

Transmission de données

Les bases de transmission



Université de M'sila
Département d'Informatique

Spécialité:

Réseaux et Technologies de l'Information et de la Communication

Master 1
2025/2026

Mohamed BAHACHE

Plan

☐ Le canal de transmission

➤ Types

➤ Caractéristiques

- Atténuation et retardement
- Notion de bruit
- Interférence

☐ La bande passante

☐ Débit binaire

☐ Efficacité d'un protocole de communication

☐ Débit physique.

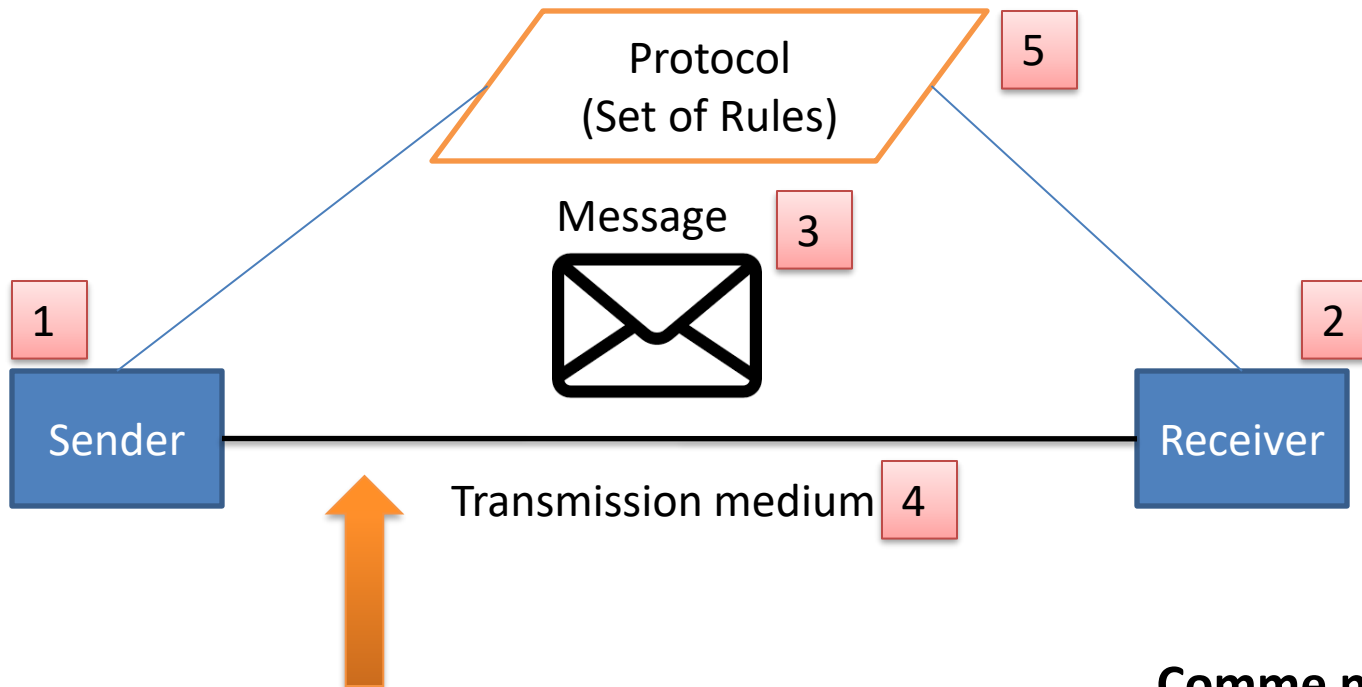
☐ Canal sans bruit(noiseless channel)

➤ Théorème de Nyquist

☐ Canal bruité(noisy channel)

➤ Théorème de Shannon

Le canal de transmission de données (support/medium)



Dans ce chapitre nous allons concentré sur le canal de transmission des données.

Comme nous l'avons déjà présenté dans notre premier chapitre , l'opération de transmission des données contient cinq composantes principales.

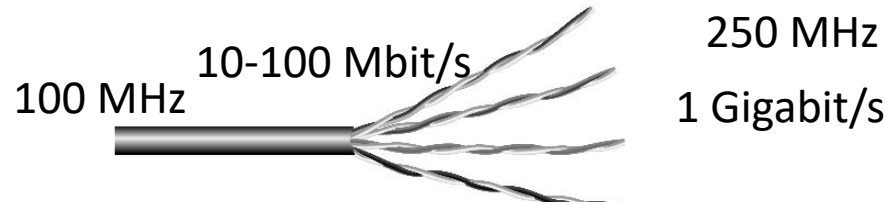
Le canal de transmission de données (support/medium)

On peut classer les canaux ou les supports de transmission en deux classes:

Les **support guidés(guided transmission media)** ,et les **supports non guidés(unguided transmission media)**.

❑ Les support guidés

➤ Paires torsadés

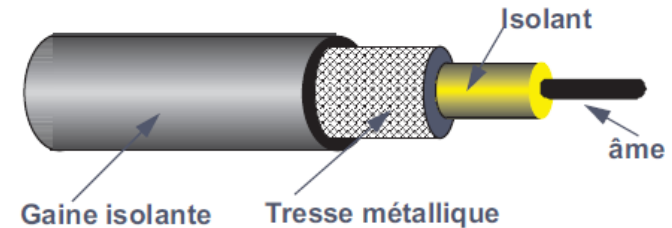


➤ Câble coaxiale

300 à 400 MHz.

