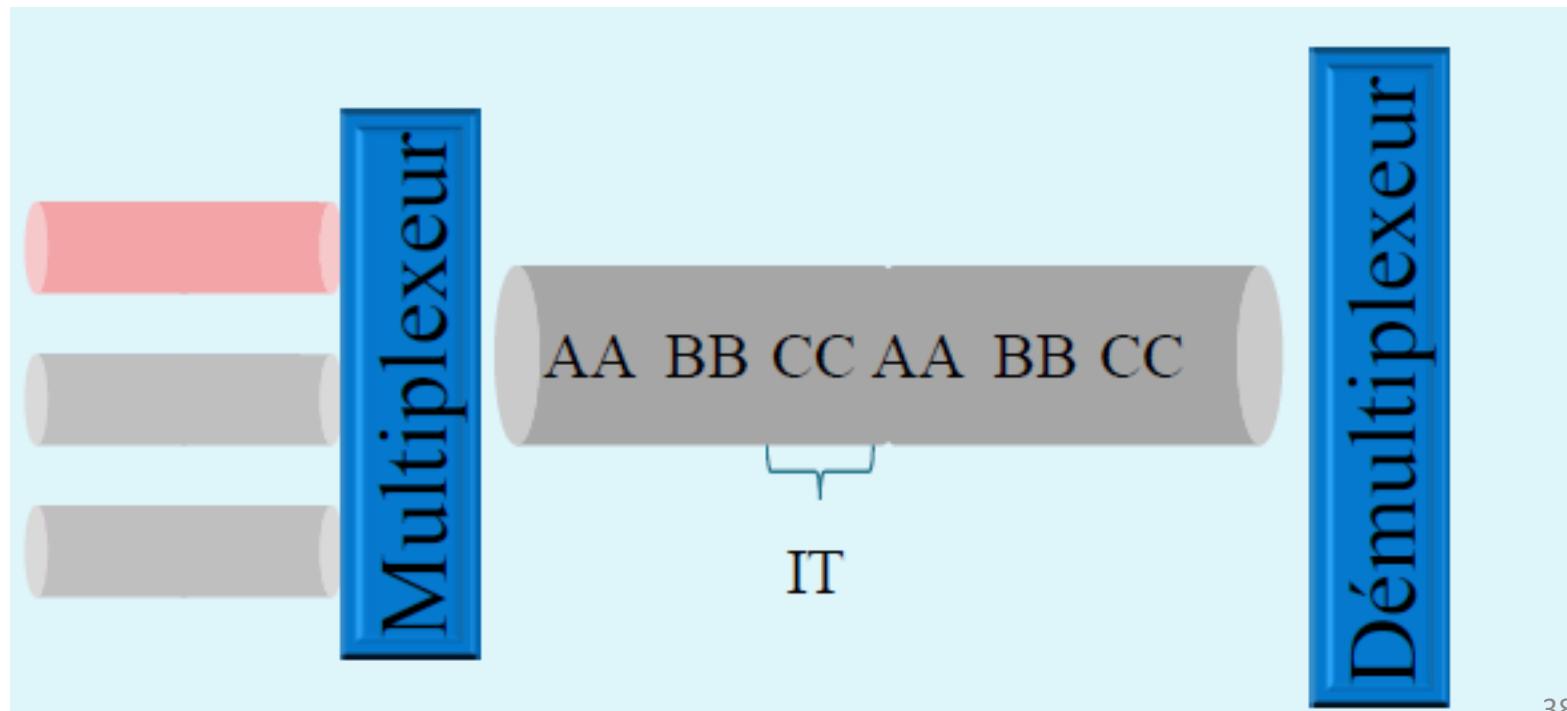


Multiplexage fréquentiel

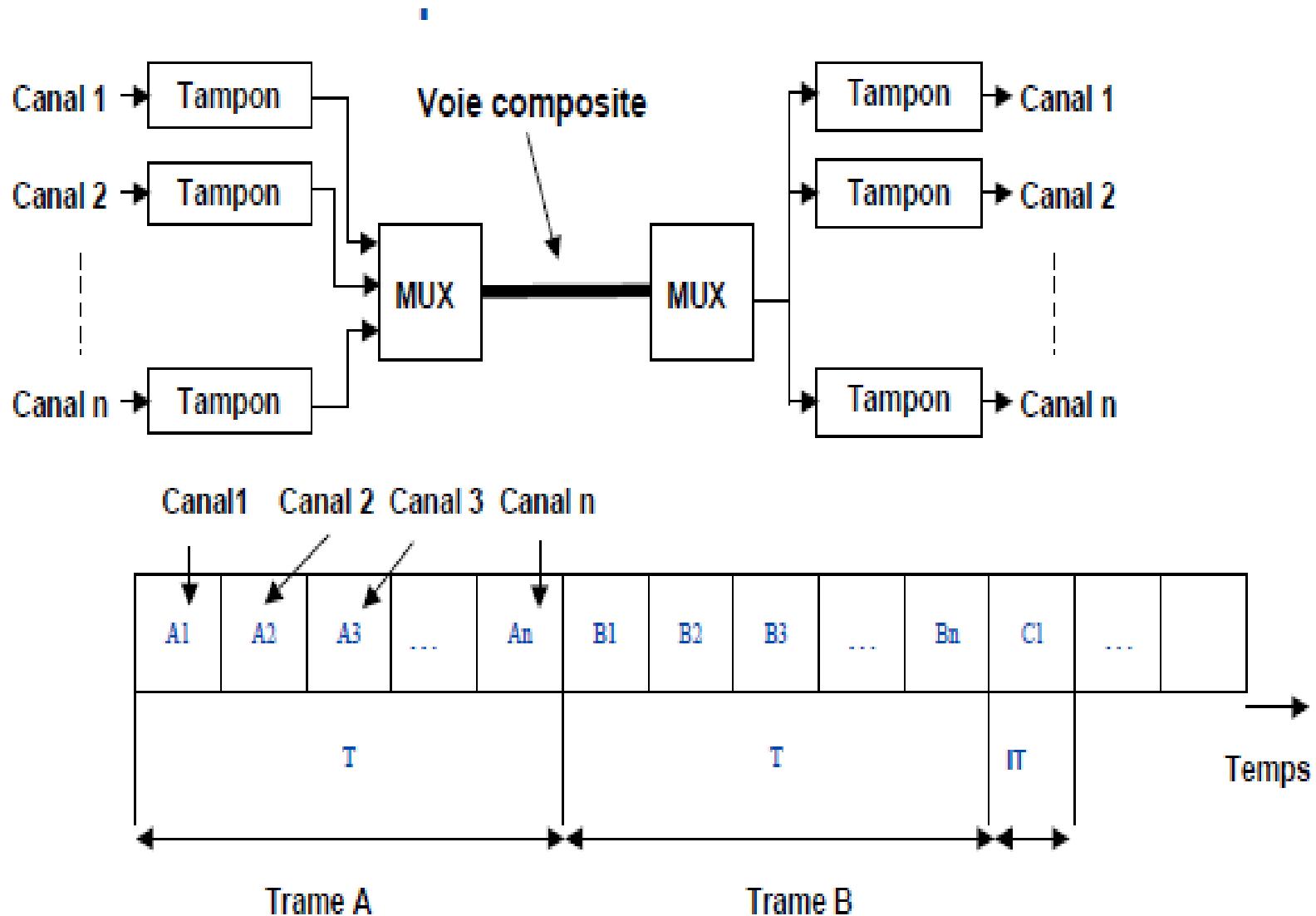


Multiplexage temporel

Principe: Des bits (ou des octets) sont prélevés successivement sur les différentes voies reliées au multiplexeur pour construire un train de bits (ou d'octets) qui constituera le signal composite. Chaque voie est affecté un intervalle de temps (IT), intervalle pendant lequel elle envoie.



