

Module R305

Chaînes de transmission numériques

(S3 – RT2 – Coeff. 22)

Sera suivie d'une Saé (Coeff. 25 dans RT2)

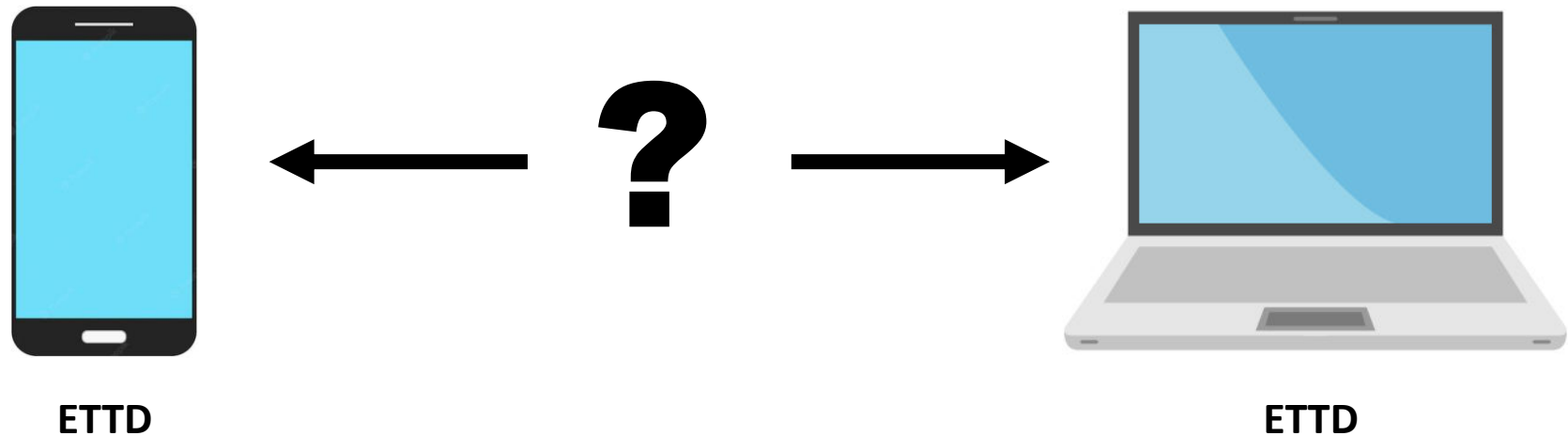
– Chapitre 1 –

Notions sur les télécommunications

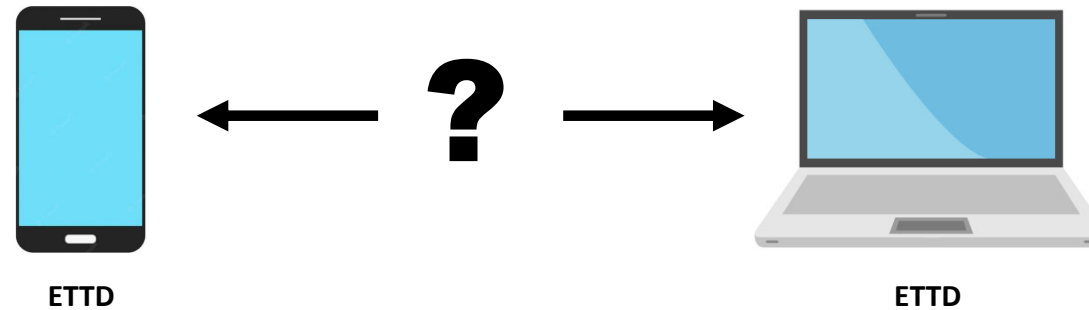
I. Problématiques en Télécommunications

I.1 L'idée « simple » de départ

Il s'agit de permettre à au moins deux terminaux de communiquer entre eux afin que des usagers puissent échanger ou consulter des informations.



ETTD : Équipement Terminal de Traitement de Données

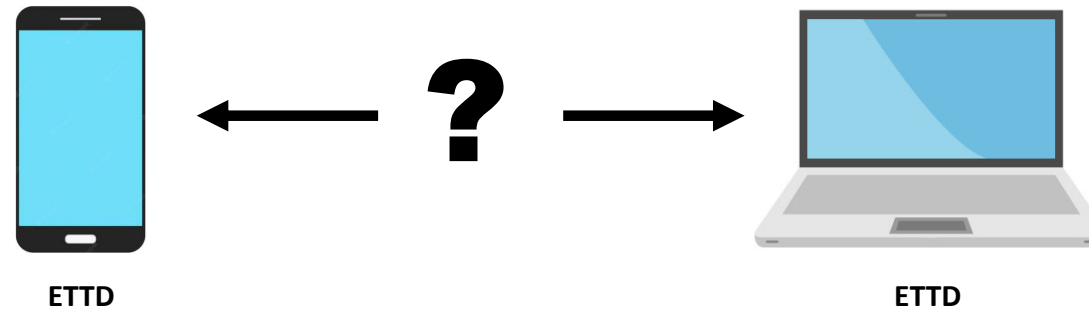


Pour que deux terminaux puissent communiquer entre, il faut :

- ❶ qu'ils aient des informations à s'échanger : symboles, écrits, images fixes ou animées, son, vidéos, ...
- ❷ que ces informations soient véhiculées par un signal : électrique, radioélectrique (électromagnétique) ou optique
- ❸ que ces signaux soient transportés sur un support (support de transmission ou canal de transmission) : câbles en cuivre, air ou vide, fibres optiques

I. Problématiques en Télécommunication

I.1 L'idée « simple » de départ



Pour que l'échange d'informations entre entités communicantes soit fiable, il faut :

- ❶ que le codage et le décodage de l'information soient **compréhensibles** par chacune des entités
- ❷ que le signal soit « **adapté** » au support de transmission
- ❸ qu'une procédure d'échange (protocole = ensemble de règles à suivre pour effectuer un échange d'information) soit respecté

Les notions de codage de l'information ont été abordé lors du module « R206 – Numérisation de l'information » au semestre 2.

Les notions de « signal adapté » et de « support de transmission » vont être abordées durant ce module (R305 : « Chaînes de transmission numériques » en s'appuyant sur d'autres modules tel que le module R205 : « Signaux et systèmes pour les transmissions » que nous avons vu en BUT1.

Enfin, les notions de « protocoles » font référence aux modules de réseaux.