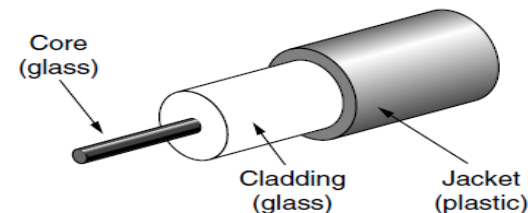
10 Mbit/s

Distance 1km



100 Gbps for 100 km without amplification monomode

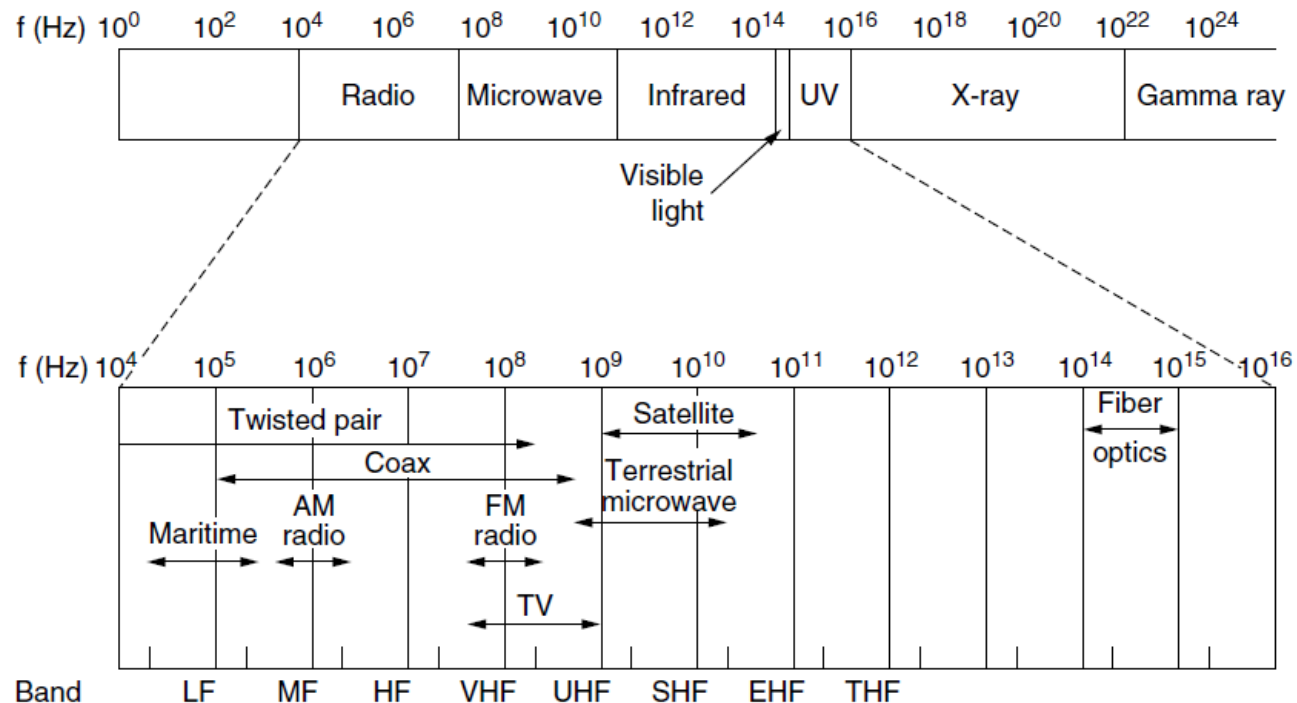
➤ Fibre optique



Le canal de transmission de données (support/medium)

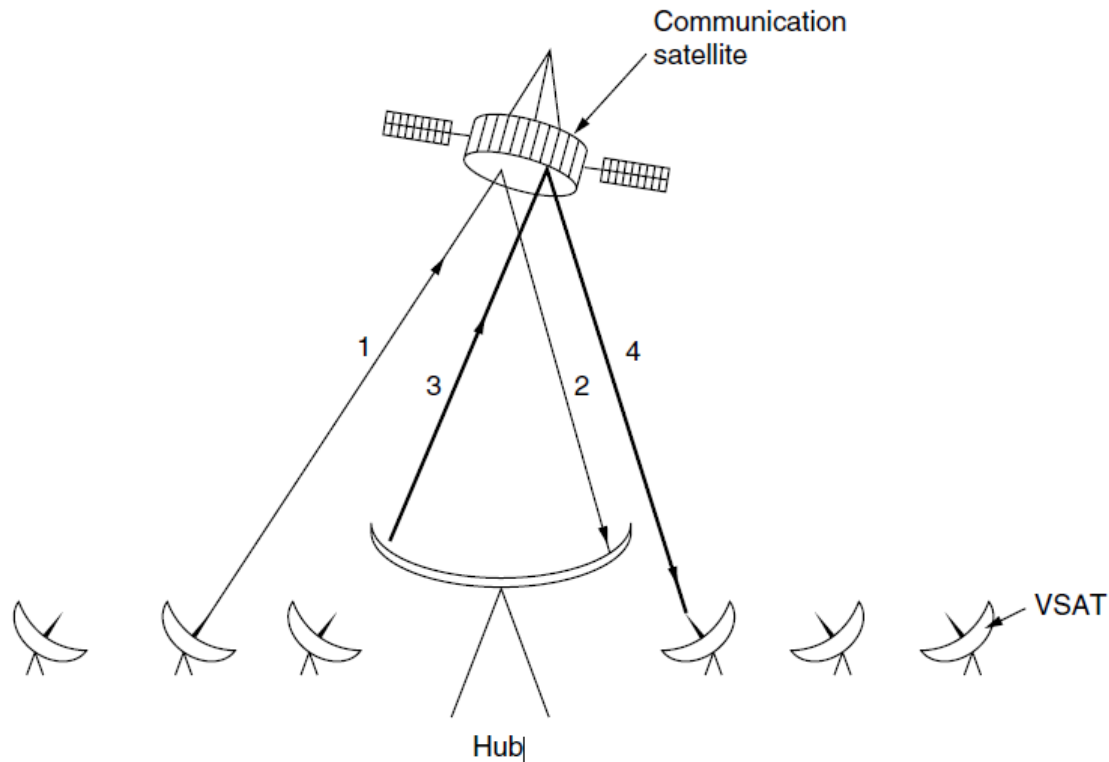
❑ Les support non guidés

- Ondes radio fréquence (Radio frequency RF)
- Micro-ondes(Microwave)
- Infrarouge(Infrared)