Multiplexage temporel



Sommaire:

Chapitre 1: Introduction

Chapitre 2: Notion de signaux

Chapitre 3: Adaptation des signaux aux supports

Chapitre 4: Caractéristiques communes des supports de transmission

Chapitre 5: Principaux supports de transmission.

Chapitre 4: Caractéristiques communes des supports de transmission

Nous appelons support de transmission tout moyen permettant de transporter des données sous forme de signaux de leur source vers leur destination.

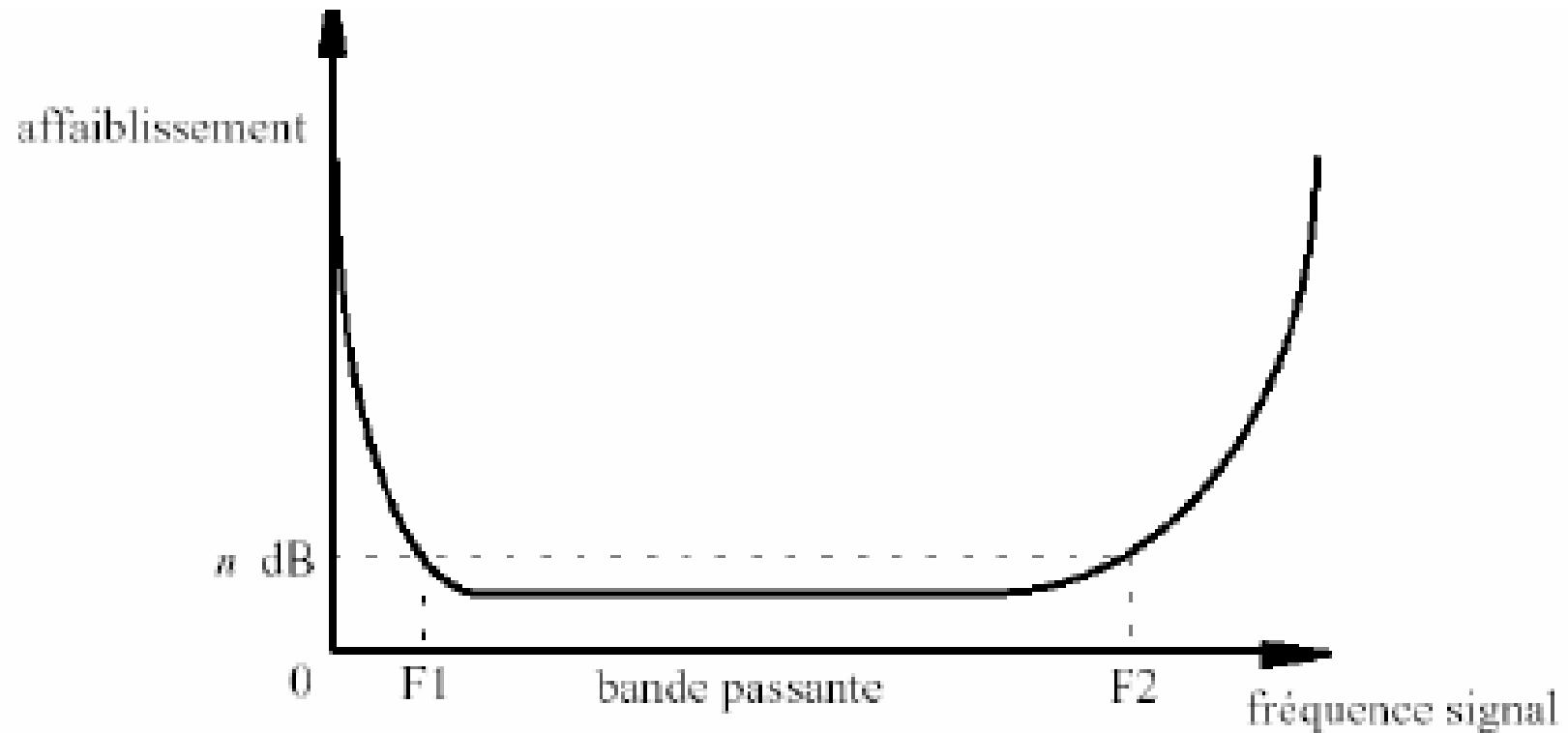
Deux types de supports :