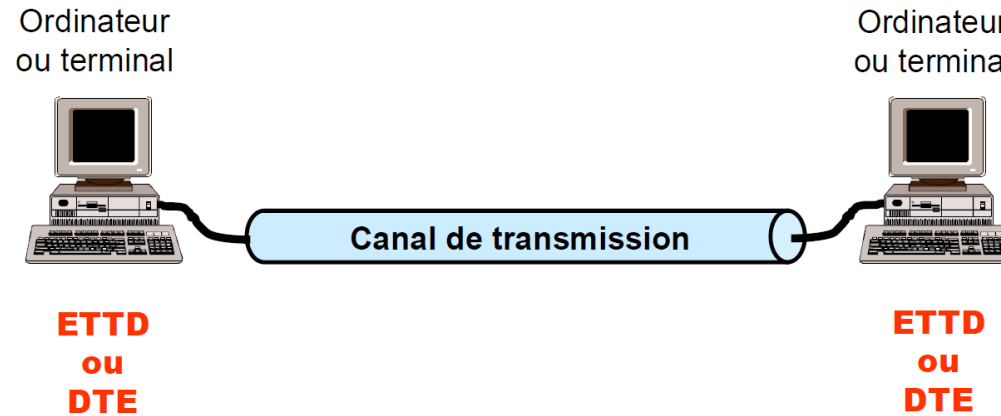
Dans ce chapitre, nous allons survoler un certain nombre de point qui font qu'un échange de données peut (ou pas) se faire.

Dans les chapitres suivants, nous verrons comment il est possible d'adapter et d'optimiser ces échanges en tenant compte d'un certain nombre de critères.

I.2 Organisation d'un système de communication

- Les équipements communicants sont voisins (moins de ~100 m).

Les deux terminaux peuvent être raccordés directement l'un à l'autre à partir d'un de leur port de communication (Ethernet, USB, port série, ...), sans passer par d'autre équipements.

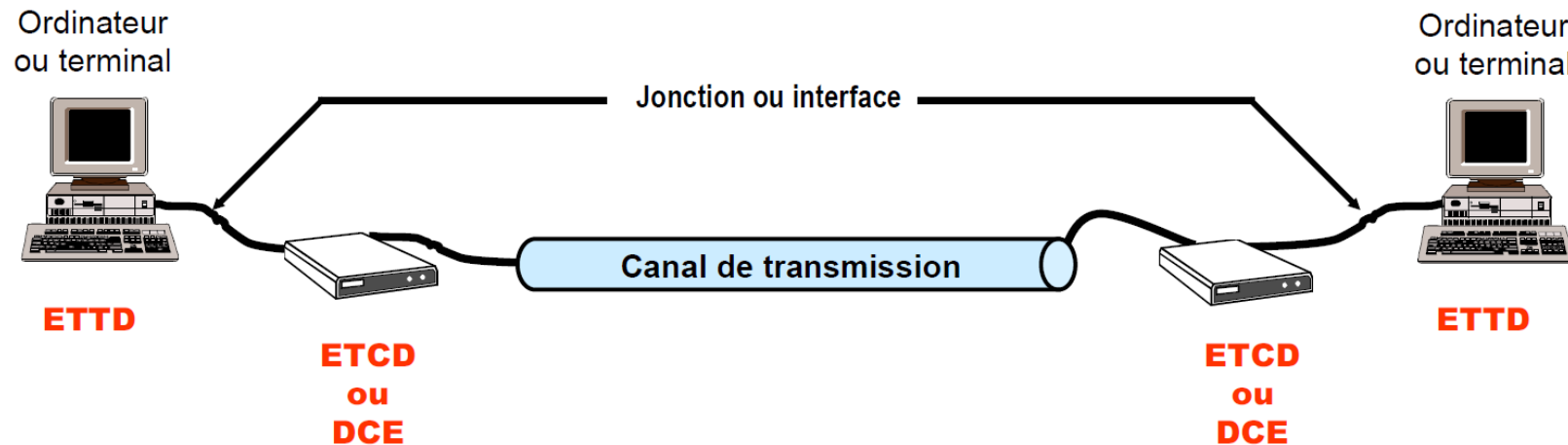


Canal de transmission : (c'est une partie ou la totalité du support physique) : paires torsadées, câble coaxial, fibre optique, espace libre.

ETTD : Equipement **T**erminal de **T**raitement de **D**onnées, (ou **DTE** : Data Terminal Equipement), ce sont les terminaux.

- Les équipements communicants sont distants (plus de 100 m, à plusieurs milliers de km).

Les deux terminaux ne peuvent plus être connectés directement entre eux car le signal transportant l'information doit parcourir des distances élevées. Ce signal doit disposer d'une certaine puissance pour pouvoir se propager « loin » et de plus, il doit avoir des caractéristiques favorables et adaptées à celles du canal de transmission.



ETCD : Equipement Terminal de Circuit de Données, (ou **DCE** : Data Circuit Equipment), ce sont des équipements qui adaptent le signal entre le terminal et le canal de transmission sans modifier l'information (ex. : Box, carte Wifi,...)