Le canal de transmission de données (support/medium)

➤ Satellite



Le canal de transmission de données (support/medium)

➤ Satellite

Band	Downlink	Uplink	Bandwidth
L	1.5 GHz	1.6 GHz	15 MHz
S	1.9 GHz	2.2 GHz	70 MHz
C	4.0 GHz	6.0 GHz	500 MHz
Ku	11 GHz	14 GHz	500 MHz
Ka	20 GHz	30 GHz	3500 MHz

Les principales bandes de fréquences satellite

Le canal de transmission de données (caractéristiques)

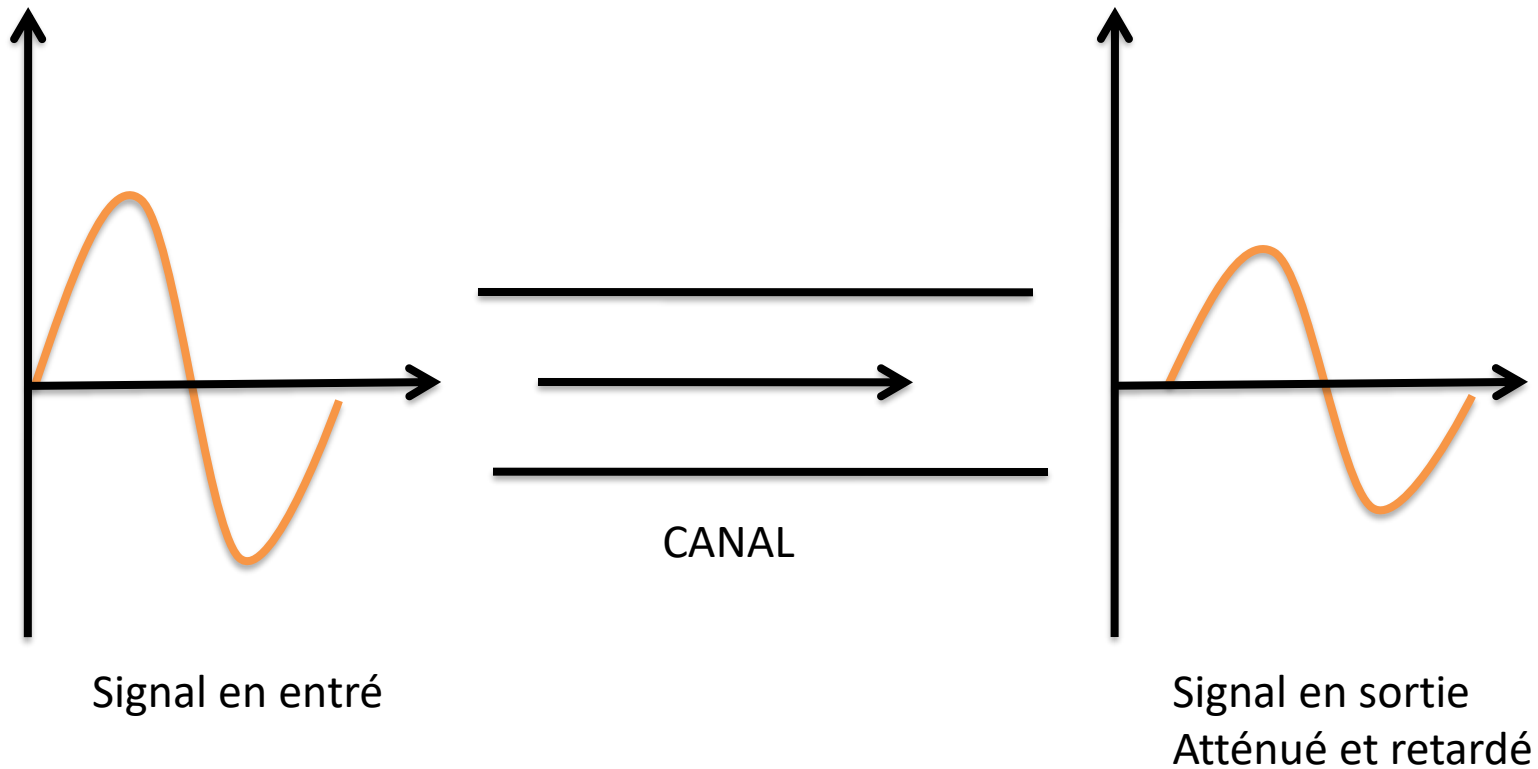
❑ Un canal physique de transmission (paire torsadées, câble coaxiale, fibre optique, ondes radio(RF),....)

Est sujet à des effets indésirables due l'environnement interne
Ou externe:

❑ **Atténuation et retardement**

Lors de transmission du signal via le canal ce dernier cause une perte d'énergie (effet du joule), de ce fait l'amplitude du signal sera atténuée .