- les supports limites : la paire torsadée, le câble coaxial, la fibre optique ;
 - les supports non limites tels que l'air (infrarouges ou ondes radios).
- Caractéristiques communes à tout support à prendre en compte :

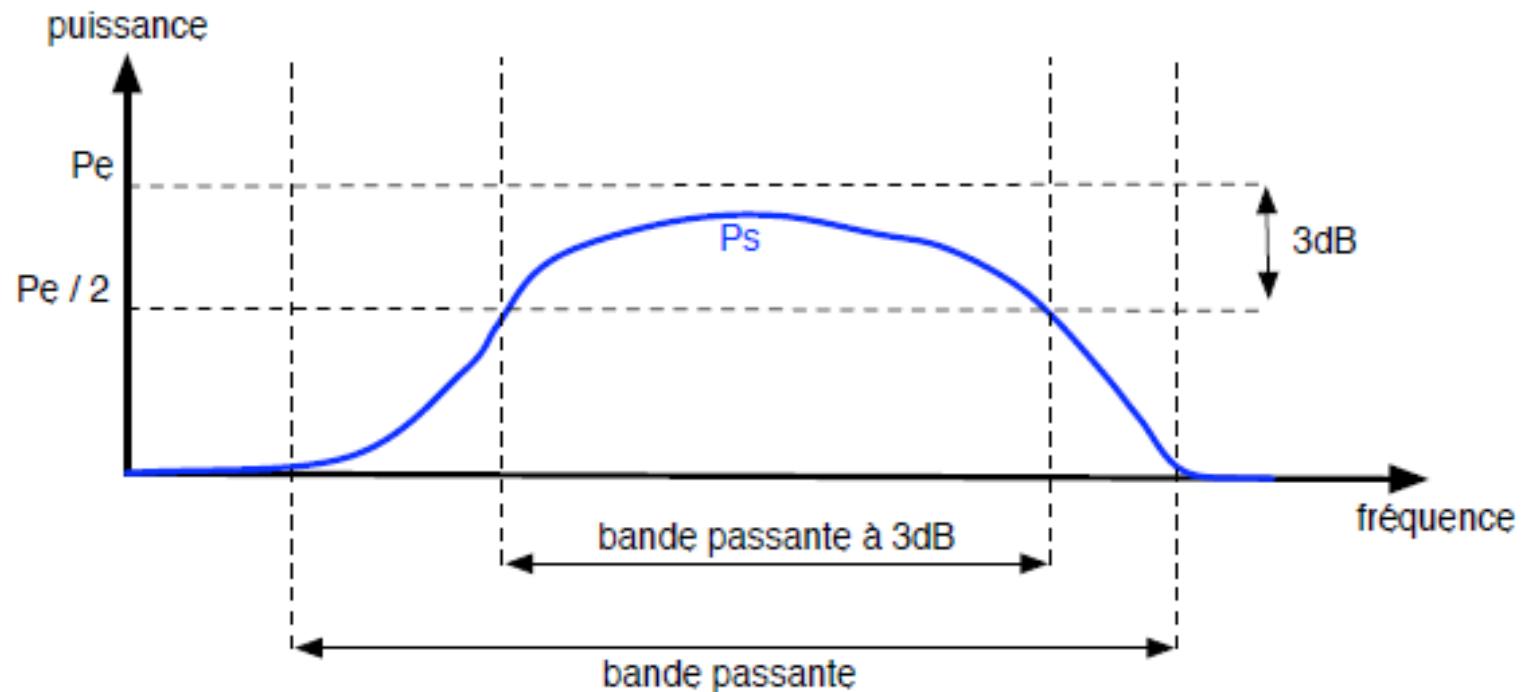
- la bande passante
- le bruit et la distorsion
- la capacité
- l'impédance caractéristique

Bandé passante W

La bande passante d'un canal de transmission est la bande de fréquence dans laquelle les signaux sont soumis à un affaiblissement inférieur ou égal à n dB.