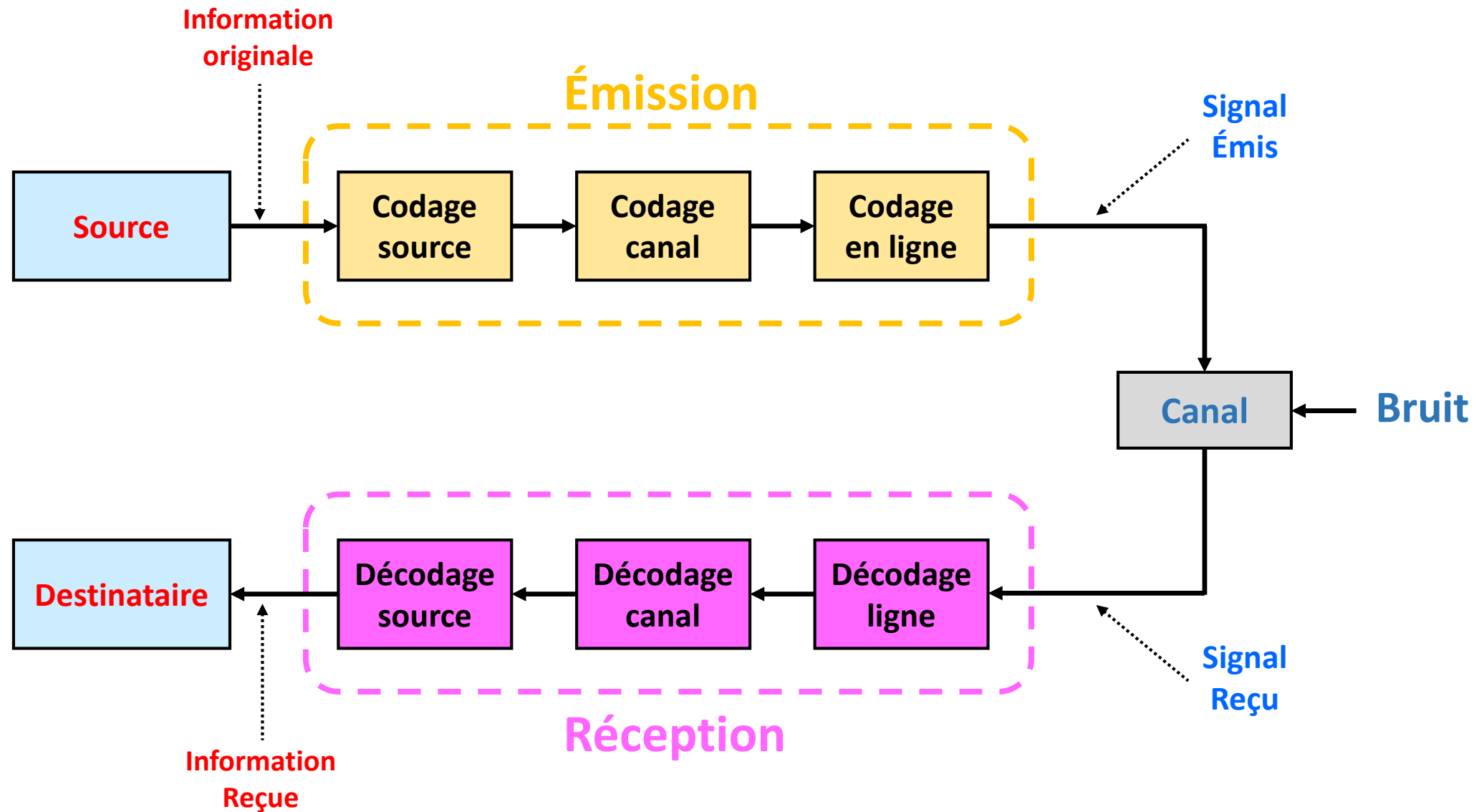
I.3 Pour conclure

Afin de proposer aux usagers des services plus nombreux et de meilleure qualité, les performances des réseaux sont de plus en plus élevées.

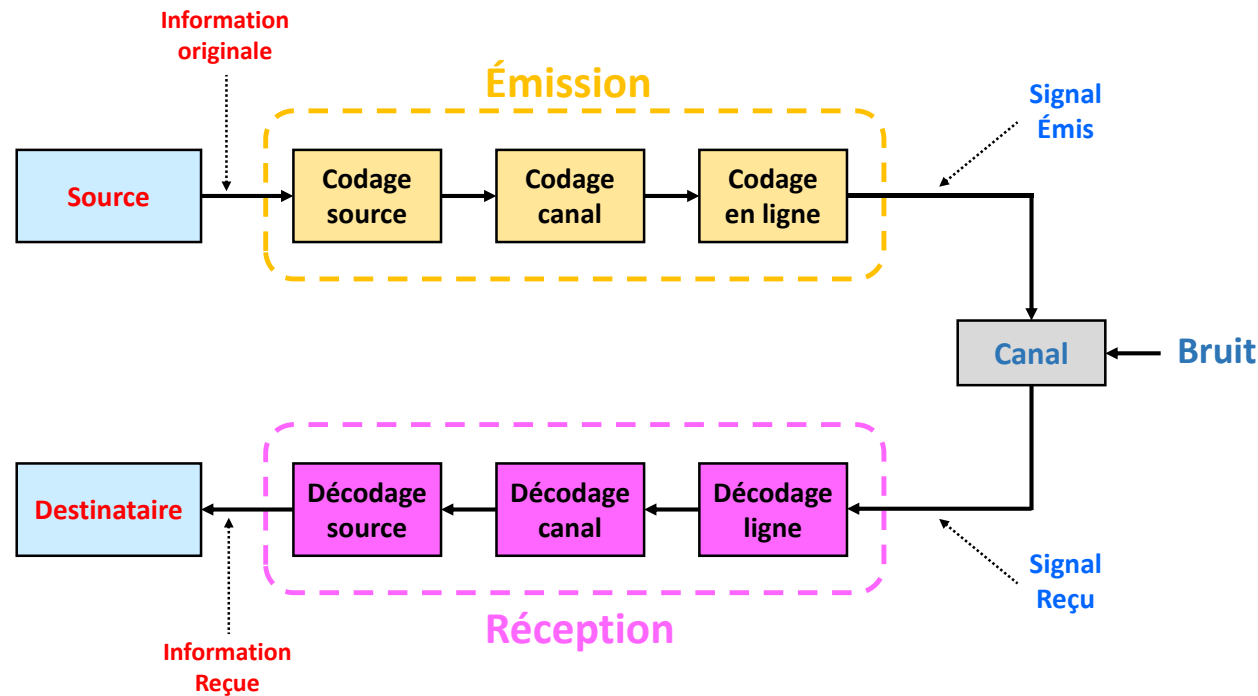
Augmenter ces performances passe par une très bonne maîtrise des aspects physiques qui sont le frein à toute amélioration.

Nous verrons dans ce cours que la limite des performances d'un réseau (particulièrement le débit offert à l'utilisateur) ne relève que d'aspects physiques liés aux signaux et aux caractéristiques des supports de transmission.

II. Chaîne de transmission numérique – Schéma synoptique



II. Chaîne de transmission numérique – Schéma synoptique



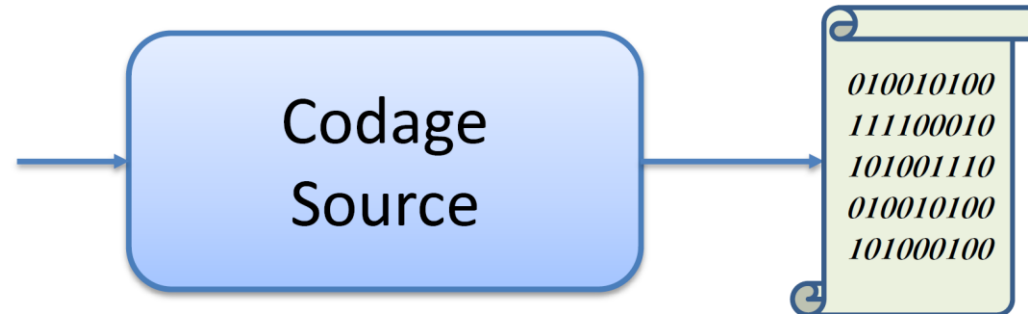
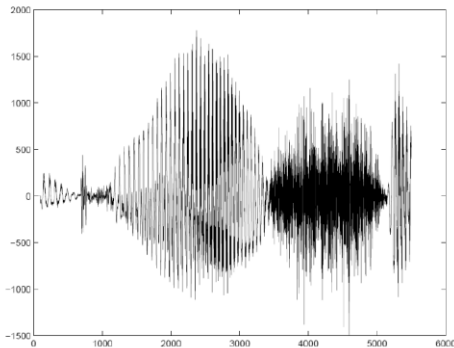
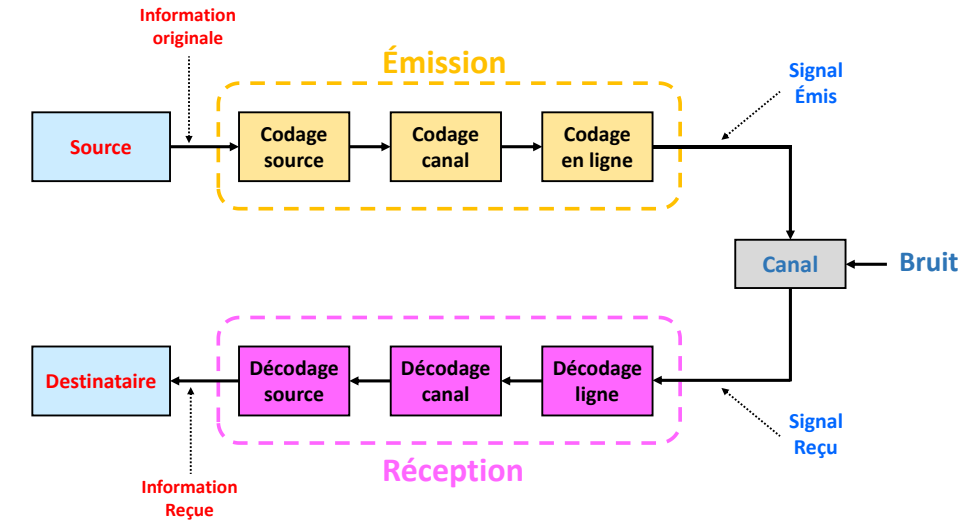
- **Source** : toute grandeur (physique, biologique, ...) peut être considérée comme source ou émetteur d'une information.
- **Signal** : c'est le « véhicule de l'information ». Il peut être une onde électrique, une onde électromagnétique (radio) ou une onde lumineuse.
- **Canal** : c'est le milieu ou le support physique qu'emprunte le signal (support en cuivre, air (ou vide) ou fibre optique).
- **Bruit** : signal parasite qui se superpose au signal.