Le canal de transmission de données (caractéristiques)



Le canal de transmission de données (caractéristiques)

On peut mesurer cette atténuation en décibels(dB)
par la formule suivante :

$$A = 20 \log_{10} \left(\frac{A_s}{A_e} \right)$$

As: L'amplitude du signal en sortie

Ae: l'amplitude du signal en entrée

$$20 \log_{10} (V_2/V_1).$$

Le canal de transmission de données (caractéristiques)

❑ Notion du Bruit(noise)

Le bruit est un signal perturbateur provenant du canal lui-même ou de son environnement externe, il s'ajoute au signal des informations provoque des erreurs .

Il existe deux types de bruit ,bruit blancs et bruit impulsif.

➤ **Bruit blanc**

Le bruit blanc provient de l'agitation thermique des électrons. Ses composantes (raies de fréquence) sont également réparties dans le spectre des fréquences, d'où son nom. D'amplitude généralement faible, il est peu gênant pour les transmissions.

Le canal de transmission de données (caractéristiques)

➤ Bruit impulsif

ce type de bruit caractérisé par des impulsions relativement élevées, produit par l'environnement externe du canal tels que: autres canaux dans le voisinage, phénomène atmosphériques, solaire, ...

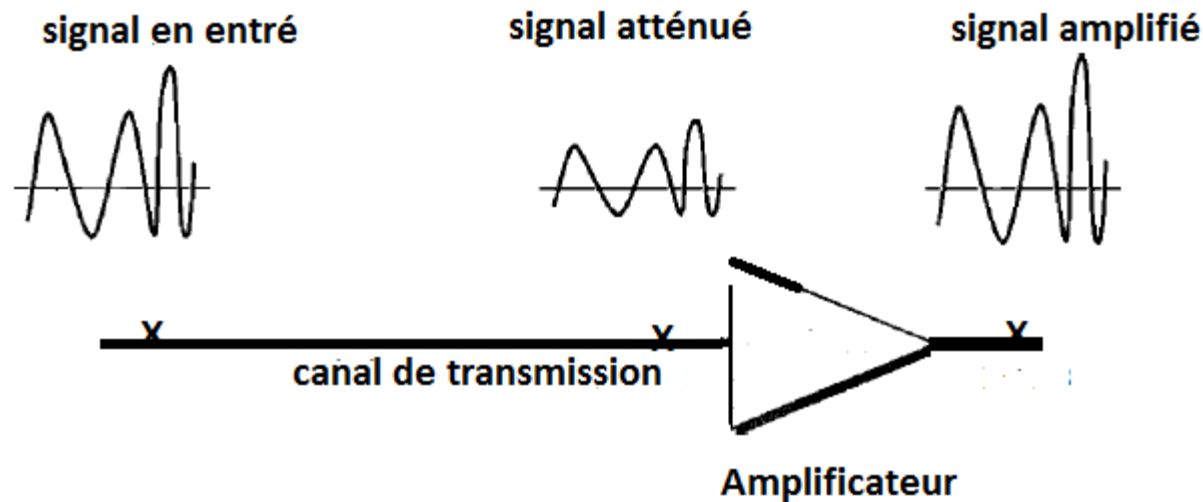
N.B: on peut souvent protéger le canal contre le bruit impulsif, mais jamais contre le bruit blanc.

La formule suivante permet de calculer le rapport signal/bruit **SNR (Signal-to-Noise- Ratio)**.

$$\frac{S}{N}_{(dB)} = 10 \log_{10} \left(\frac{P_s}{P_e} \text{ (valeur)} \right) \Leftrightarrow \frac{P_s}{P_e} = 10^{\frac{(S/N)_{dB}}{10}}$$

Le canal de transmission de données (caractéristiques)

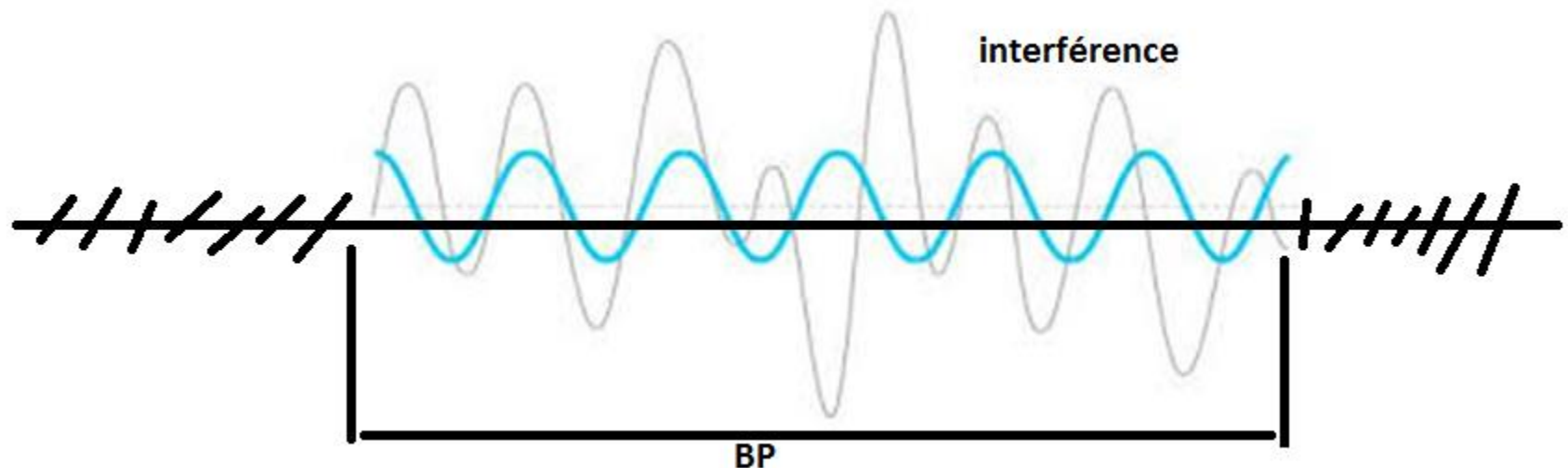
On peut utiliser des amplificateur dans le cas d'atténuation, mais on ne peut pas dans le cas de bruit.