En général, on caractérise un support par sa bande passante à 3dB (décibels) : c'est la plage de fréquence dans laquelle les signaux appliqués à l'entrée du support subissent un affaiblissement inférieur à 3 dB.



L'affaiblissement A (en dB) d'un signal est donné par la formule suivante : $A = 10 \cdot \log P_e/P_s$

Pour que $A < 3\text{dB}$, il faut donc que $P_s > P_e/2$.

Bandé passante et rapidité de modulation maximale

Le nombre maximal de modulation d'un signal par unite de temps est lie a la bande passante du support de transmission par le critere de Nyquist :

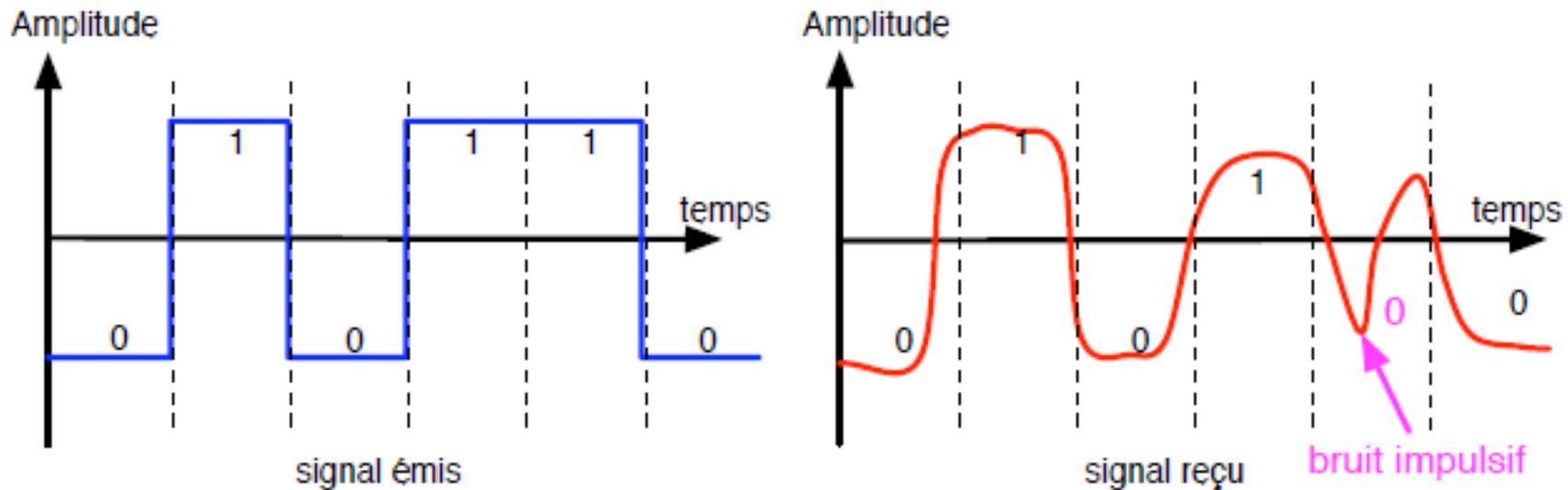
$$M_{max} \leq 2.BP$$

ou BP est la bande passante et M_{max} le nombre de modulation maximal.

