

Introduction aux réseaux

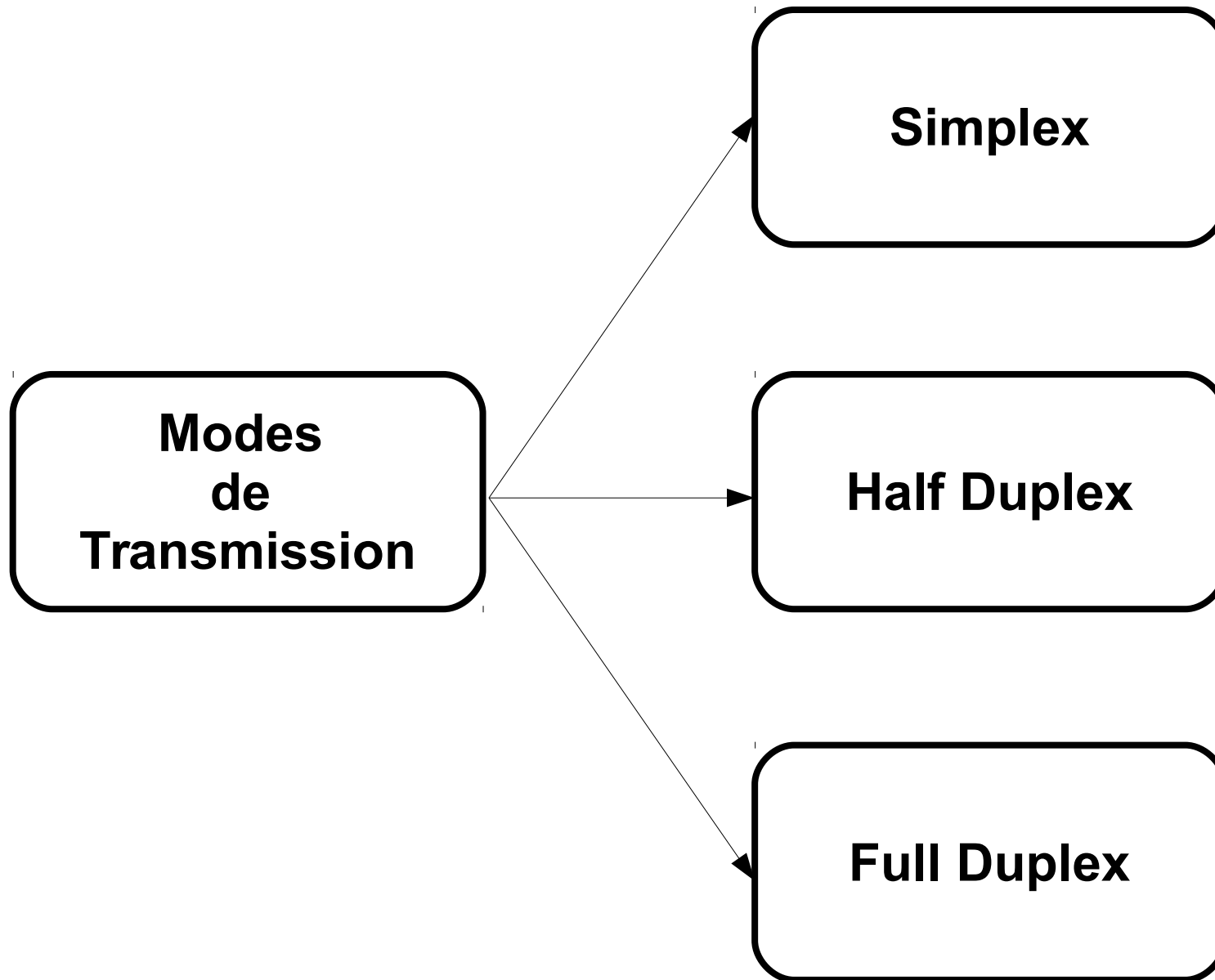
Chapitre III :

Codage et transmission de l'information

ESEN
Université De La Manouba

Caractéristiques d'une ligne de transmission

CLASSIFICATION DES MODES DE TRANSMISSION SELON L'ORGANISATION DES ÉCHANGES



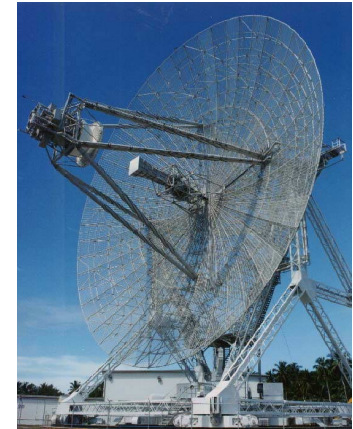
Simplex

- **Une liaison dans laquelle les données circulent dans un seul sens**
 - utile lorsque les données n'ont pas besoin de circuler dans les deux sens
- **Définition de l'ANSI (*American National Standards Institute*)**
 - *All signals can flow in only one direction*
- **Définition de l'ITU-T (*International Telecommunication Union-Telecommunication Standardization Sector*)**
 - *Signals can flow in only one direction at a time. At other times communications can flow in the reverse direction*

Exemple de simplex

- **Radiodiffusion**
 - radio FM/AM
- **Télédiffusion**
 - Transmission unilatérale de signaux (numériques/analogiques) vers un grand nombre de clients
- **Multicast dans l'Internet**
 - Méthode de diffusion de l'information d'un émetteur vers un groupe

Exemple de simplex



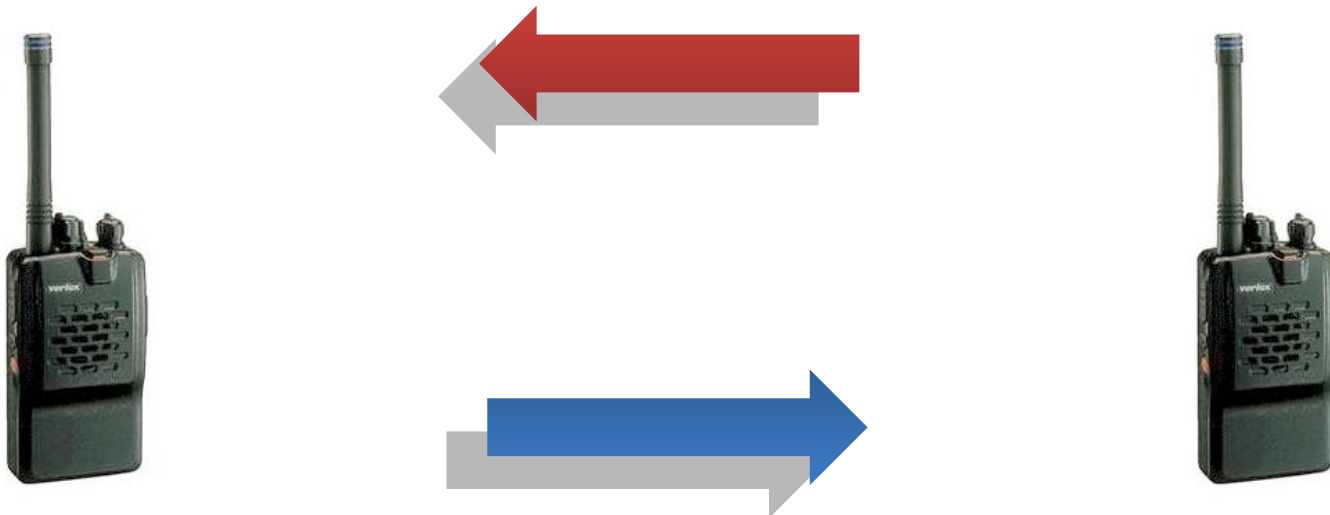
Half Duplex

- **Half Duplex ou semi-duplex**

- Les données circulent dans un sens ou l'autre, mais pas les deux simultanément.
- Chaque extrémité de la liaison émet à son tour.
- Utilisation de la capacité totale de la ligne.

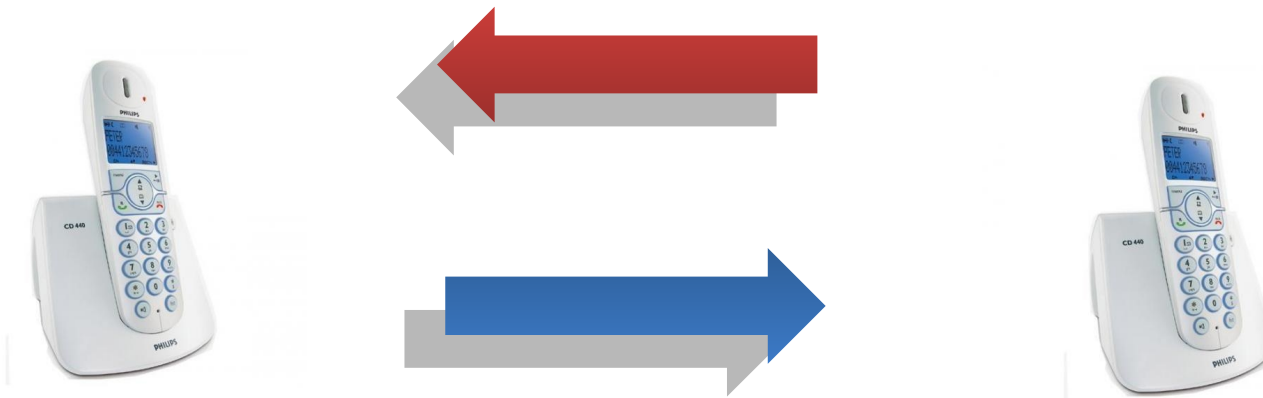
- **Exemple**

- Talki-Walki

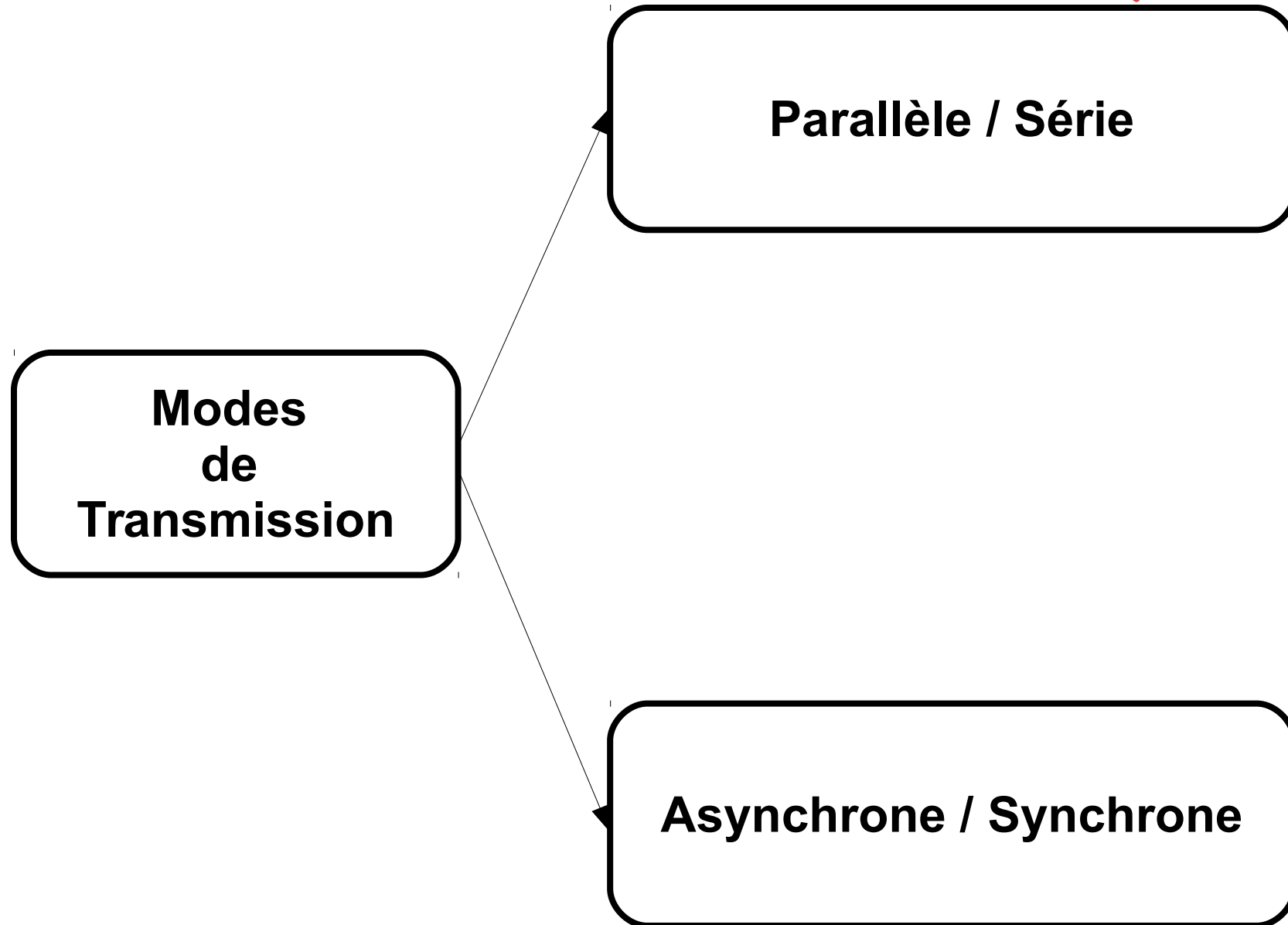


Full Duplex

- **Full Duplex ou Duplex Intégrale**
 - Les données circulent de façon bidirectionnelle et simultanément
 - L'association de deux canaux simplex
- **Exemple**
 - Téléphone, Full-duplex Ethernet