Description des différents éléments

Codage source

Son rôle est de :

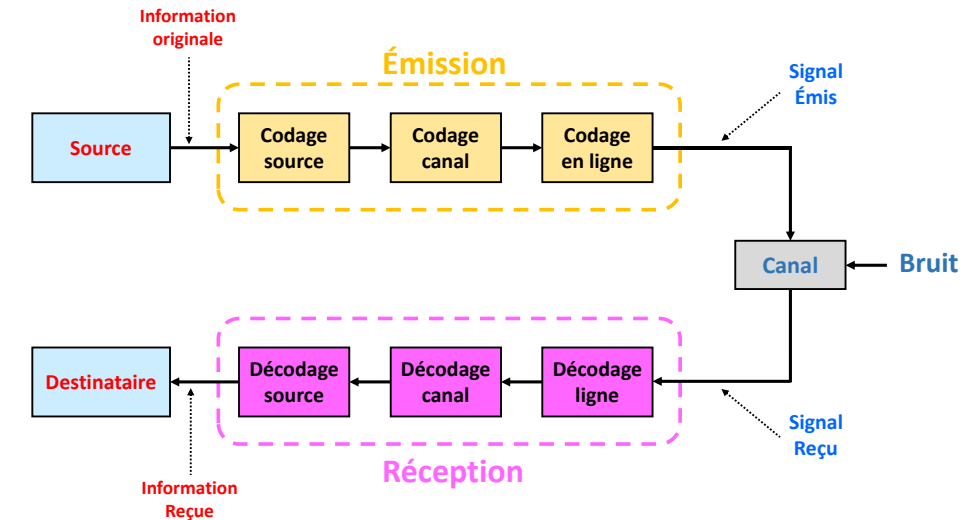
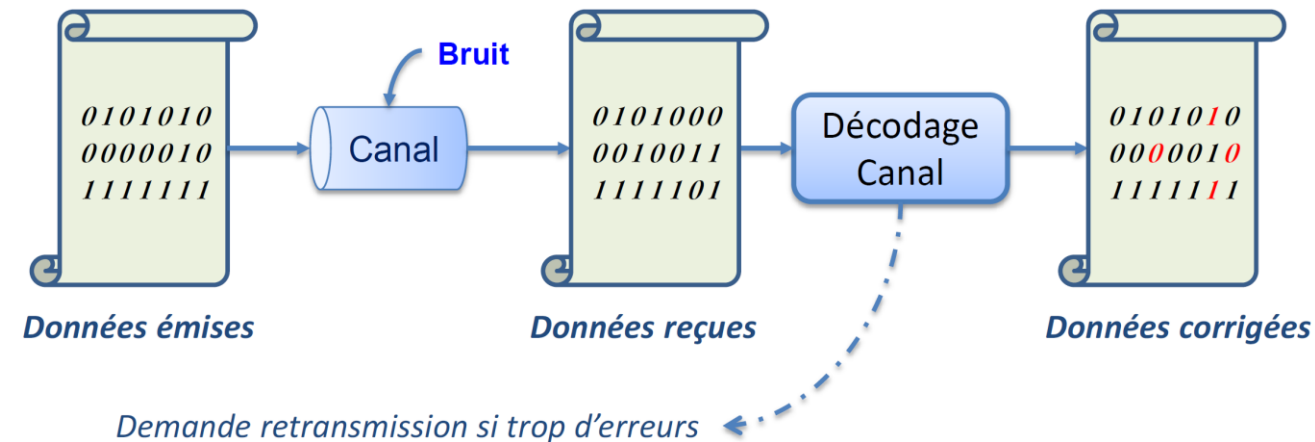
- si besoin, **créer le signal numérique** à partir de la source (conversion analogique-numérique)
- **compresser** le signal de la source pour diminuer la taille du fichier (élimination de la redondance de la source originale) : Jpeg, MP3, Mpeg, ...



Description des différents éléments

Codage/Décodage canal

- Son rôle est de **protéger les données à transmettre contre les signaux parasites**.
- Le principe est de **rajouter une redondance structurée** (cela augmentera le nombre de bits à transmettre), qui sera utilisée lors de la réception pour **détecter les erreurs**, puis les **corriger** ou éventuellement demander une retransmission.



II. Chaîne de transmission numérique – Schéma synoptique

Description des différents éléments

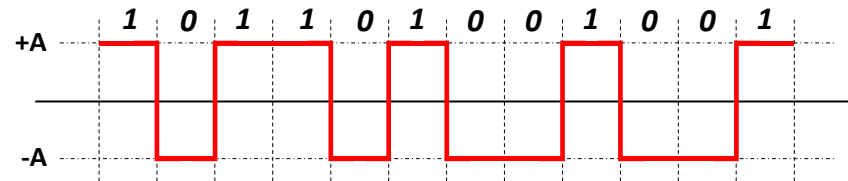
Codage/Décodage ligne

- Codage ligne : son rôle est de transformer des valeurs numériques en un signal physique avant transmission sur le canal.
- Décodage ligne : c'est l'inverse lors de la réception.