Bruits et distorsions

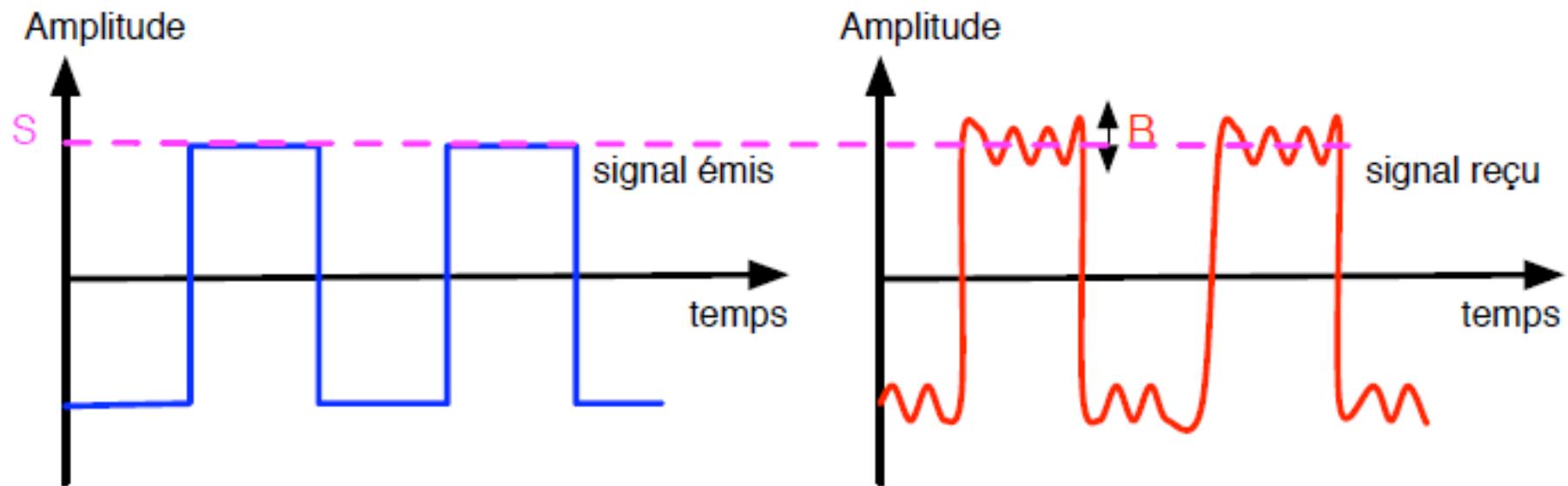
La distorsion du signal peut affecter ce signal jusqu'à le rendre non reconnaissable par le récepteur.

Les bruits impulsifs sont une perturbation brève provenant de l'extérieur. D'intensité élevée, ils peuvent générer des erreurs de transmission.



Ces phénomènes peuvent être limités par le choix du support de transmission

Le bruit blanc provient de l'agitation thermique des électrons. Il est généralement d'amplitude faible et est peu gênant pour les transmissions.



Le rapport entre la puissance (S) du signal transmis et la puissance (B) du bruit s'appelle le rapport signal sur bruit. Si il s'exprime en dB, il vaut :

$$10 \log_{10} S/B$$

Bruits et nombre de valence

Shannon à montré, qu'en milieu perturbé, le nombre de La valence maximale v_{max} d'un support de transmission est donnée par la Relation:

$$v_{max} = \sqrt{1 + S/B}.$$

La capacité

La capacité (ou débit binaire maximal) d'un support de transmission représente la quantité d'information maximale transportée par unité de temps .

Le théorème de Shannon-Hartley donne le débit maximum sur une ligne bruité:

$$D_{max} = M_{max} * \log_2 v_{max} = BP * \log_2(1 + S/B)$$

ou D est le debit (en bit/s), BP est la bande passante du support (en Hz) et S/B est le rapport signal sur bruit (exprimé en valeur et non en dB).

Exercice 01: Soit une liaison téléphonique avec une bande passante de 3100 Hz et un rapport S/B correspondant à 32 dB. Quelle capacité possède cette liaison téléphonique ?

Exercice 02: Sur un support exempt de bruit avec une bande passante entre 500 et 2900 Hz, on dispose d'un modem qui utilise une modulation avec deux états par phase.