CLASSIFICATION DES MODES DE TRANSMISSION EN FONCTION DES PARAMÈTRES PHYSIQUES



Transmission Parallèle



11011100

1

1

0

1

1

1

0

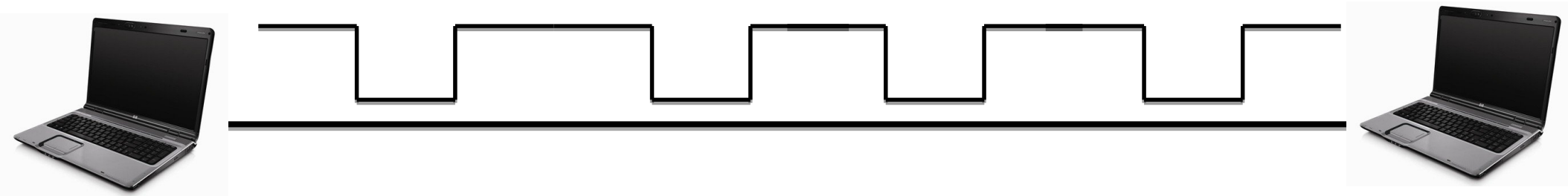
0



Transmission Parallèle

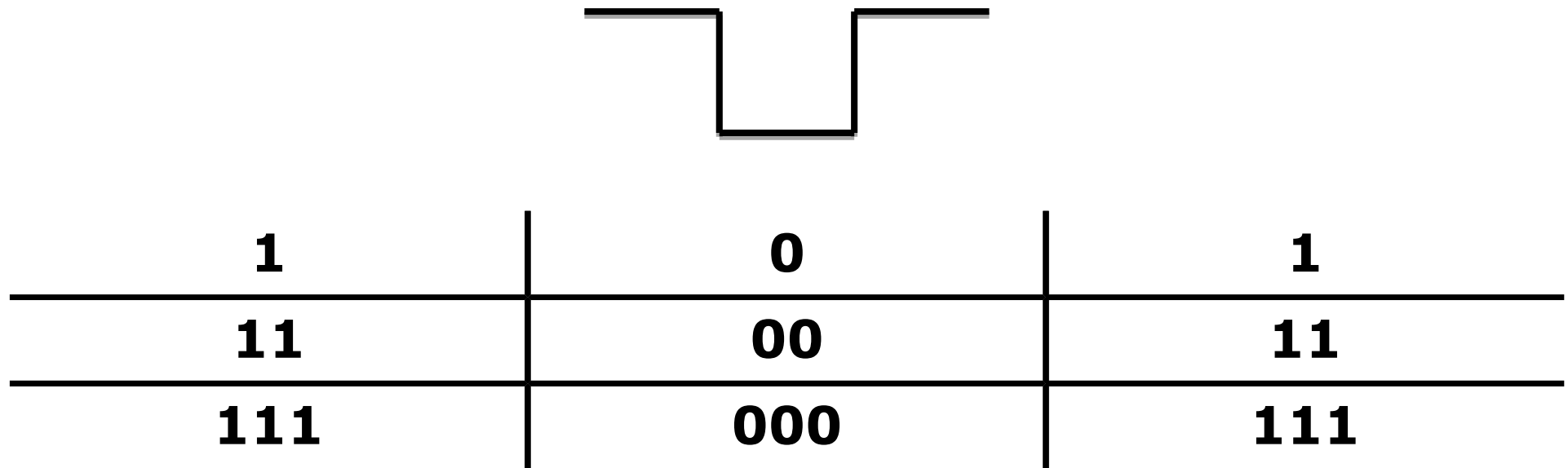
- **Caractérisée par un transfert simultané de tous les bits d'un même mot (n bits).**
 - Elle nécessite autant de conducteurs qu'il y a de bits à transmettre
- **Pose de nombreuses difficultés dont les principales sont**
 - le rayonnement des conducteurs l'un sur l'autre (diaphonie)
 - la différence de vitesse de propagation entre les différents conducteurs (Delay Skew)
 - qui nécessitent la réalisation d'une électronique coûteuse.
- **Un coût élevé (nombre de conducteurs) et une distance franchissable limitée par la désynchronisation du train de bits (Delay Skew) réservent la transmission parallèle aux liaisons de processeur à processeur**

Transmission Série



11011100

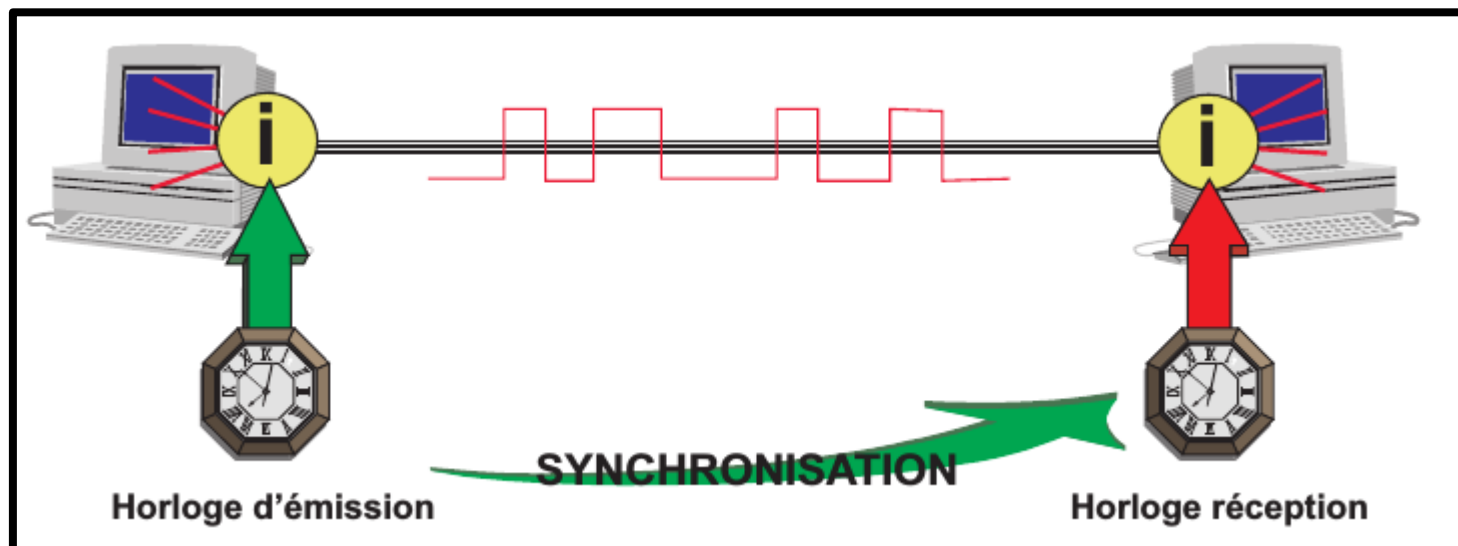
Transmission Série



- Comment le récepteur interprète-t-il le signal binaire ci-dessus si on ne connaît pas la durée d'un bit ?
- Est-ce 101 ou 110011 ou 111000111 ?
- Ne pas connaître la durée d'un bit = synchronisation.

Transmission Synchrone/Asynchrone

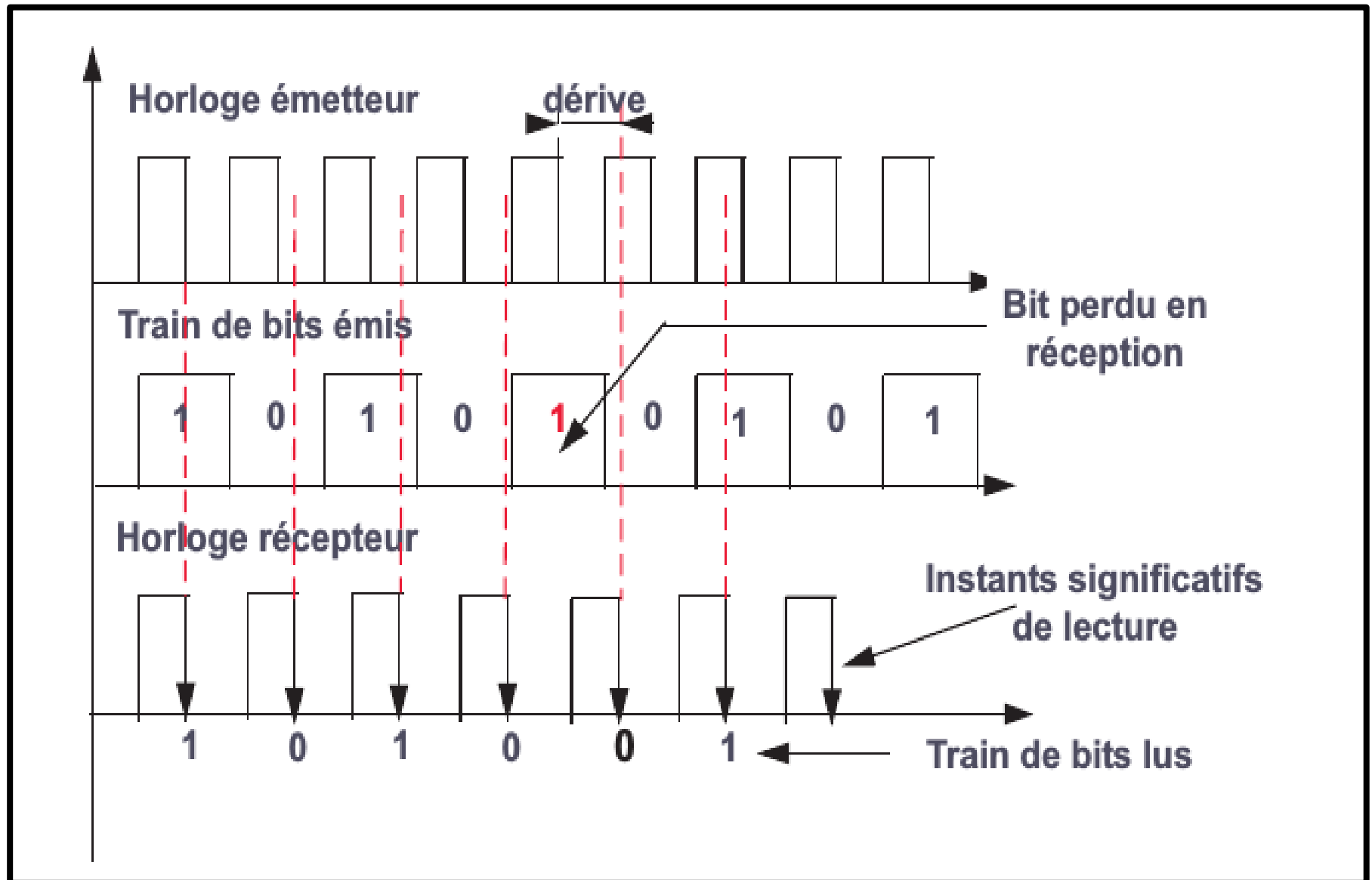
- Dans les transmissions asynchrones les horloges sont indépendantes
- Au contraire, dans les transmissions synchrones on maintient en permanence une relation entre les horloges émission et réception.