1 0 1 1 0 1
0 0 1 0 0 1

Codage NRZ

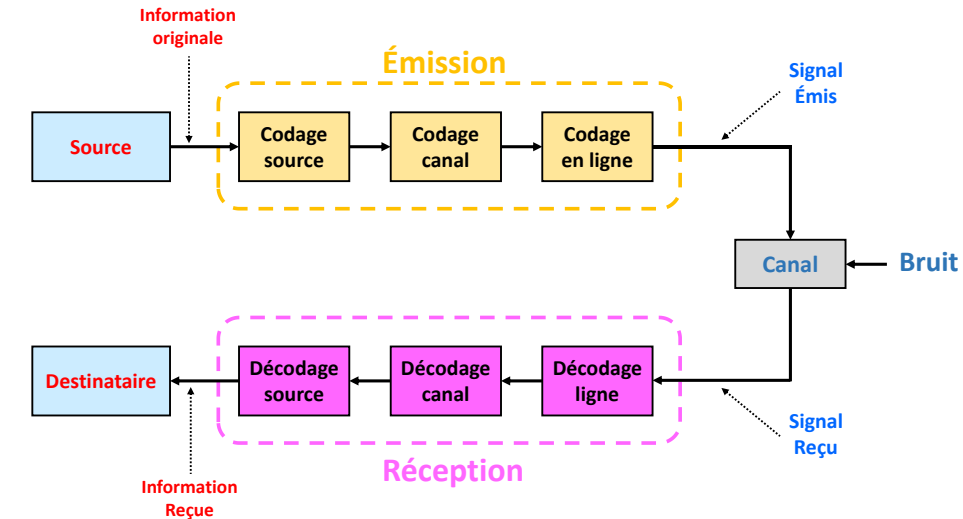
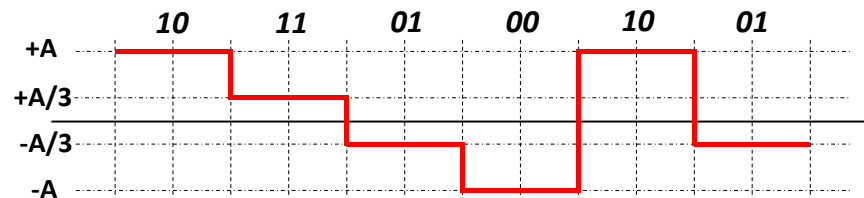
- + A → « 1 »
- A → « 0 »



1 0 1 1 0 1
0 0 1 0 0 1

Codage 2B1Q

- + A → « 10 »
- + A/3 → « 11 »
- A/3 → « 01 »
- A → « 00 »



- Définition de la longueur d'onde

Un signal ne se propage pas à une vitesse infinie. La vitesse maximum est : $c \approx 3.10^8$ m/s appelée célérité (ou vitesse de la lumière dans le vide !!!). Sur tout autre support l'onde se propage à une vitesse $v < c$.

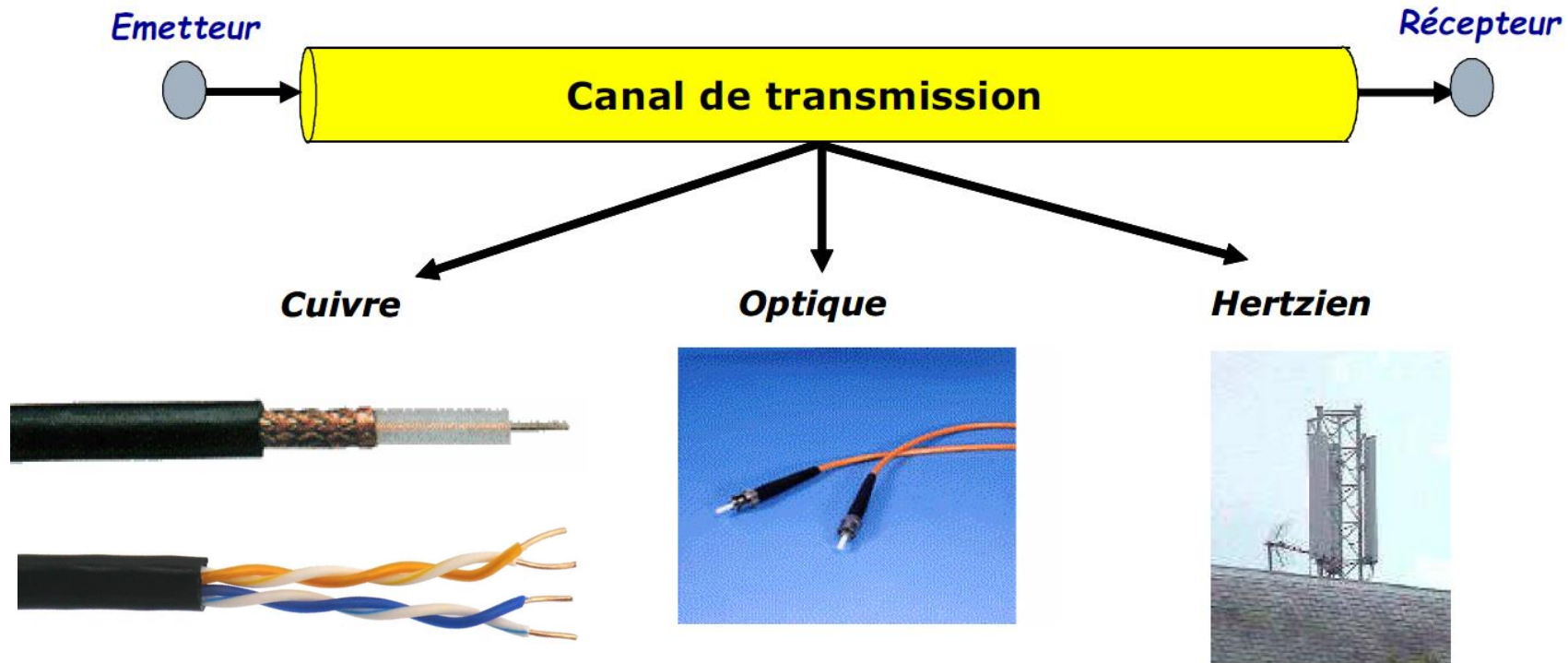
On définit la longueur d'onde (λ) d'un signal comme étant la distance parcourue (en mètre) par ce signal sur une durée égale à sa période temporelle (T) :

$$\lambda = v \cdot T = v / f \quad [\text{m}]$$

III. Supports de transmission

- Définition d'un support de transmission

On appelle **support ou canal de transmission** tout milieu physique servant de support au transfert du signal transportant l'information entre deux points distants.



■ Sources de distorsions du signal

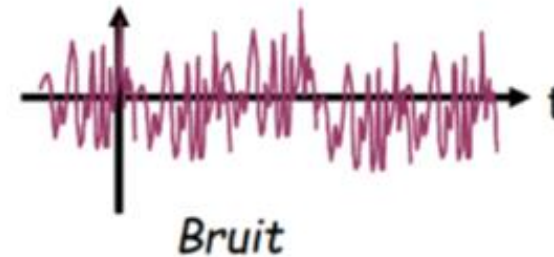
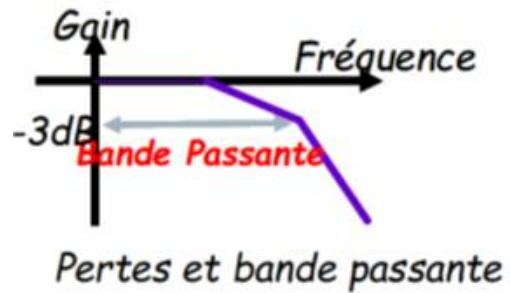
Il existe trois types de support de transmission :

- **Les conducteurs** : ce sont les lignes filaires type paires torsadées ou câble coaxial. Les grandeurs physiques transportées par ce support sont le courant et/ou la tension électrique.
- **Les fibres optiques** : ce sont des guides qui permettent de véhiculer des ondes lumineuses (visibles ou pas). L'onde se propage par guidage à l'intérieur de la fibre optique.
- **L'espace libre** : il s'agit de l'air ou du vide (dans l'espace). Les ondes qui se propagent dans ce milieu, peuvent être de nature électromagnétique, généralement, une antenne est requise pour émettre et recevoir ce type d'onde.
Ce milieu sert aussi à transporter des ondes de type « laser » de point à point.