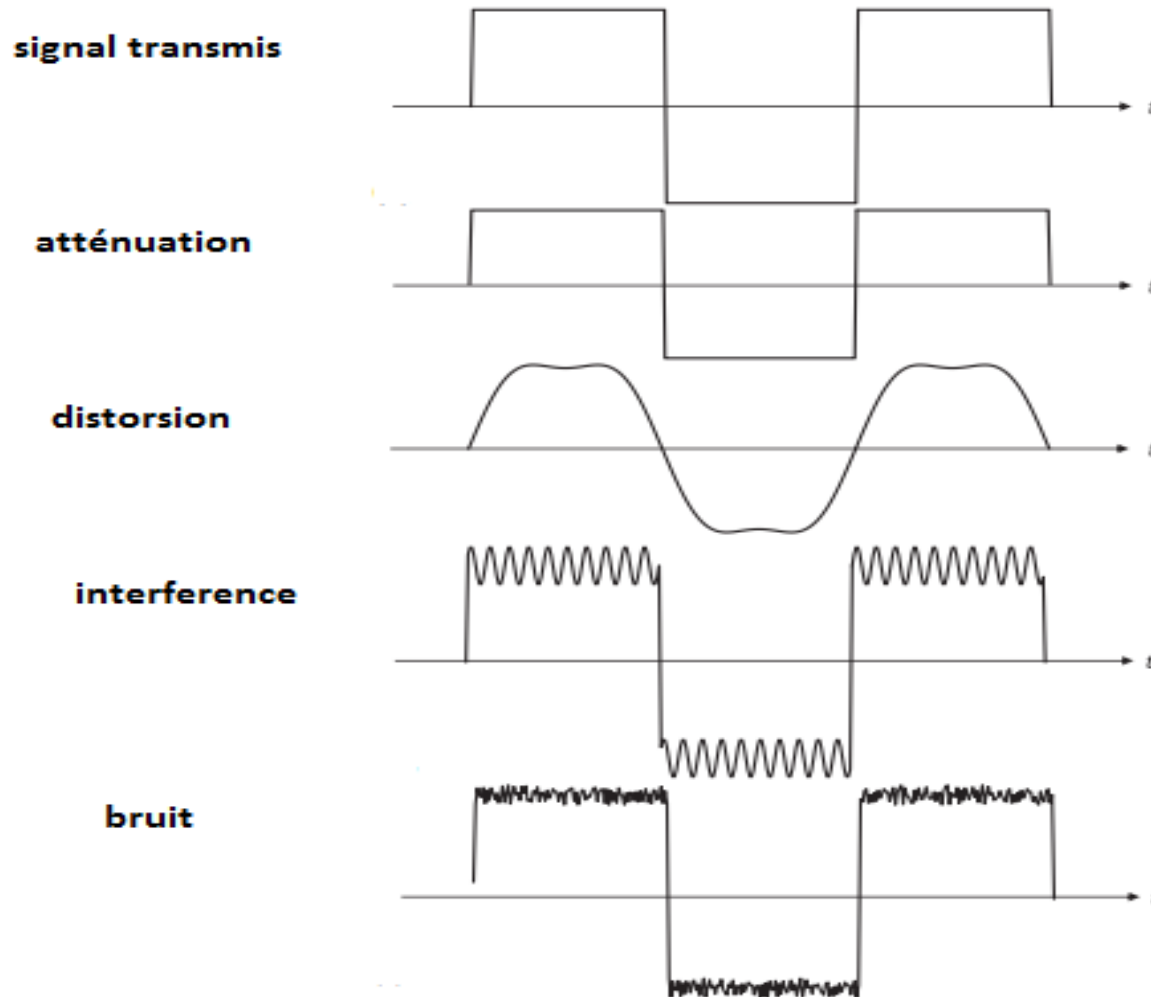
Le canal de transmission de données (caractéristiques)

❑ Interférence

Le canal de transmission peut être partagé entre plusieurs émetteur pour envoyer leurs signaux , et dans ce cas une interférence entre les signaux envoyés peut être produit.



Le canal de transmission de données (caractéristiques)



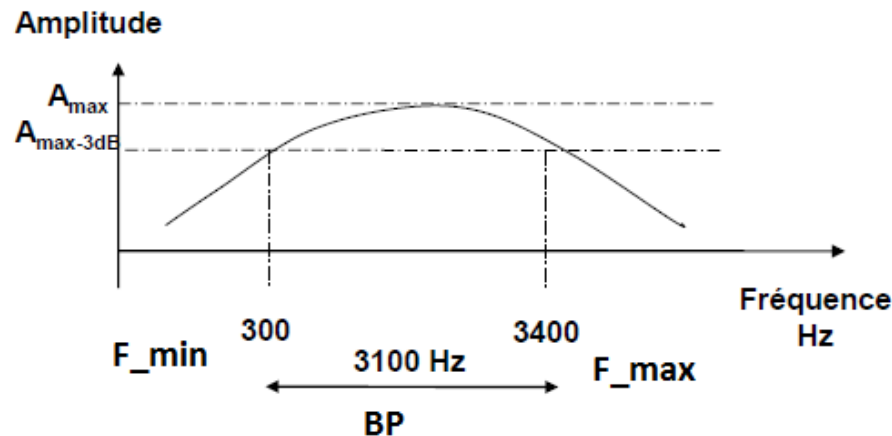
Le canal de transmission de données (caractéristiques)

❑ La bande passante

La bande passante caractérise tout support de transmission, c'est la bande de fréquences dans laquelle les signaux sont correctement reçus :

$$BP = F_{\max} - F_{\min} \quad \text{en Hz}$$

Exemple



Le canal de transmission de données (caractéristiques)

❑ Notion de débit binaire

Les système informatique adopte le système **binaire** pour représenter et traiter les informations, l'opération de conversion l'information en représentation binaire appelée **codage/ numérisation**, et l'opération inverse appelée **décodage**

➤ Quant à la transmission de données , on appelle **débit binaire** (D) est le nombre de bits envoyés sur un support de transmission pendant une unité du temps.