Notion d'horloge

- **Les bits sont émis au rythme de l'horloge locale de l'émetteur que nous supposons stable.**
- **L'horloge du récepteur est supposée fonctionner à la même cadence ou fréquence**
- **Cependant, rien ne permet de garantir sa stabilité.**
- **La fréquence varie, on dit que l'horloge dérive.**

Notion d'horloge



Transmission Synchrone

- **Solution de synchronisation d'une transmission série**
 - **Envoyer l'horloge par une voie supplémentaire**
 - Il pourrait y avoir déphasage des signaux à l'arrivée, l'horloge d'arrivée ne serait donc pas fiable
 - **Utilisé des horloges synchrones**
 - elles sont excessivement chères pour des applications banales de transmission
 - **Utilisé des codes autoporteurs d'horloge**

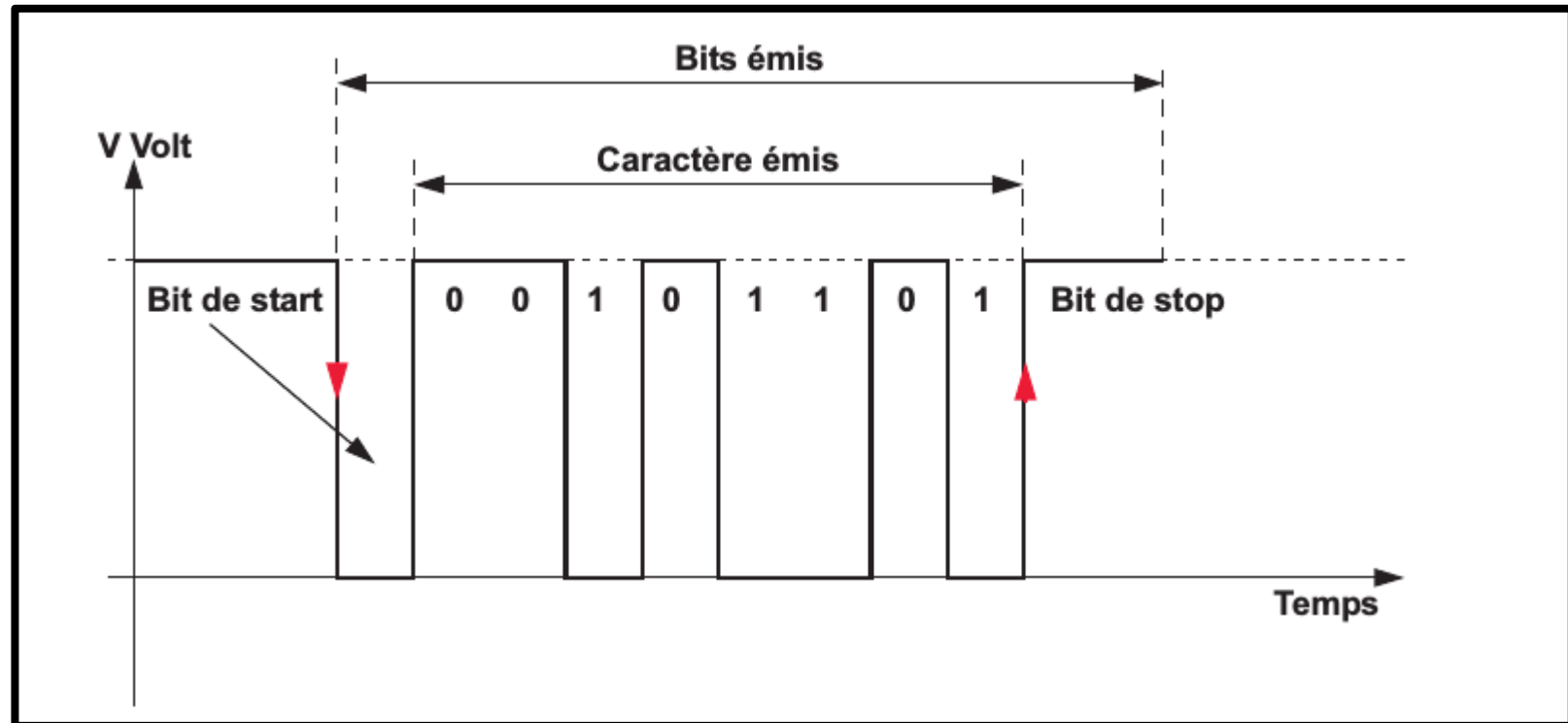
Transmission Asynchrone

- Le récepteur n'est pas parfaitement synchrone avec l'émetteur
- Le récepteur possède une horloge interne dont la période est aussi proche que possible de celle de l'émetteur
- Le récepteur découvre le *début* de transmission d'un octet au moment de la réception d'un premier bit appelé "*bit de start*".
 - Il va ensuite supposer que son horloge à lui est proche de celle de l'émetteur et décoder le reste de l'octet qui arrive.
- Il peut y avoir erreur si
 - l'horloge du récepteur est assez différente de celle de l'émetteur
 - si la séquence binaire envoyée est trop longue (généralement cette séquence est d'un octet seulement).
- En pratique, cette méthode s'avère très sûre quoiqu'un peu lente.

Transmission Asynchrone: Bit de START/ Bit de STOP

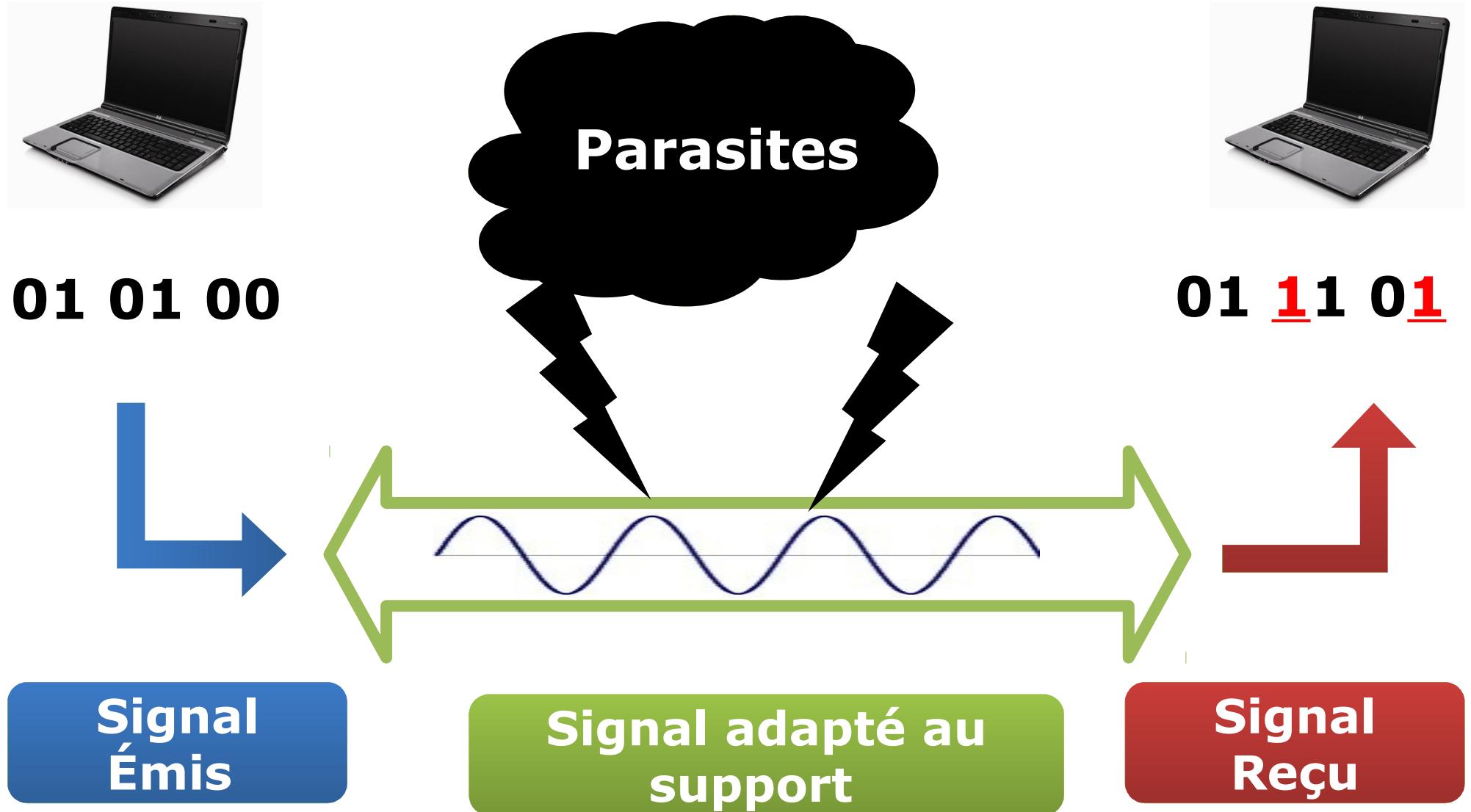
- Le **début de la transmission** d'un mot binaire (octet en général), est marqué par le passage du signal au niveau logique 0
- Ce niveau doit être **maintenu pendant un temps T** dont la **valeur** est une **caractéristique** de la **transmission**.
 - Valeur commune au transmetteur et au récepteur. On l'appelle **temps de bit**
 - Par ce moyen, l'émetteur indique au récepteur le début de la transmission d'un mot binaire.

Transmission Asynchrone: Bit de START/ Bit de STOP



MODÉLISATION DU SUPPORT DE TRANSMISSION

Modélisation du support de transmission



Modélisation du support de transmission

- **Les supports de transmission ne sont pas parfait**
 - Atténuation
 - Déphasage
 - Bruit
 - Écho...
 - **Les défauts du support limitent la transmission**
 - Débit
 - Délai
 - Étendu
- **Adapter les techniques de transmission aux caractéristiques du support**

Signal & Onde

- Un signal est une variation dans le temps d'un phénomène physique.
 - La variation se propage dans l'espace en formant une onde
 - Exemple: une vague à la surface de l'eau
- En contrôlant les variations on peut transmettre des informations à un destinataire qui observe les variations.

Signal & Onde

- **Lorsqu'on parle:**
 - Les vibrations des cordes vocales provoquent des variations de la pression de l'air.
 - Les variations de pression d'air se propagent autour de soi comme autant de bulles concentriques.
 - Dès qu'une bulle atteint l'auditeur, la pression d'air associée à cette bulle est détectée par son oreille puis analysée par son cerveau.
 - L'information est transmise.
- **En télécommunications, on crée un signal à l'aide de variations de potentiel électrique ou électromagnétique.**

L'onde sinusoïdale

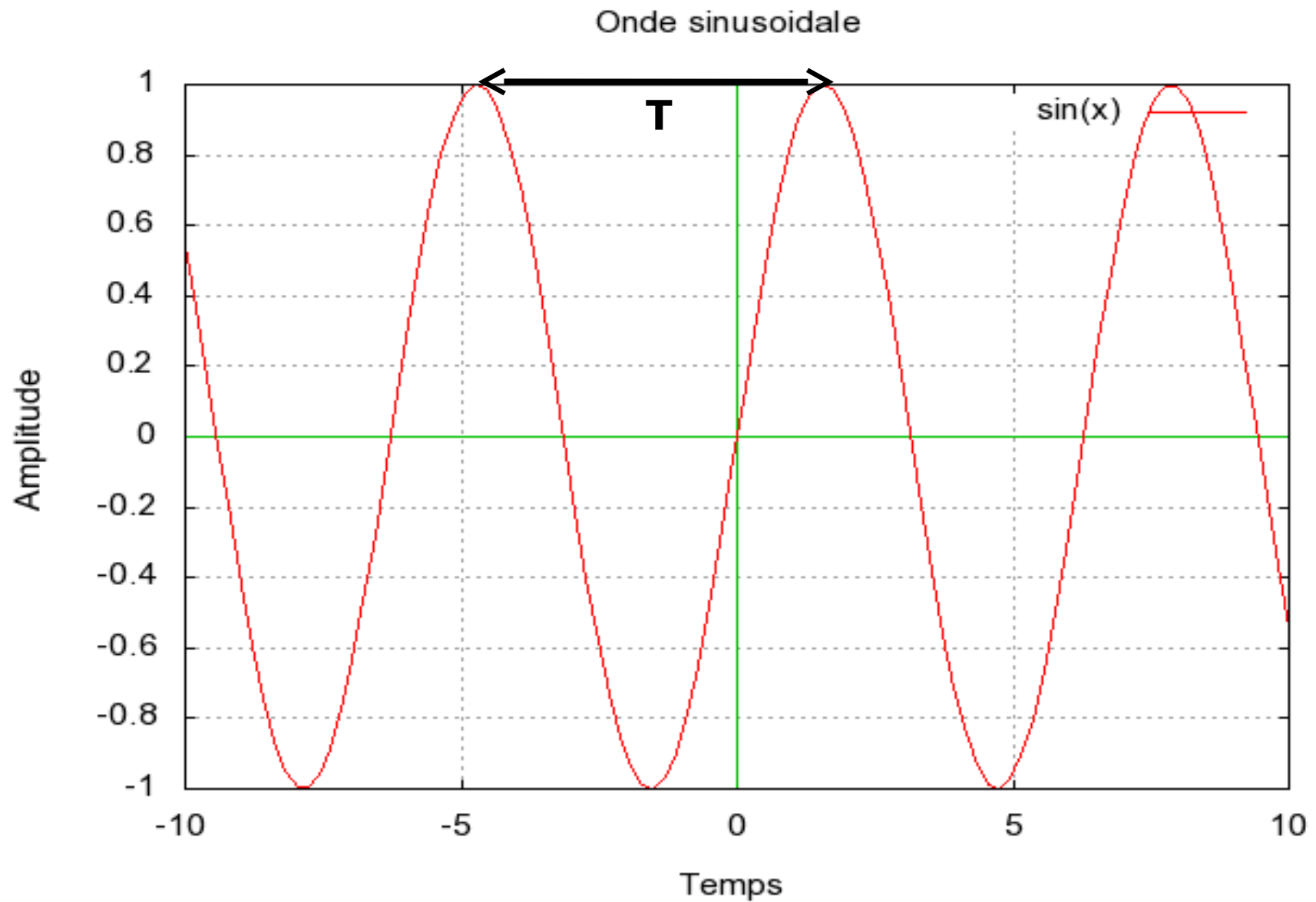
- **L'onde sinusoïdale**

- est le plus simple des signaux
- est facilement générée
- n'importe quel signal peut être exprimé à partir d'ondes sinusoïdales.

- **$s(t) = A \sin(\omega t + \varphi)$**

- **A** : Amplitude
- **ω** : Pulsation = $2 \pi / T = 2 \pi f$; avec **T** = période
- **φ** : Phase à l'origine
- **$\omega t + \varphi$** : Phase instantanée

L'onde sinusoïdale



Puissance des signaux

- Les signaux ont une puissance relativement faible, mesuré en milliwatt (mW).
- On se réfère le plus souvent aux rapports de puissance: puissance reçue ($P_{\text{signal reçu}}$ ou P_2) par rapport à la puissance envoyé ($P_{\text{signal émis}}$ ou P_1)
- Comme ces rapports sont très faibles, on utilise les logarithmes décimaux (log) (à base de 10)
- Ce rapport s'exprime en décibel (dB)

Les Filters

- **Filtre passe bas** : laisse passer les basses fréquences et atténue les hautes fréquences, c'est-à-dire les fréquences supérieures à la fréquence de coupure
- **Filtre passe haut** : laisse passer les hautes fréquences et atténue les basses fréquences, c'est-à-dire les fréquences inférieures à la fréquence de coupure.
- **Filtre passe-bande** : ne laissant passer qu'une bande ou intervalle de fréquences compris entre une fréquence de coupure basse et une fréquence de coupure haute du filtre.