En fonction du canal et de l'exploitation qu'on en fait, différents types de perturbations peuvent entraîner des distorsions sur le signal transportant l'information.

III. Supports de transmission

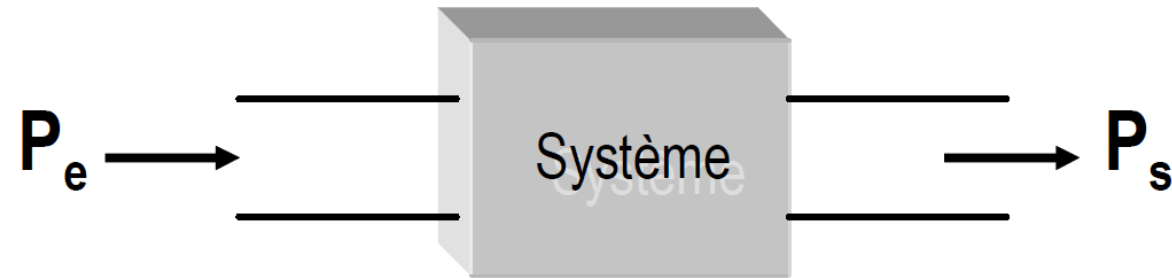
- Les principales distorsions :



IV. Notions de niveau de puissance

IV.1 Affaiblissement et gain

Nous appelons un système un dispositif dans lequel un signal de puissance P_e est injecté en entrée et récupéré en sortie avec une puissance P_s . Un système peut être un dispositif électronique ou tout simplement un support de transmission.



Le gain du système est :

$$G = 10 \cdot \log \frac{P_s}{P_e}$$

Ayant pour unité : le décibel [dB]

L'affaiblissement du système est :

$$A = 10 \cdot \log \frac{P_e}{P_s}$$

Ayant pour unité : le décibel [dB]

■ Remarques :

- $G = -A$
- On parle de gain si $P_s > P_e$ ($G > 0$ et $A < 0$)
- On parle d'affaiblissement si $P_s < P_e$ ($G < 0$ et $A > 0$)
- On utilise des échelles logarithmiques car cela permet de faire des sommes ou des soustractions au lieu de faire des produits ou des divisions
- Le gain ou l'affaiblissement d'un système ne dépend que de lui-même
- Diminuer de 3 dB le gain revient à diviser par 2 le rapport P_s/P_e (ou l'inverse)
- Augmenter de 3 dB le gain revient à multiplier par 2 le rapport P_s/P_e (ou l'inverse)

IV. Notions de niveau de puissance

IV.2 Niveau de puissance relatif

Le niveau relatif L_x d'une puissance P_x par rapport à une puissance de référence $P_{\text{rèf}}$ est :

$$L_{x(\text{re prèf})} = 10 \cdot \log \frac{P_x}{P_{\text{rèf}}} \quad [dB]$$

La notion de niveau relatif est étroitement liée à celle de gain ou d'affaiblissement.

Par exemple : pour un système,

$$A = 10 \cdot \log \frac{P_e}{P_s} = 10 \cdot \log \frac{P_e}{P_{\text{rèf}}} - 10 \cdot \log \frac{P_s}{P_{\text{rèf}}}$$

Donc : $A = L_e - L_s$ ou $G = L_s - L_e$ en dB

Si on prend la puissance d'entrée comme puissance de référence : $P_{\text{rèf}} = P_e$

Alors : $L_e = 0 \text{ dB} \Rightarrow A = -L_s$ et $G = L_s$

IV.3 Niveau de puissance absolu

Si $P_{\text{rèf}}$ est indépendant du système, alors on parle de niveau absolu.

Généralement en télécom on prend : $P_{\text{rèf}} = 1 \text{ mW}$

$$L = 10 \cdot \log \frac{P[\text{W}]}{1 \text{ mW}} = 10 \cdot \log \frac{P[\text{W}]}{10^{-3}} = 10 \cdot \log P[\text{mW}] \quad [\text{dBm}]$$

Le niveau absolu est une manière d'exprimer la puissance d'un signal. **La différence de 2 niveaux absolus donne un gain ou un affaiblissement** (en dB !!!).

V.1 Affaiblissement

- Pour les lignes conductrices ou une fibre optique

Lors d'une transmission, le niveau émis est atténué tout au long de la ligne.



Pour une ligne de longueur ℓ , l'atténuation est :

$$A = \alpha \cdot \ell \quad [\text{dB}]$$

α est une caractéristique de la ligne (affaiblissement linéique) exprimé en dB/m

- Pour une transmission hertzienne

Lors d'une transmission en espace libre, le niveau du signal émis s'atténue tout au long de sa propagation.



Pour une distance de transmission d , l'atténuation est :

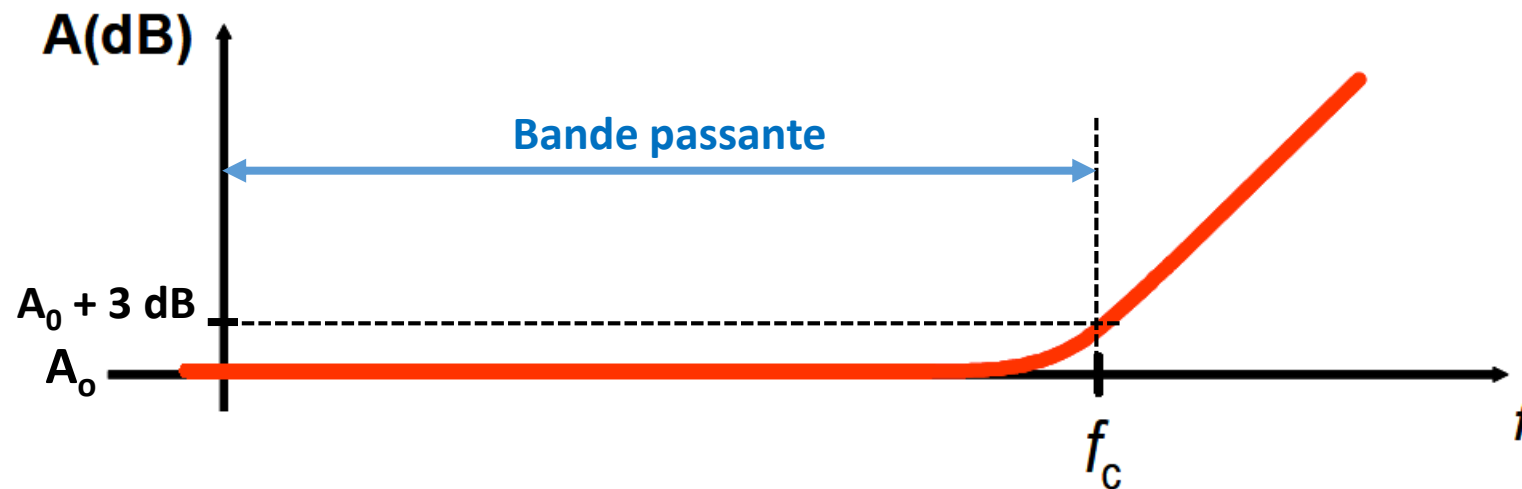
$$A = 20 \cdot \log (4 \cdot \pi \cdot d / \lambda) \quad [\text{dB}]$$

V.2 Bande passante limitée

Nous nous intéresserons ici uniquement aux lignes conductrices ou fibres optiques.