D: Débit binaire en bits/s

Q: Quantité d'information élémentaire (nbr de bits)

t: le temps nécessaire pour envoyer Q, (en s).

$$D = \frac{Q}{t}$$

Le canal de transmission de données (caractéristiques)

➤ **Taux d'erreurs**(efficacité d'un protocole de communication)
taux d'erreur binaire (Bit Error Rate) ,
rapport du nombre de bits reçus en erreur au nombre de bits
total transmis.

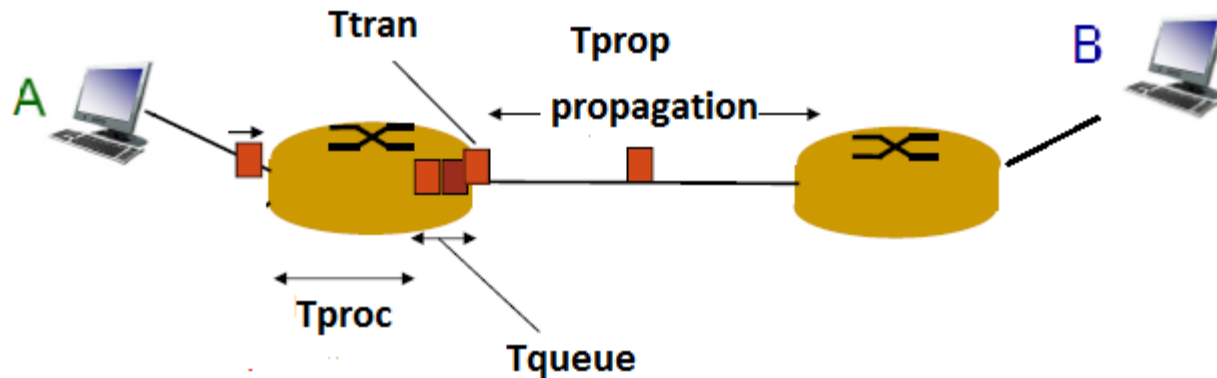
$$Taux_{erreur} = \frac{nbr_bits_erronés}{nbr_bits_transmis}$$

Le canal de transmission de données (caractéristiques)

➤ *Le temps de transfert*

Le temps de transfert, (transit, latence), est le temps entre l'émission d'un bit, à l'entrée du réseau et sa réception en sortie du réseau.

Ils consiste le temps de propagation , le temps de traitement



$$T_{transfert} = T_{proc} + T_{queue} + T_{trans} + T_{prop}$$

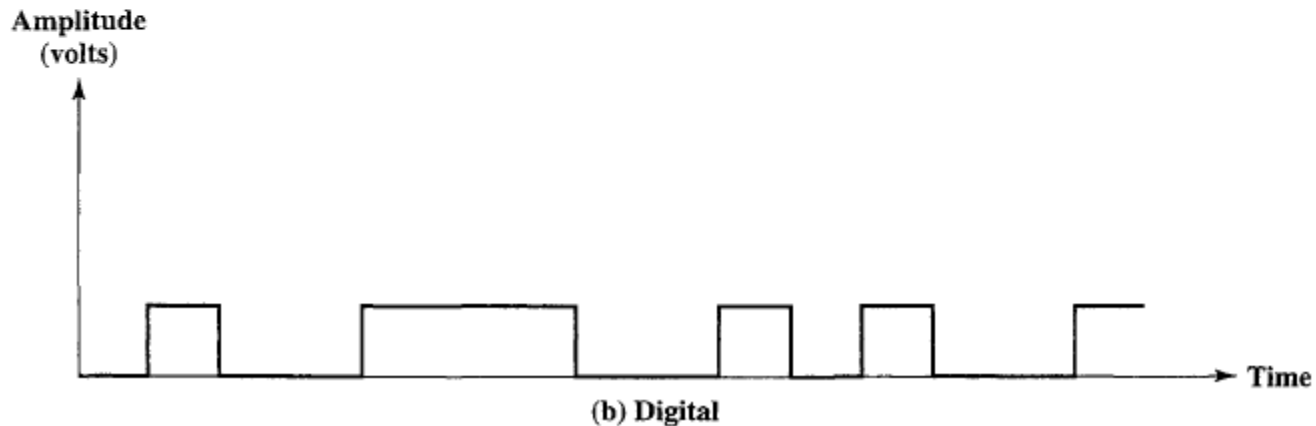
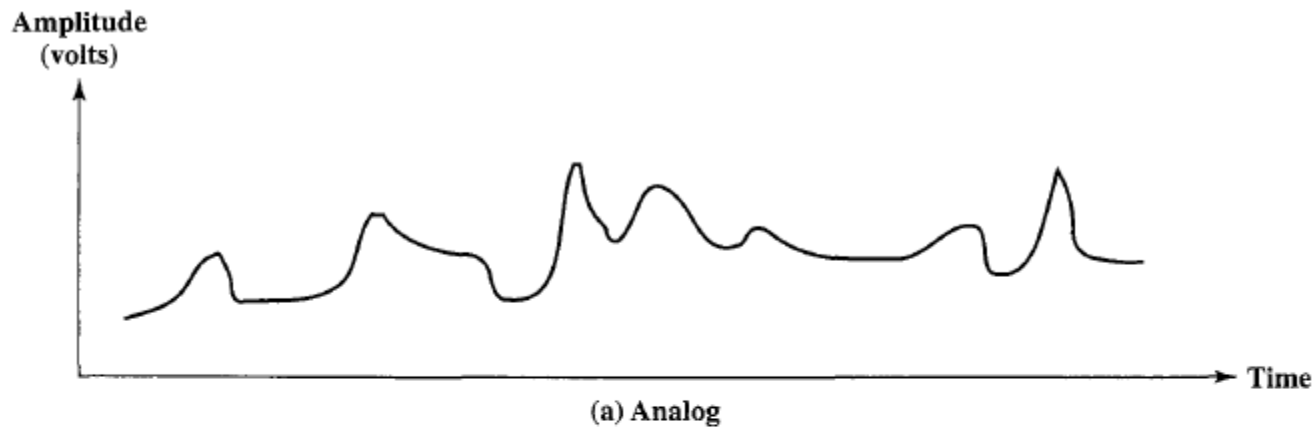
Le canal de transmission de données (caractéristiques)