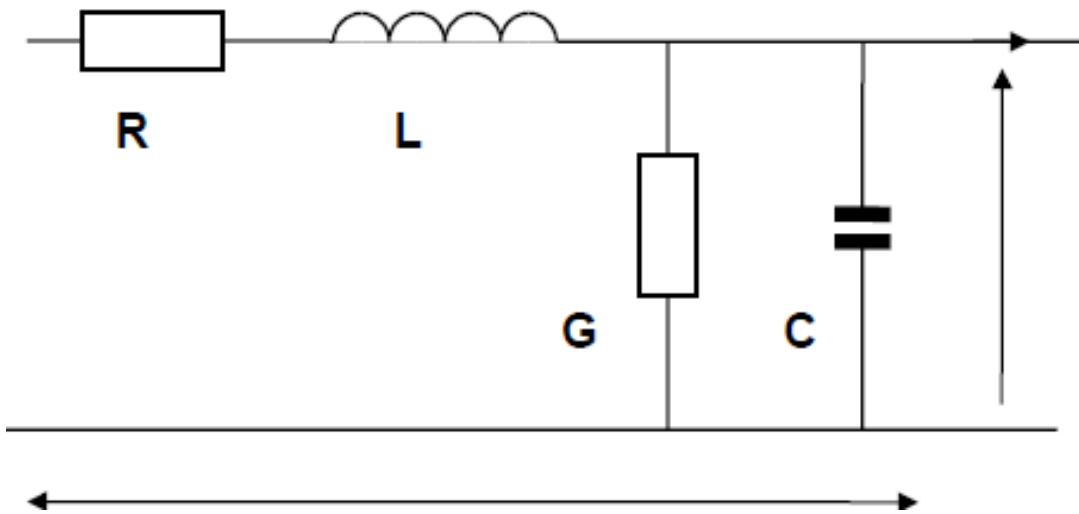
1. Quelle est la rapidité de modulation du modem?
2. calculez le débit ainsi assuré.
3. Que devient le débit si le support est perturbé par un bruit tel que le rapport signal sur bruit est à 26 dB?

Exercice 03: Soit un support de transmission caractérisé par ses fréquences extrêmes : 60 kHz - 108 kHz et par un rapport signal / bruit de 37 dB.

1. Quel est le débit binaire théorique pouvant être obtenu sur ce support ?
2. Même question avec un rapport signal/bruit de 40 dB?
3. Conclure.

I'impédance caractéristique

Une ligne peut être assimilée à une succession de tronçons de longueur dx . Le quadripôle équivalent est composé des paramètres r, l, g, c (R, L, G, C pour $dx=1m$).



- R Résistance des conducteurs (Ω/m)
- L Inductance (H/m)
- G Conductance (fuite des isolants) (Ω^{-1}/m)
- C Capacité (entre les conducteurs) (F/m)

Paramètres primaires

Résistance

L'atténuation d'une ligne dépend essentiellement de R (pertes joules), R dépend :

- de la résistivité du matériau (généralement du cuivre dont $\rho = 1.65 \cdot 10^{-8} \Omega \cdot \text{m}$ à $1.85 \cdot 10^{-8} \Omega \cdot \text{m}$ selon la composition, habituellement $1.7 \cdot 10^{-8} \Omega \cdot \text{m}$).
- de la section ($R=\rho/s$).
- de la température.
- de la fréquence (effet pelliculaire).