Modélisation d'un support de transmission

- **Bande passante:** la largeur, mesurée en hertz, d'une plage de fréquences $f_2 - f_1$.
 - Désigne la différence entre la plus haute et la plus basse fréquence du signal
- **Gain** = $10 \log(P_{\text{signal reçu}} / P_{\text{signal émis}})$
- Un support de transmission se comporte généralement comme **un filtre passe bande**
 - Ne laissant passer que les signaux dont les fréquences sont comprises entre une fréquence basse (f_b) et une fréquence haute (f_h)
- La **bande passante (capacité)** d'un support de communication
 - correspond à la plage de fréquences où il présente les meilleures caractéristiques de transmission.

Modélisation d'un support de transmission

- La **bande passante à n décibels (dB)** est la **plage de fréquences** dans laquelle le rapport P_s/P_b (appelé le rapport signal sur bruit ou *SNR signal to noise ratio* ou *S/B*) vérifie :

$$10\log (P_{\text{signal}} / P_{\text{bruit}}) \leq n \text{ dB}$$

- **Le SNR:**
 - **Infini:** A la source du signal original (dont le bruit est nul), et ne peut que décroître lors de la transmission.
 - **Nul:** Le signal reçu ne permet plus de discerner de façon fiable le signal original du bruit, leurs puissances respectives étant égales
 - **Négatif:** on ne percevra que le bruit
 - **Positif:** support de transmission de bonne qualité

Modélisation d'un support de transmission

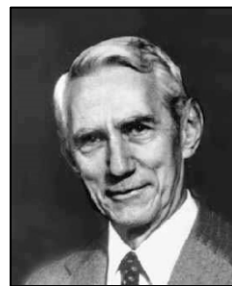
- Le ratio Signal/Bruit s'exprime sous la forme d'un Logarithme base 10:
– $\text{SNR}(\text{db}) = 10 \log(P_{\text{signal}} / P_{\text{bruit}})$ (parfois noté $10\log(S/B)$)

Formule de Shannon

- **Débit théorique maximum** d'un support soumis à du bruit :

$$D = W \log_2 (1 + P_{\text{signal}} / P_{\text{bruit}})$$

- Le débit **D** en **bits/s**
- la bande passante **W** en **Hz**
- $P_{\text{signal}} / P_{\text{bruit}}$ est obtenu à l'aide du rapport signal sur bruit exprimé en décibel **dB**



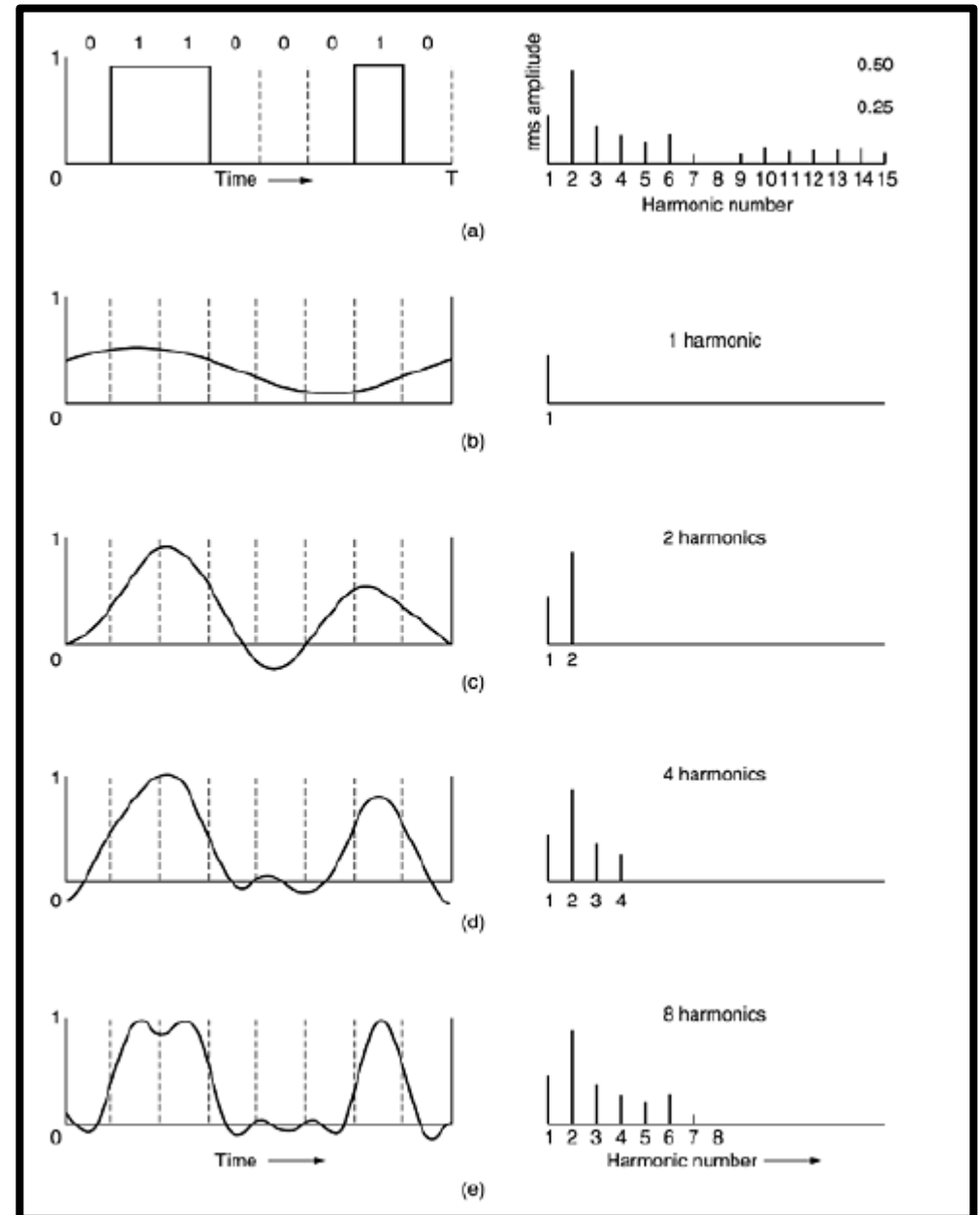
Analyse de Fourier

- Une fonction périodique quelconque de la forme $g(t)$ ayant pour période T pouvait être décomposée en une suite de fonctions sinusoïdale et cosinusoidale
 - Une fonction périodique est une fonction qui lorsqu'elle est appliquée à une variable, reprend la même valeur si on ajoute à cette variable une certaine quantité fixe appelée période
- $F=1/T \rightarrow$ Fréquence fondamentale du signal considéré
- a_n et b_n sont les amplitude du sinus et du cosinus de rang n (les termes ou harmoniques de la suite)
- Une telle décomposition est appelé la série de Fourier

$$g(t) = \frac{1}{2}c + \sum_{n=1}^{\infty} a_n \sin(2\pi nft) + \sum_{n=1}^{\infty} b_n \cos(2\pi nft)$$

Analyse de Fourier

- Partant de la série de Fourier, il est possible de reconstituer la fonction original d'autant plus fidèlement que le nombre d'harmonique est élevé.
- (a) signale numérique
- (b,c,d,e) ses approximations



Domaine Temporel / Fréquentiel

- Il y a deux domaines importants de description du signal
 - 1. Le domaine temporel de la forme $s(t)$. Il s'agit du domaine de description usuelle utilisé pour visualiser l'allure du signal $s(t)$. Dans ce domaine de représentation le signal peut être caractérisé par sa durée, sa période fondamentale, ou son amplitude.
 - 2. Le domaine des fréquences de la forme $s(f)$. Dans ce domaine de représentation le signal peut être caractérisé par son spectre, sa fréquence fondamentale ou sa largeur de bande.
- Ces deux domaines de description du signal sont reliés entre eux par la transformation de Fourier.
 - Cet aspect dualistique (dualité temps – fréquence) des signaux joue un rôle fondamental en théorie du signal et en électronique où on peut raisonner indifféremment en ' temps ' ou en ' fréquences '

Transformée de Fourier

- La transformée de Fourier est une généralisation de la série de Fourier appliquée aux signaux non périodique.
- Un signal $s(t)$ sera défini par une paire de transformée de Fourier, que l'on représentera de la façon suivante : $s(t) \longleftrightarrow s(f)$ dans les quelles

$$s(f) = \int_{-\infty}^{+\infty} s(t) e^{-2j\pi ft} dt \quad \text{et} \quad s(t) = \int_{-\infty}^{+\infty} s(f) e^{2j\pi ft} df$$

Transformée de Fourier

- **$s(t)$ est la caractéristique temporelle du signal, l'autre forme c'est à dire $s(f)$ est la caractéristique fréquentiel**
- **La paire de fonction $s(t)$ et $s(f)$ sont dite couple de Fourier.**

$$s(f) = |s(f)| e^{j\phi(f)}$$

spectre d'amplitude

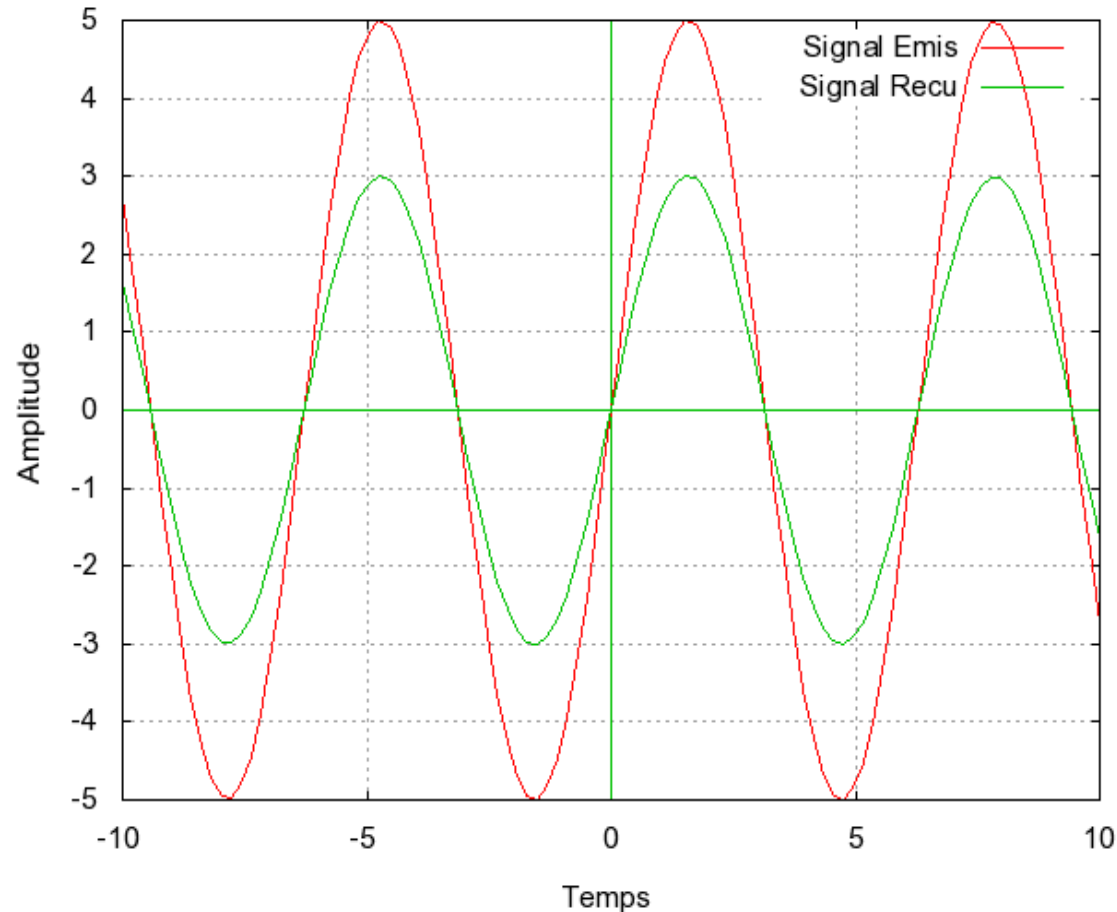
spectre de phase

Perturbation du signal transmis

- **Lorsqu'on transmet un signal sur un lien de communication, il arrive toujours déformé à l'autre bout.**
- **Autrement dit les réseaux ne sont pas parfaits**
 - ils introduisent des variations non désirées dans les signaux qu'ils transportent.
- **Lorsqu'un signal analogique est ainsi modifié, cela introduit du bruit dans le message.**
 - Plus la distance est grande, plus le signal est susceptible d'être déformé.