$$t_{trans} = \frac{tail_msg}{larg_band}$$

$$t_{propag} = \frac{dist}{vitesse_propag}$$

Débit binaires vs débit physique (Data rate vs signal rate)

□ Domaine (temporelle



Débit binaires vs débit physique

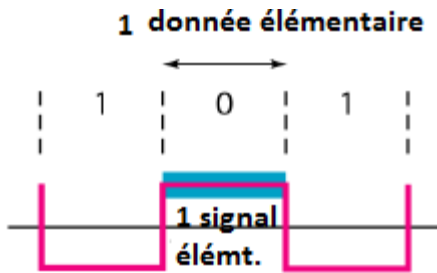
(Data rate vs signal rate)

□ Signal élémentaire vs donnée élémentaire

Le processus de transmission consiste à envoyer des messages, des données, la donnée la plus petite appelée **donnée élémentaire (bit)**. Par exemple dans la transmission en bande de base, ces données élémentaire seront transformées en signal carré, le signal le plus petit appelé **signal élémentaire** (un signal transporte des données).
r: le taux (ratio) est le nombre de données élémentaire transportées par un signal élémentaire (voir la figure suivante).

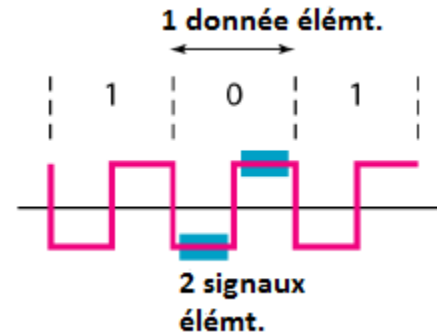
Débit binaires vs débit physique

(Data rate vs signal rate)

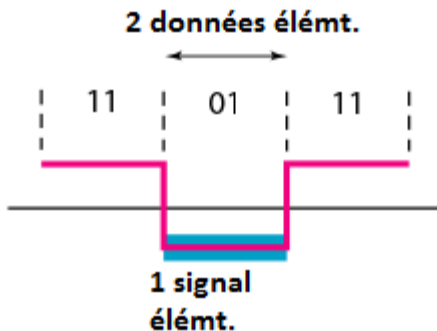


$r=1$

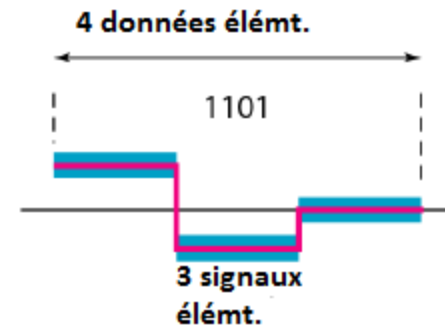
$$S = \frac{D}{r}$$



$r=1/2$



$r=2$



$r=4/3$

D: Débit binaire en bits/s.
S: Débit physique en bauds

Débit binaires vs débit physique

(Data rate vs signal rate)

$$S = \frac{c \times D}{r}$$

D: Débit binaire en bits/s.

S: Débit physique en bauds

c: paramètre (pire des cas, meilleur des cas, moyenne)

$$c \in [0,1]$$

Exemple:

Si on code 4bits par un signal élémentaire, en bande de base, si on a 1000 signal élémentaire Sont envoyés par second , trouver e débit binaire.

R=4,S=1000 bauds , donc D=4Kbits/s

canal non bruité (noiseless channel)

Théorème de Nyquist

❑ La capacité maximale d'un canal sans bruit (Noiseless channel)

➤ Les travaux de Henry Nyquist, ont éprouvé qu'un canal de transmission sans bruit(noiseless), a une capacité maximale déterminée par l'équation suivante:

$$D = R \log_2(V) \quad \text{bits/s}$$

C:capacité maximale

BP: la bande passante du canal

V: la valence du signal(niveaux de voltage)

R: rapidité de modulation

$$R = 2BP \quad \text{bauds}$$

➤ Comme résultat le signal filtré peut être reconstruit en faisant seulement 2B (exacts) échantillons (samples) par seconde.