Paramètres secondaires

Coefficient de propagation

$$\gamma = \sqrt{(R + jL\omega)(G + jC\omega)} = \alpha + j\beta$$

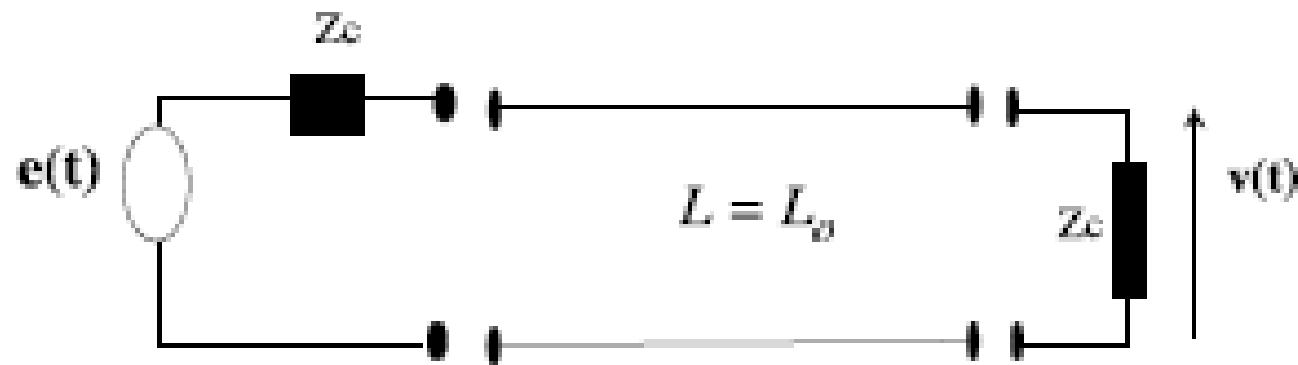
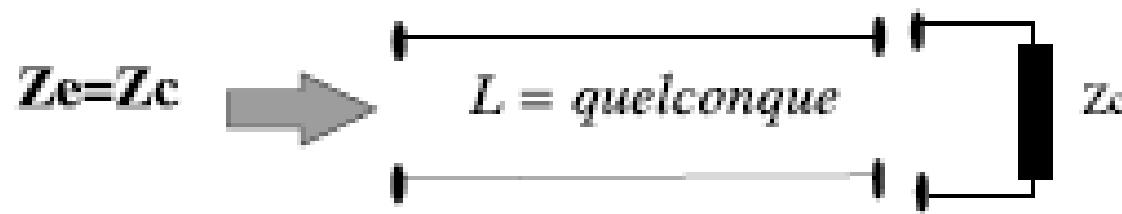
- α atténuation (neper/m)
- β Propagation ou déphasage (rd/m) d'où on peut tirer $v = \omega/\beta$

Impédance caractéristique (indépendant de la longueur)

$$Z_c = \sqrt{\frac{R + jL\omega}{G + jC\omega}}$$
 en Ω , avec $R=G=0$ (pertes nulles) on a $Z_c = \sqrt{\frac{L}{C}}$

Z_c : impédance caractéristique, est impédance d'une ligne de longueur infinie. Donc une ligne de longueur infinie refermée sur un récepteur d'impédance « Z_r » tel que: $Z_c=Z_r$, se comporte comme une ligne infinie on dit alors la ligne est adaptée (adaptation d'impédance).

Toute répture d'impédance ($Z_c \neq Z_r$) provoque une réflexion d'une partie de l'énergie incidente. Cette énergie (onde réflexion ou echo) se combine à l'énergie incidente pour fournir des ondes stationnaires. Pour éviter ces réflexions parasites, il est nécessaire tout au long de la ligne et à chaque raccordement d'un nouvel élément de la liaison de réaliser la continuité de l'impédance, c'est l'adaptation d'impédance.



Pour $R \gg \omega L$

$$Z_c \approx \sqrt{\frac{R}{j\omega C}} = \sqrt{\frac{R}{\omega C}} \exp(-j\pi/4)$$

$|Z_c|$ proportionnel à $\frac{1}{\sqrt{f}}$

$\text{phase}(Z_c) \rightarrow -\pi/4$

$$\gamma = \sqrt{jR\omega C} = \sqrt{\frac{R\omega C}{2}}(1 + j)$$

$\alpha = \sqrt{\frac{R\omega C}{2}}$ proportionnel à \sqrt{f}

$\beta = \sqrt{\frac{R\omega C}{2}}$ proportionnel à \sqrt{f}

Conséquences :

- *impédance difficile à synthétiser (dépend de f) ;*
- *canal avec distorsion (il faudrait α indépendant de f, et β proportionnel à f).*

Pour $R \ll \omega L$

$$Z_c \approx \sqrt{\frac{L}{C}}$$
 réelle pure et constante par rapport à f

$$\alpha = \frac{R}{2} \sqrt{\frac{C}{L}}$$
 constant par rapport à f (si pas d'effet pelliculaire)

$$\beta = \omega \sqrt{LC}$$
 proportionnel à f

Conséquences :

-canal (quasi) parfait