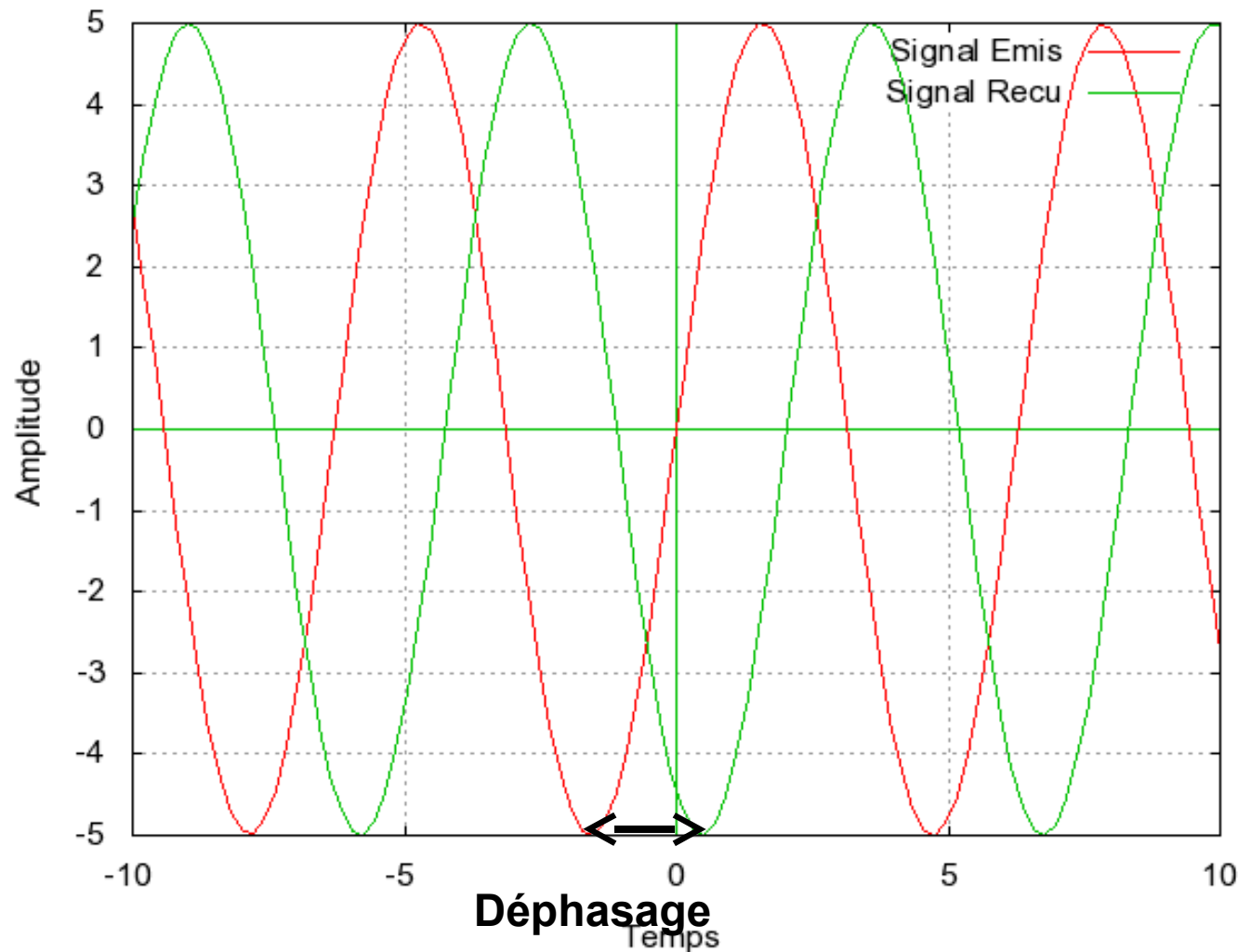
Perturbation du signal transmis : Affaiblissent

L'atténuation est la réduction de l'amplitude et de l'énergie d'un signal à travers le médium qu'il traverse.



Perturbation du signal transmis : Déphasage

Le déphasage entre deux ondes est la différence entre leurs phases.



Perturbation du signal transmis :

Bruit

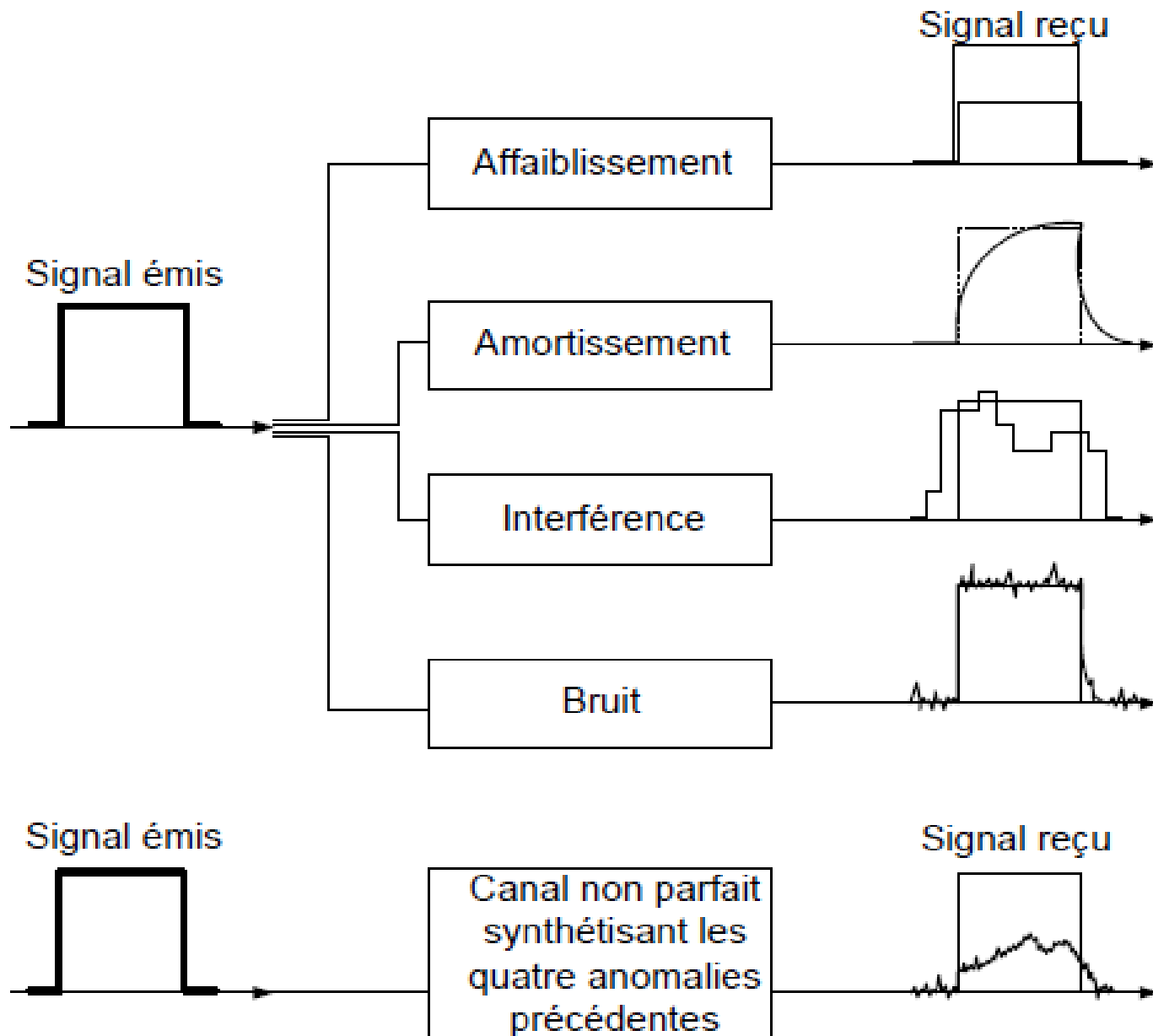
- **Signal qui ne contient aucune information et qui vient s'ajouter à l'information pertinente à transmettre**
- **Bruit blanc**
 - Origine : agitation thermique des porteurs de charges
 - De faible puissance
 - Sur une large plage de fréquences
- **Bruit Impulsifs**
 - Origine: organes électromécaniques, microcoupures.
 - Sources électriques proches qui induisent des courants électriques sur la ligne de transmission
 - De forte puissance

Perturbation du signal transmis :

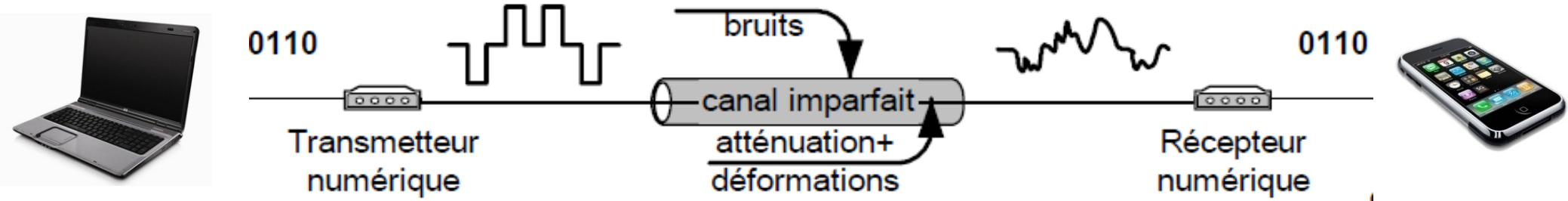
Autres phénomènes

- **Diaphonie** : couplage parasite entre lignes voisines
 - influence électromagnétique placement des câbles,
 - Solution : blindage
- **Écho** : réflexion du signal
 - Solution : suppresseur d'écho

Perturbation du signal transmis



Objectif : Transmission de données analogique numérisée



**Nature des
données**

**Type de
transmission**

Nature des données

- **Les données à transmettre peuvent être de nature analogique ou numérique**
 - **Analogique:** composées de valeurs qui varient de façon continue (température, voix, signal de télévision,...)
 - **Numérique:** composées de valeurs discrètes, c'est-à-dire que les données sont représentées par un ensemble fini ou dénombrable de valeurs distinctes ou séparées (nombres, caractères, pixels,...)

Types de transmission

- **Pour être transmises sur un canal de communication, les informations doivent être transformées en signaux électriques (ou électromagnétiques).**
- **Bien qu'un signal soit de nature essentiellement analogique, on distingue quand même (abus de langage commode) deux formes de transmission**
 - Analogique
 - Numérique

Types de transmission : Analogiques

- **le signal représente directement la valeur de l'information analogique qu'elle transmet,**
 - soit par les variations de la tension du signal,
 - de la fréquence du signal
 - ou par les variations d'une autre caractéristique physique

Types de transmission : Analogiques

- **Transmission analogique d'informations analogiques :**

- émission de la parole sur le réseau téléphonique, du son sur les ondes radio, d'images de télévision sur le réseau de télédiffusion,...

- **Transmission analogique d'informations numériques :**

- transmission de données informatiques sur des lignes téléphoniques, par satellite,...

Types de transmission : Numérique

- Avec les techniques de transmission numérique, on ne cherche plus à transmettre un signal analogue à celui que l'on veut reproduire ; on traduit tout signal en une suite de bits.
- Le signal est constitué d'une séquence de signaux élémentaires transmis les uns après les autres, chacun durant une brève période de temps.
- Les signaux sont choisis parmi un ensemble fini de valeurs ou formes prédéfinies (voltage, fréquence ,...)

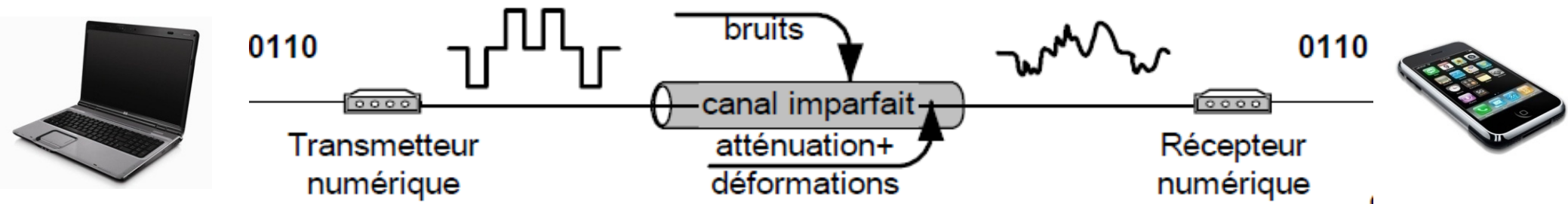
Types de transmission : Numérique

- **Transmission numérique d'informations numériques :**
 - transmission de données informatiques en bande de base,...
- **Transmission numérique d'informations analogiques :**
 - transmission de la parole, du son ou d'images en bande de base,...