L'affaiblissement est caractérisé par le paramètre α (affaiblissement linéique).

Cet affaiblissement α augmente si la fréquence du signal augmente et dépasse une certaine valeur. On peut donc, comme tout système, définir une bande passante à -3dB pour une ligne ou la fibre.

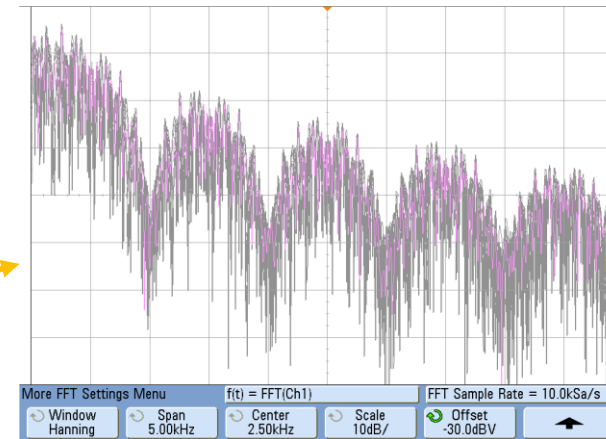
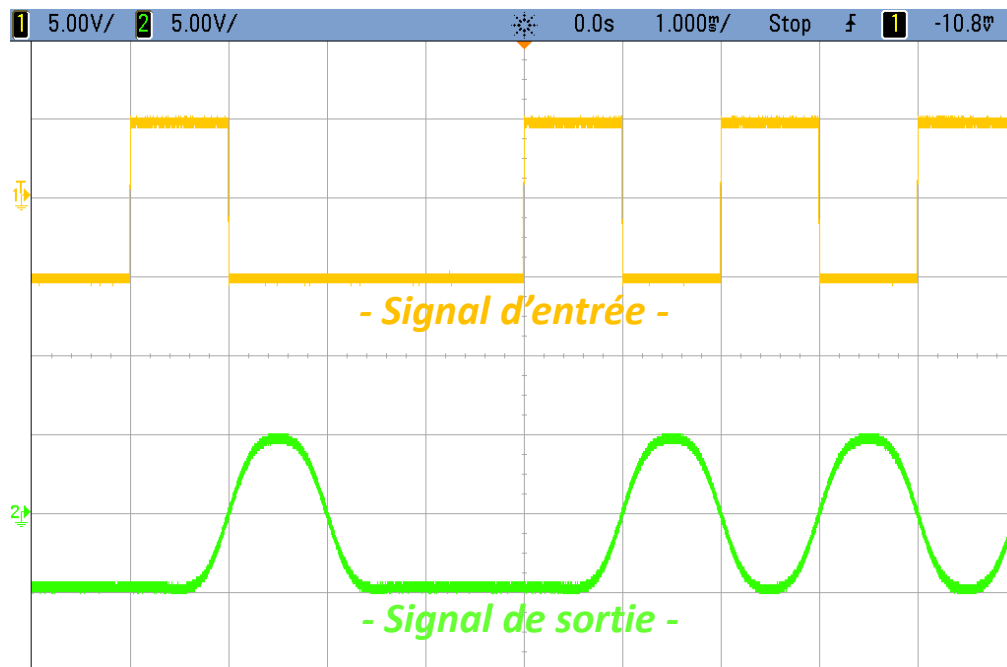


V. Imperfections des supports de transmission

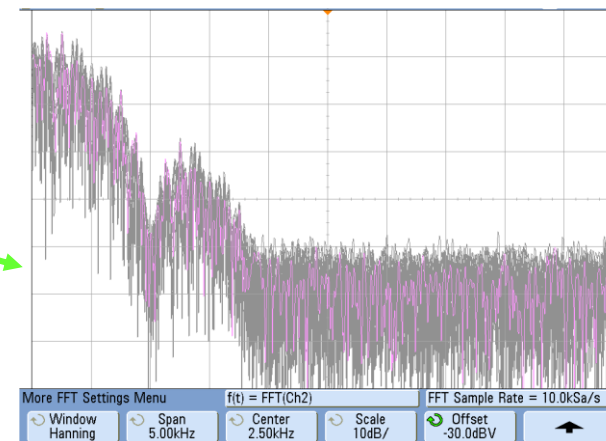
V.2 Bande passante limitée

■ Influence de la bande passante sur le signal

Les deux courbes ci-dessous montrent l'allure du signal en entrée du canal et celui en sortie. Nous constatons que la bande passante limitée du canal a dégradé l'allure du signal en atténuant une partie de son spectre.