➤ La bande passante limite la **rapidité de modulation**

canal non bruité (noiseless channel)

Théorème de Nyquist

❑ **Exemple** : soit un modem qui fonctionne avec une bande passante de 3100 Hz; et valence $V=8$ alors
 $C=18600$ bps

canal bruité (noisy channel)

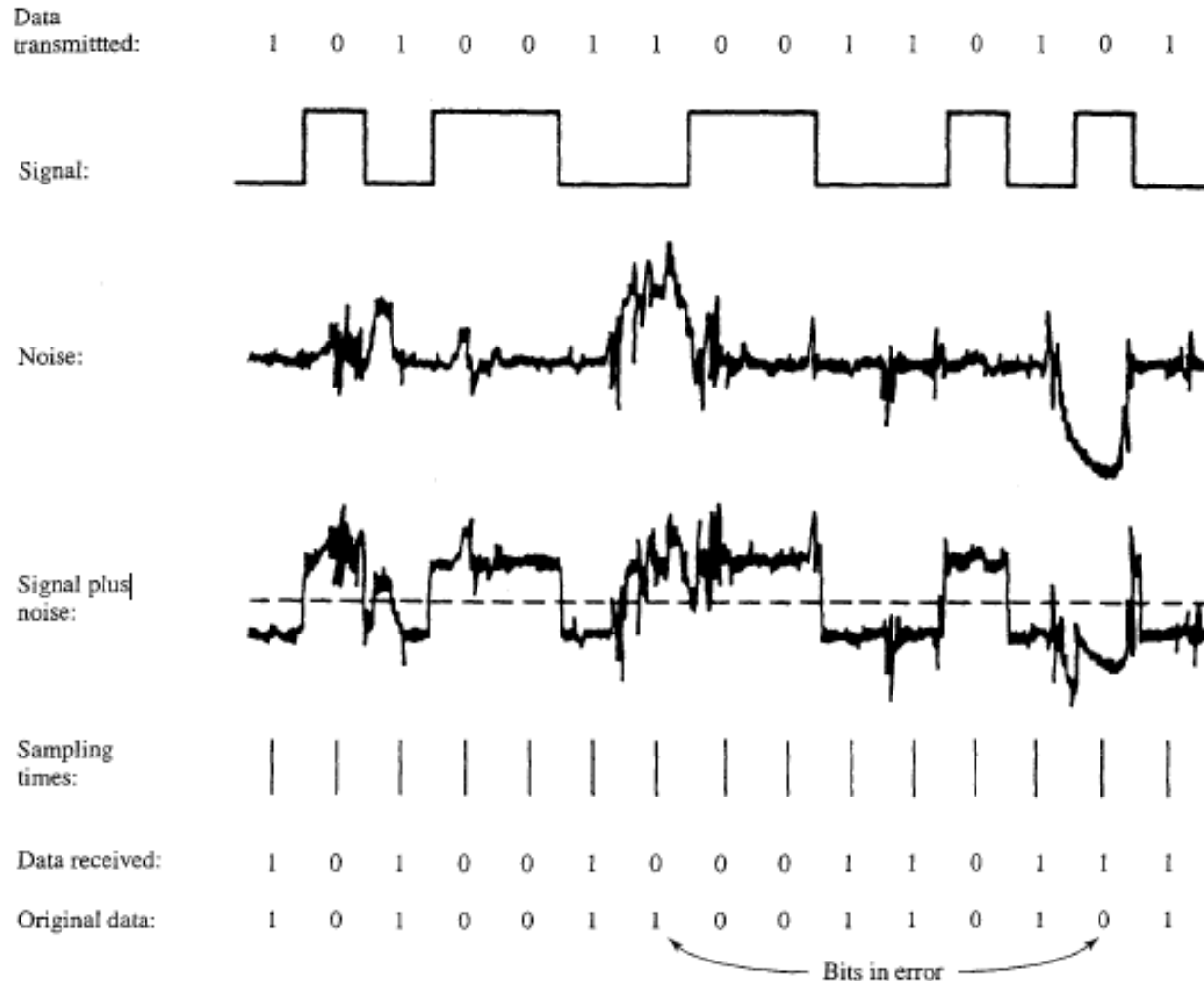
Théorème de Shannon

□ La capacité maximale d'un canal bruité (Noisy channel)

Maintenant on considère la présence du bruit : comme présenter par la figure suivante :

canal bruité (noisy channel)

Théorème de Shannon



canal bruité (noisy channel)

Théorème de Shannon

□ La capacité maximale d'un canal bruité (Noisy channel)

Le résultat majeur du Shannon dit que pour un canal de transmission bruité (noisy channel), a **une bande passante B Hz** et **Signal-to-Noise Ratio S/N**, le débit maximal de transmission est donné par l'équation :

$$C = BP \log_2 (1 + S/N) \quad \text{bits/s}$$

S/N est en Décibels mais dans la formule on utilise la valeur du rapport entre les deux puissance du signal

$$C = BP \log_2 (1 + P_s/P_e) \quad \text{bits/s}$$

canal bruité (noisy channel)

Théorème de Shannon

Exemple: supposons un canal de transmission fonctionne entre 3MHz et 4MHz; et

SNR =24 dB; donc:

$B=4\text{MHz}-3\text{MHz}=1\text{ MHz}$

$\text{SNR(dB)}=10\log_{10}(\text{SNR})=24\text{dB}$

$\text{SNR}=251$

D'après la formule de shannon

$C=8\text{Mbps}$

Bibliographie

SHANNON, Claude Elwood. A mathematical theory of communication. *The Bell system technical journal*, 1948, vol. 27, no 3, p. 379-423.

FOROUZAN, Behrouz A. *Data communications and networking*. Huga Media, 2007.

STALLINGS, William. *Wireless communications & networks*. Pearson Education India, 2009.

SERVIN, Claude. *Réseaux et télécoms-4ème édition*. Dunod, 2013.