Transmission de données analogique numérisée

- **Pour profiter de la robustesse de la transmission numérique, la majorité des compagnies de téléphone ont converti leurs réseaux en remplaçant la transmission analogique par une transmission numérique.**
- **Pour faire cette conversion, il faut d'abord transformer les signaux analogiques sous une forme numérique à l'aide de trois procédés complémentaires :**
 - l'échantillonnage
 - la quantification
 - le codage

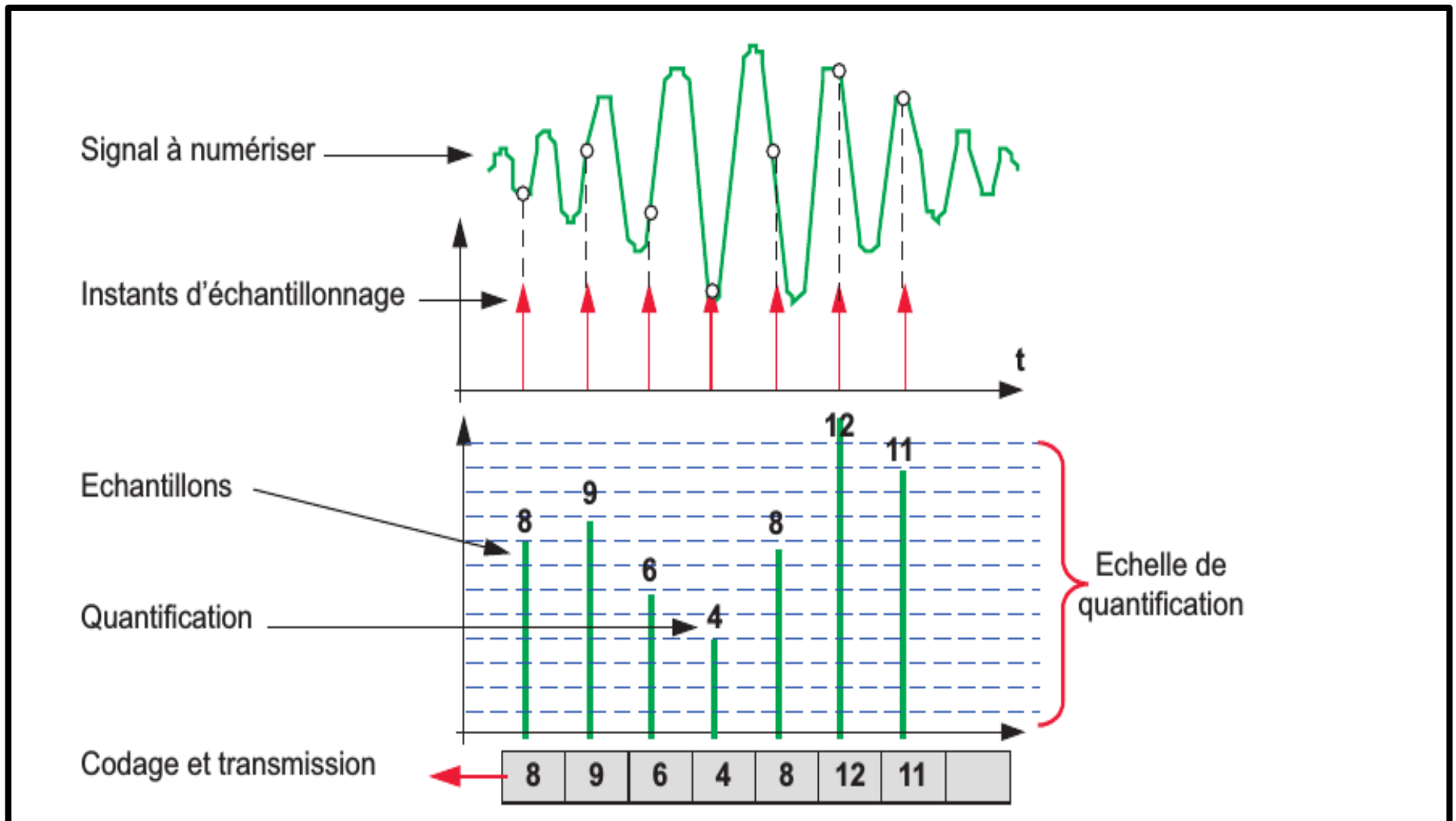
Transmission de données analogique numérisée



Transmission de données analogique numérisée

- **Pour profiter de la robustesse de la transmission numérique, la majorité des compagnies de téléphone ont converti leurs réseaux en remplaçant la transmission analogique par une transmission numérique.**
- **Pour faire cette conversion, il faut d'abord transformer les signaux analogiques sous une forme numérique à l'aide de trois procédés complémentaires :**
 - l'échantillonnage
 - la quantification
 - le codage

Transmission de données analogique numérisée



La numérisation des signaux analogiques

- **Trois opérations sont nécessaires pour la numérisation des signaux analogiques**

1- l'échantillonnage: passage d'un espace de temps continu à un espace de temps discret

2- la quantification : passage d'un espace de valeurs continu à un espace de valeurs discret

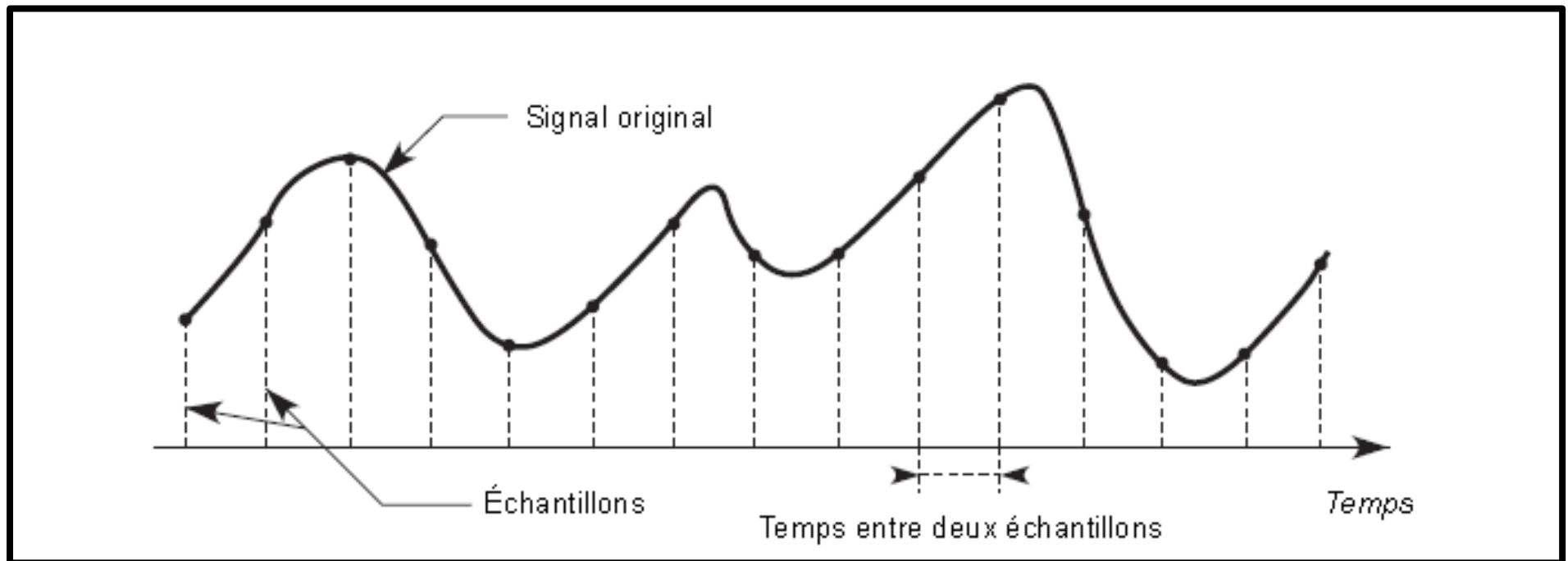
3- le codage: chaque niveau quantifié de valeurs est codé sur un nombre déterminé de bits

Transmission de données analogique numérisée

- **L'échantillonnage consiste à choisir un certain nombre de moments prédéfinis dans le temps et à observer le niveau de tension du signal analogique à chacun de ces moments**
- **Les valeurs ainsi observées sont appelées les échantillons.**
- **Le délai entre les échantillons doit être assez court pour s'assurer de bien observer toutes les variations importantes du signal.**
- **Pour la voix on échantillonne généralement 8000 fois par seconde.**

L'échantillonnage

- Pour reproduire correctement le signal à l'arrivée, le récepteur doit disposer d'un minimum d'échantillons.
- Il existe donc une relation étroite entre la fréquence maximale des variations du signal à discrétiser et le nombre d'échantillons à prélever.



L'échantillonnage

- **Consiste à prendre des points du signal analogique au fur et à mesure qu'il se déroule.**
- **Plus la bande passante est importante, plus il faut prendre d'échantillon par seconde.**
- **C'est le théorème d'échantillonnage qui donne la solution:**
 - **si un signal $f(t)$ est échantillonné à intervalle régulier dans le temps**
 - **et à un taux supérieur au double de la fréquence significative la plus haute,**
 - **les échantillons contiennent toutes les informations du signal original.**
 - **En particulier, la fonction $f(t)$ peut être reconstituée à partir des échantillons.**

Théorème d'échantillonnage de Nyquist-Shannon

- **La fréquence d'échantillonnage d'un signal doit être égale ou supérieure au double de la fréquence maximale contenue dans ce signal, afin de convertir ce signal d'une forme analogique à une forme numérique**
- **La la fréquence d'échantillonnage d'un CD audio, (normalisé à 44,1 kHz)**
 - L'oreille humaine peut capter les sons jusqu'à 16 kHz, quelquefois jusqu'à 20 kHz.
 - Il convient donc, lors de la conversion, d'échantillonner le signal audio à au moins 40 kHz

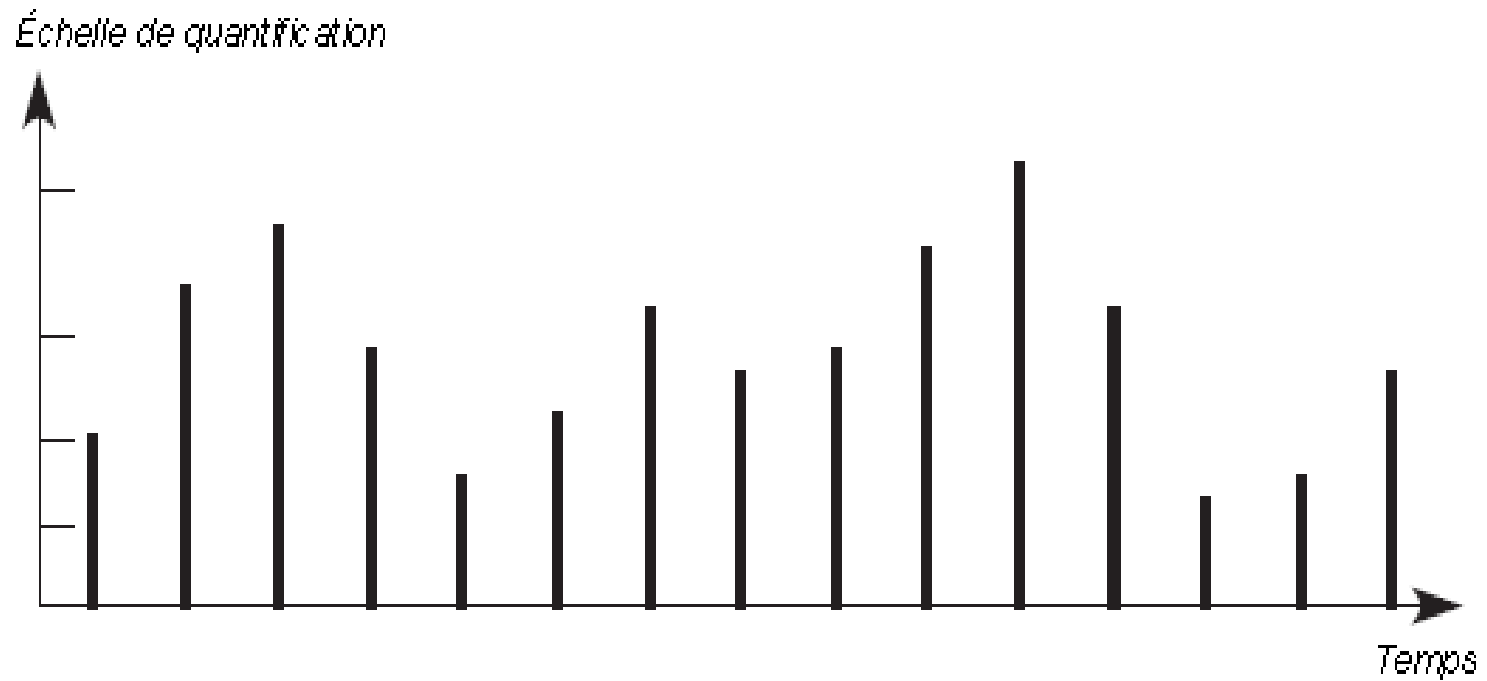
La quantification

- Pour compléter le processus de numérisation du signal on attribue à chaque échantillon un nombre entier qui représente le plus fidèlement possible le niveau de tension observé, c'est la quantification.
- La quantification fait perdre un peu de précision, plus ou moins selon la finesse de la grille d'attribution des nombres.
- Pour la voix, on utilise normalement une grille à 256 niveaux (les nombres ont donc 8 bits).