Spectre du signal d'entrée

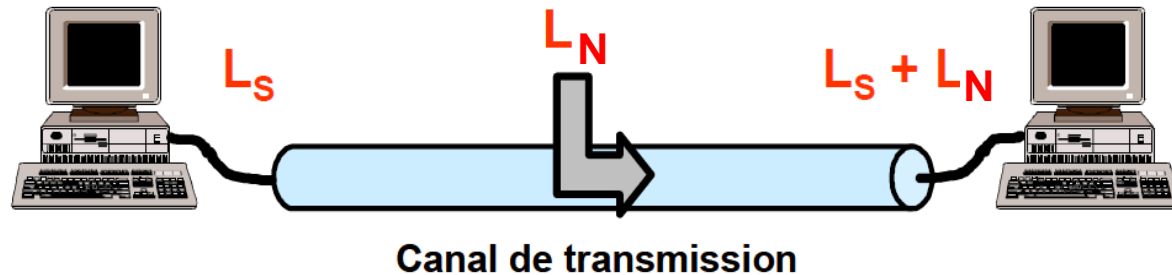


Spectre du signal de sortie

V. Imperfections des supports de transmission

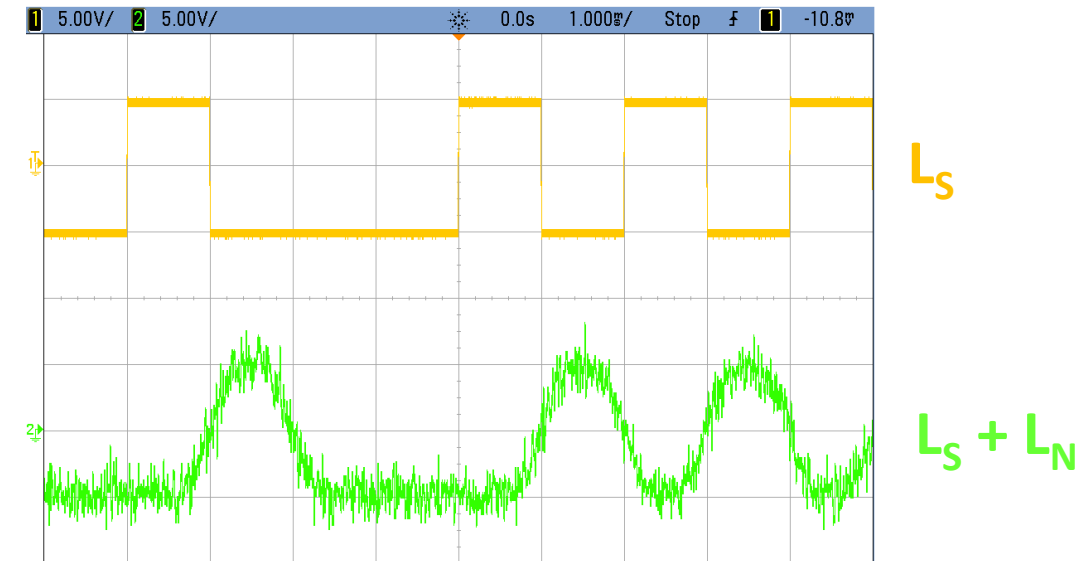
V.3 Le bruit dans un canal

A un signal **S** de niveau L_S , transportant une information sur un canal de transmission, vient s'ajouter un signal parasite. Ce dernier peut être considéré comme un signal de bruit (**N**) (signal perturbateur) de niveau L_N .



On définit un terme appelé rapport signal sur bruit (S/N) en dB.

$$[S/N]_{dB} = 10 \cdot \log (P_S/P_N) = L_S - L_N$$



VI. Bilan d'énergie d'une liaison

Le bilan énergétique d'une liaison est une représentation graphique appelée « hypsogramme ». L'hypsogramme donne le niveau de puissance en tout point de la liaison. On y reporte toutes les baisses (affaiblissement) et toutes les hausses de niveau (gains) intervenant au cours de la transmission.

Le niveau à l'entrée du récepteur doit impérativement être supérieure à une valeur minimale appelée « **sensibilité du récepteur** » (caractéristique du récepteur, nommée : « δ »), pour que le récepteur puisse interpréter correctement le signal.

Il existe toujours un niveau de bruit dans une ligne. Dans ce cas, le rapport signal sur bruit ne doit en **aucun point** être inférieur à ce rapport (nommé : « $R_{S/N_{\text{mini}}}$ »). En effet, une amplification n'améliore pas le rapport signal sur bruit.

$$L_S = L_E + \Sigma G - \Sigma A$$

Avec : L_E : niveau de puissance à l'entrée

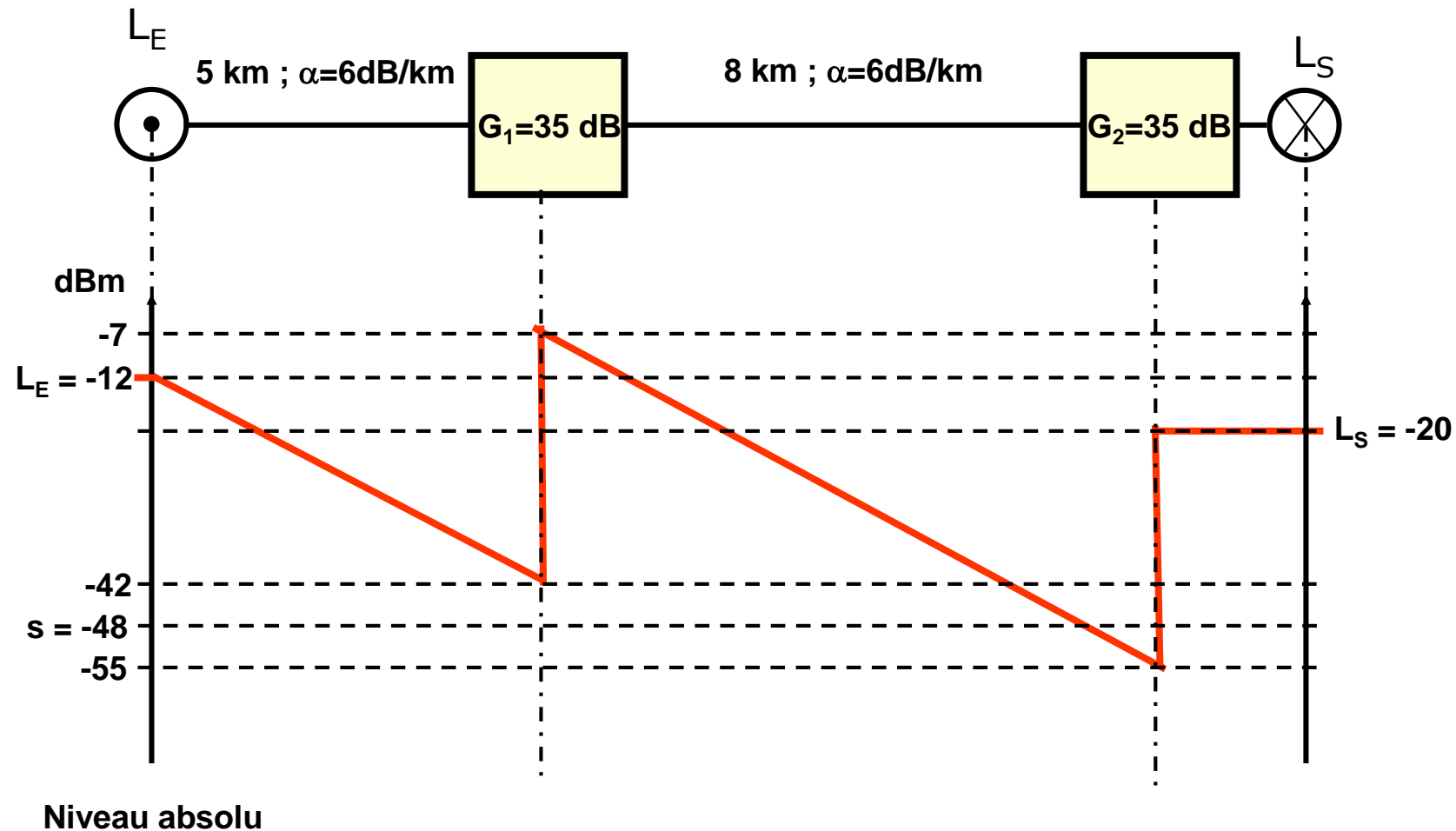
L_S : niveau de puissance en sortie

ΣG : somme des gains se succédant sur la liaison

ΣA : somme des affaiblissements se succédant sur la liaison

VI. Bilan d'énergie d'une liaison

Exemple



Pour que la liaison puisse fonctionner, il faut que :

$$L_S > \delta$$

En bout de liaison

ET

$$R_{S/N} > R_{S/N\text{mini}}$$

Partout sur la liaison

– FIN du Chapitre 1 –

Notions sur les télécommunications