La quantification

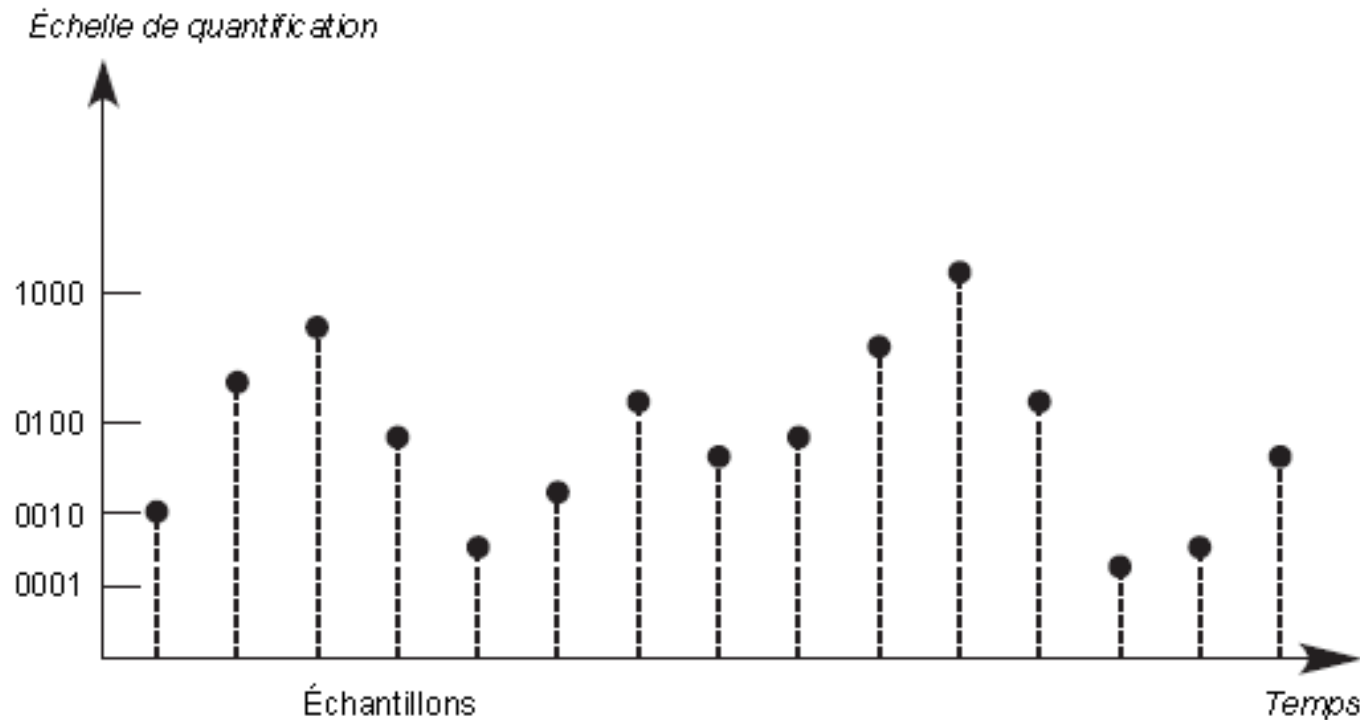
- **Consiste à représenter un échantillon par une valeur numérique au moyen d'une loi de correspondance.**
- **Il convient de trouver cette loi de correspondance de telle sorte que la valeur des signaux ait le plus de signification possible.**
- **Si tous les échantillons sont à peu près égaux, il faut essayer, dans cette zone délicate, d'avoir plus de possibilités de codage que dans les zones où il y a peu d'échantillons.**

La quantification



Le codage

- Consiste à affecter une valeur numérique aux échantillons.
- Ce sont ces valeurs qui sont transportées dans le signal numérique



Numérisation de la parole téléphonique

- **La numérisation de la parole téléphonique s'effectue généralement au moyen des méthodes classiques**
 - PCM (Pulse Code Modulation) en Amérique du Nord
 - MIC (modulation par impulsion et codage) en Europe
- **Ces méthodes présentent de légères différences, dont la plus visible concerne le débit de sortie**
 - 56 Kbit/s en Amérique du Nord
 - 64 Kbit/s en Europe

Numérisation de la parole téléphonique

- Le codage s'effectue soit sur **128** valeurs (PCM), soit sur **256** valeurs (MIC), ce qui demande, en binaire, **7 ou 8 bits** de codage.
- Débit de la numérisation de la parole téléphonique est obtenue en multipliant le nombre d'échantillon/section par le nombre de bits.
 - $8\,000 \times 7 = 56$ Kbit/s en Amérique du Nord
 - $8\,000 \times 8 \text{ bit/s} = 64$ Kbit/s en Europe.

Numérisation de la parole téléphonique

- **La largeur de bande de la parole téléphonique analogique est de 3 200 Hz.**
- **Pour numériser ce signal correctement sans perte de qualité, déjà relativement basse, il faut échantillonner au moins 6 400 fois par seconde.**
 - Dans la normalisation, on a adopté la valeur de **8 000 fois par seconde.**
- **L'amplitude maximale permise se trouve divisée en 128 échelons positifs pour la version PCM**
 - auxquels il faut ajouter **128 échelons négatifs** dans la version européenne MIC.

Techniques de transmission

Les techniques de transmission

**Deux techniques
de transmission**

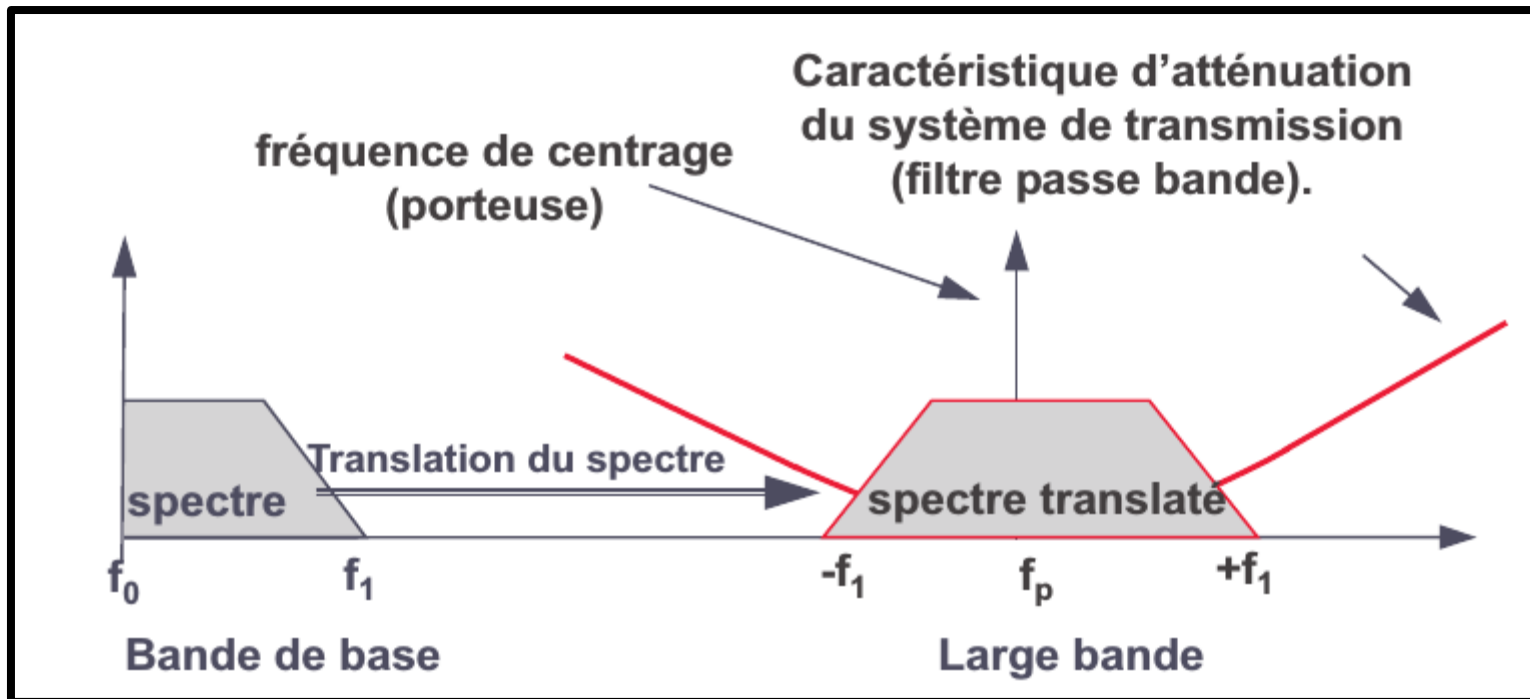


```
graph LR; A[Deux techniques de transmission] --> B[transposition en fréquence ou à large bande]; A --> C[bande de base];
```

**transposition en
fréquence ou à
large bande**

bande de base

Les techniques de transmission



Transmission à large bande

Transmission à large bande

- **En transmission large bande, le spectre du signal numérique est translaté autour d'une fréquence centrale appelée porteuse.**
- **Elle est réalisée par un organe appelé modulateur.**
 - En réception le signal doit subir une transformation inverse, il est démodulé.
 - Le modem, contraction de modulation/démodulation, est un équipement qui réalise la modulation des signaux en émission et leur démodulation en réception.

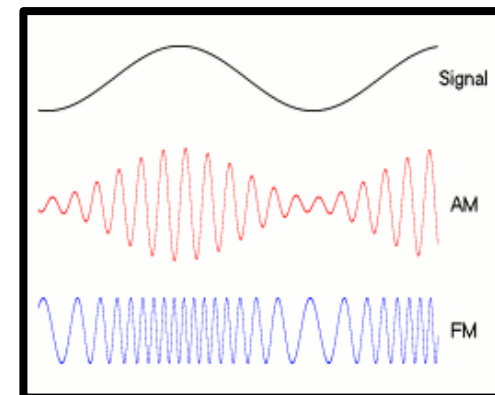
Transmission à large bande

Porteuse

- **Une porteuse est un signal sinusoïdal de fréquence et amplitude constantes**
 - Onde utilisée pour faciliter la transmission d'un signal
 - ne portant aucune autre information que celle de sa présence
- **La porteuse est**
 - **modulée** : on fait varier les paramètres de la porteuse pour coder un ou plusieurs bits à chaque changement d'état
 - en vue, de sa **diffusion au moyen d'un émetteur**

Définition de la modulation

- La **modulation du signal** est une opération de traitement du signal qui permet de l'**adapter** à un **canal de communication**
- **Signal** : $A \cos(2\pi f t - \varphi)$
 - **Modulation de fréquence**: les variations portent sur **f** (**FSK**, *Frequency Shift Keying*)
 - **Modulation d'amplitude**: les variations portent sur **A** (**ASK**, *Amplitude Shift Keying*)
 - **Modulation de phase**: les variations portent sur **φ** (**PSK**, *Phase Shift Keying*)



Modulation d'amplitude

- $S(t) = A(t)\cos(2\pi f_0 t - \varphi_0)$
- **Faire varier l'amplitude d'un signal de fréquence élevée en fonction d'un signal de basse fréquence.**
 - Ce dernier est celui qui contient l'information à transmettre (voix, par exemple, recueillie par un microphone),
 - le premier étant le signal porteur (porteuse).

Signal utile

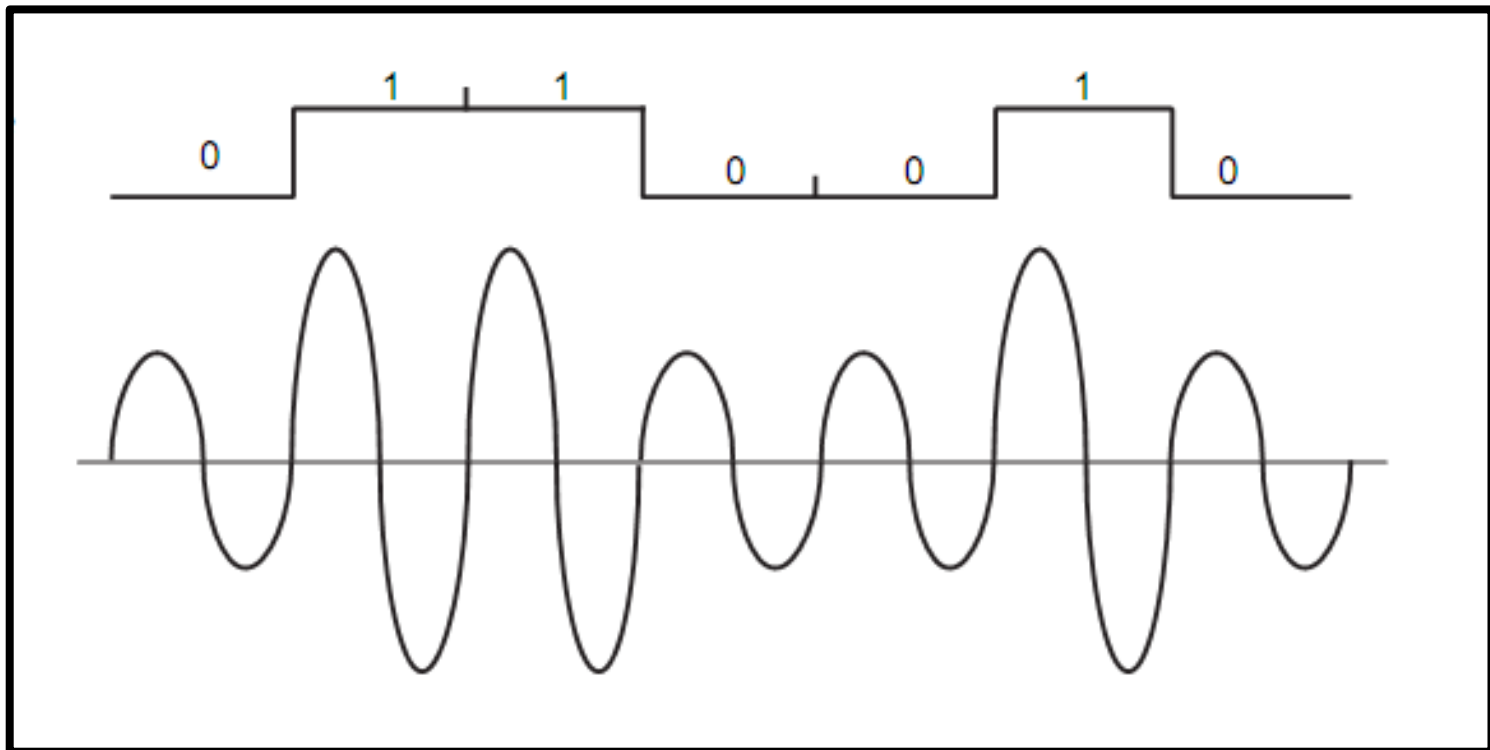
Porteuse

Signal
modulé



Exemple de modulation d'amplitude

- La différence entre 0 et 1 se traduit par une différence d'amplitude du signal

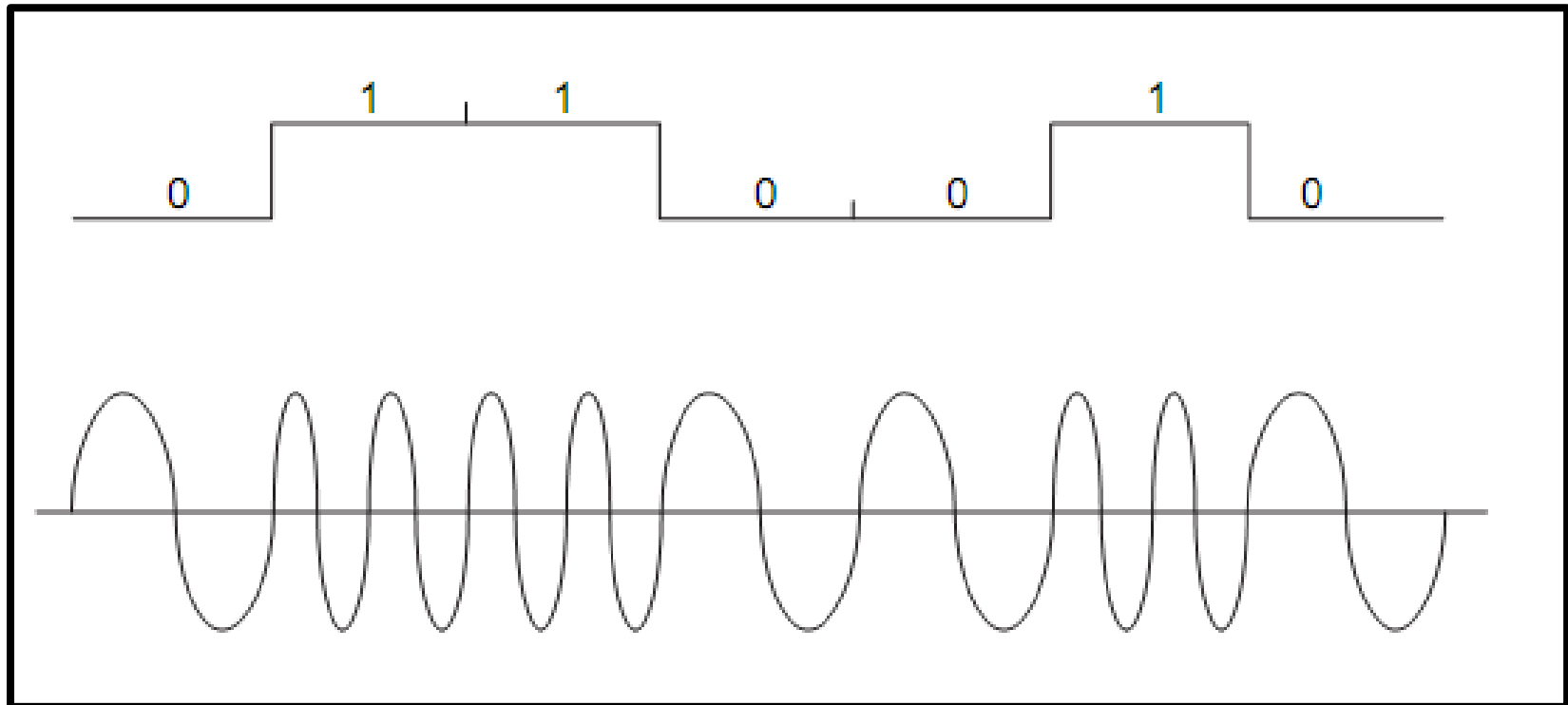


Modulation de fréquence

- $S(t) = A_0 \cos(2\pi f(t)t - \varphi_0)$
- En modulation de fréquence:
 - l'information est portée par une modification de la fréquence de la porteuse, et non par une variation d'amplitude.
- La modulation de fréquence est plus robuste que la modulation d'amplitude pour transmettre un message dans des conditions difficiles (atténuation et bruit importants).

Exemple de modulation de fréquence

- En modulation de fréquence, l'émetteur a la possibilité de modifier la fréquence d'envoi des signaux suivant que l'élément binaire à émettre est 0 ou 1

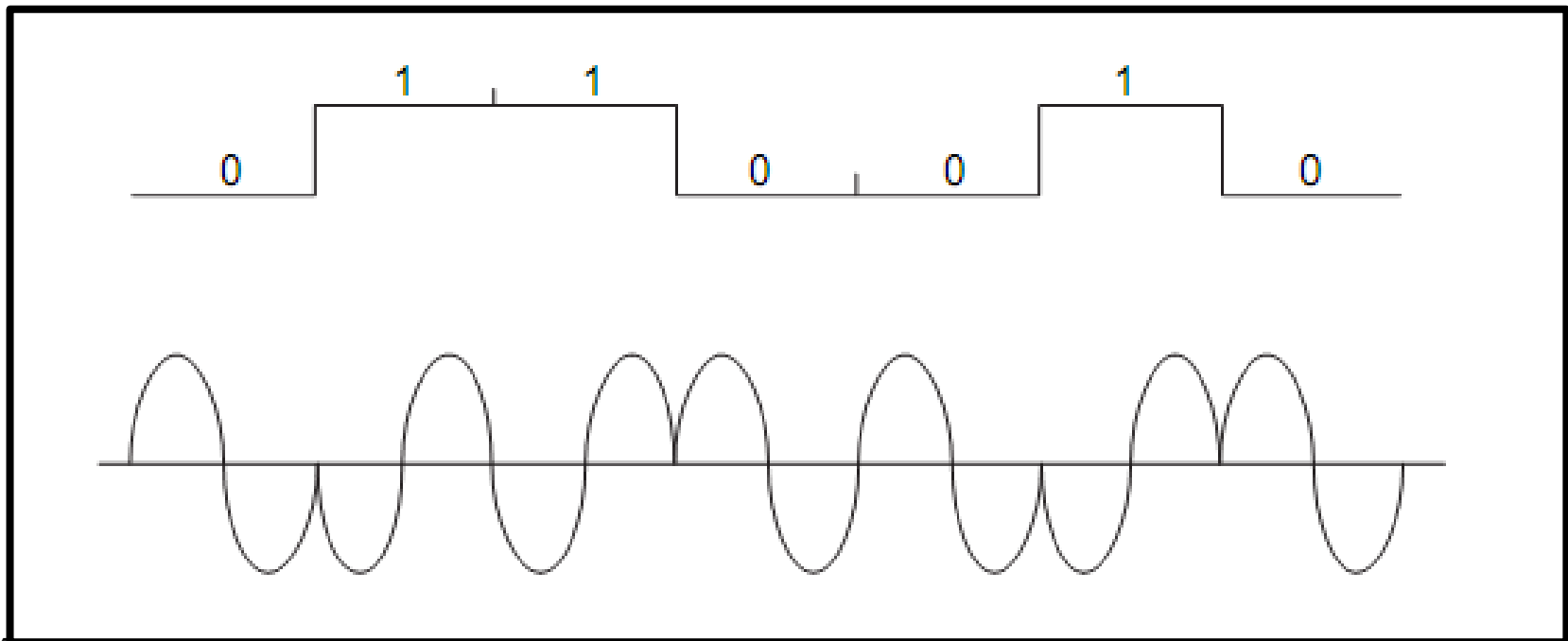


Modulation de Phase

- **$S(t) = A_0 \cos(2\pi f_0 t - \varphi(t))$**
- **Transmettre un signal par la modulation de la phase d'un signal porteur**

Exemple de modulation de phase

- La distinction entre 0 et 1 est effectuée par un signal qui commence à des emplacements différents de la sinusoïde, appelés phases.
- les valeurs 0 et 1 sont représentées par des phases respectives de 0° et de 180° .



Transmission en bande de base

Transmission en bande de base

- **On qualifie de systèmes de transmission en bande de base les systèmes qui n'introduisent pas d'écart de fréquence entre les signaux émis et ceux reçus.**
- **Cette définition n'exclut nullement des modifications du signal pour mieux l'adapter aux caractéristiques du support de transmission.**

Transmission en bande de base

- On appelle **codage**, l'opération qui fait **correspondre à un symbole appartenant à un alphabet**, une représentation binaire (codage à la source).
- On désigne par **transcodage**, ou **codage en ligne**, l'opération qui consiste à substituer **au signal numérique (représentation binaire)** un signal électrique mieux adapté à la transmission

Transmission en bande de base codage en ligne ou transcodage



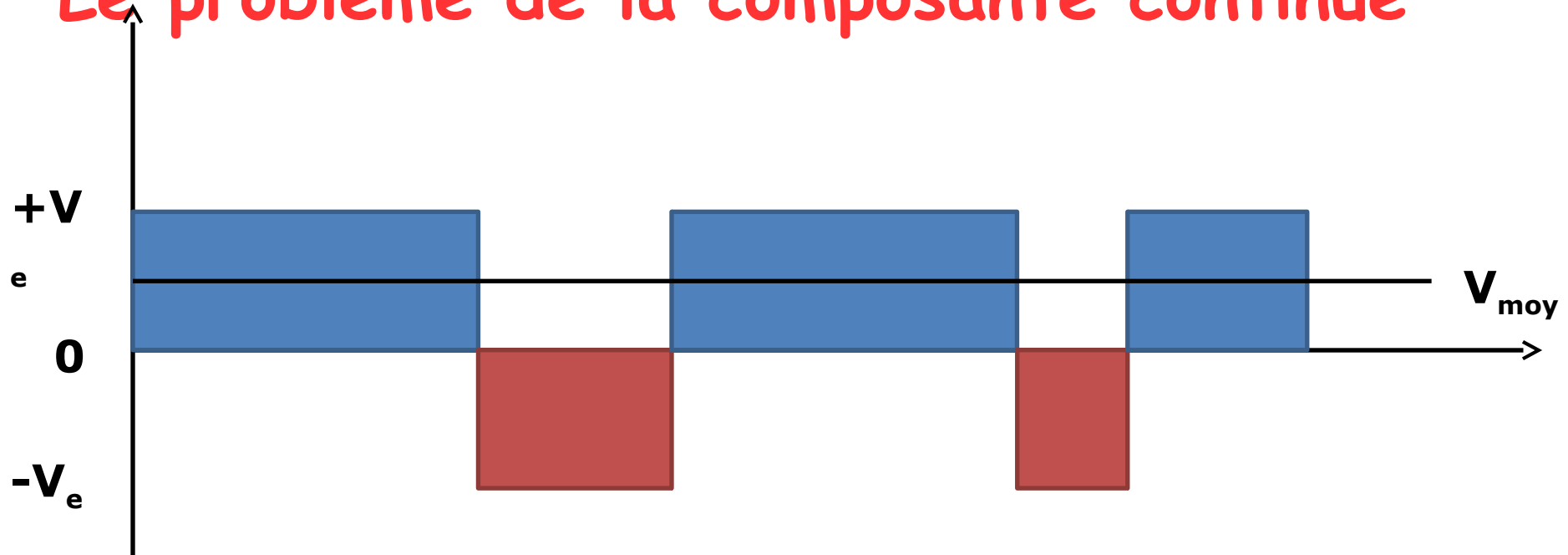
Transmission en bande de base

le transcodage

- **Le transcodage, ou codage en ligne, a essentiellement pour objet de supprimer la composante continue, d'adapter le spectre au canal de transmission et de maintenir la synchronisation de l'horloge de réception.**
 - La composante continue représente la valeur moyenne du signal pour un intervalle de temps donné.
 - Cette composante continue est inutile, elle ne transporte aucune information et provoque un échauffement (effet Joule) des organes d'extrémité
 - L'absence de transition, lors de la transmission d'une longue suite de 0 ou de 1, introduit un risque de perte de synchronisation des horloges.

Pourquoi Alterné ?

Le problème de la composante continue



Un signal possédant **une valeur moyenne non nulle**

- se propage mal sur les lignes de transmission longue distance
 - pose des problèmes de traitement par les circuits électroniques des récepteurs

Transmission en bande de base

- Le codeur transforme une suite $\{d_k\}_{k \geq 0}$ initiale généralement binaire (de bits) en une suite codée $\{a_k\}_{k \geq 0}$ (de symboles) généralement binaire.
 - Le décodeur fait l'opération inverse.
- Le but du codage est d'adapter la suite de bits à transmettre aux caractéristiques de la transmission.
- S'il n'y a pas de modulation par transposition en fréquence, le codage est dit en bande de base

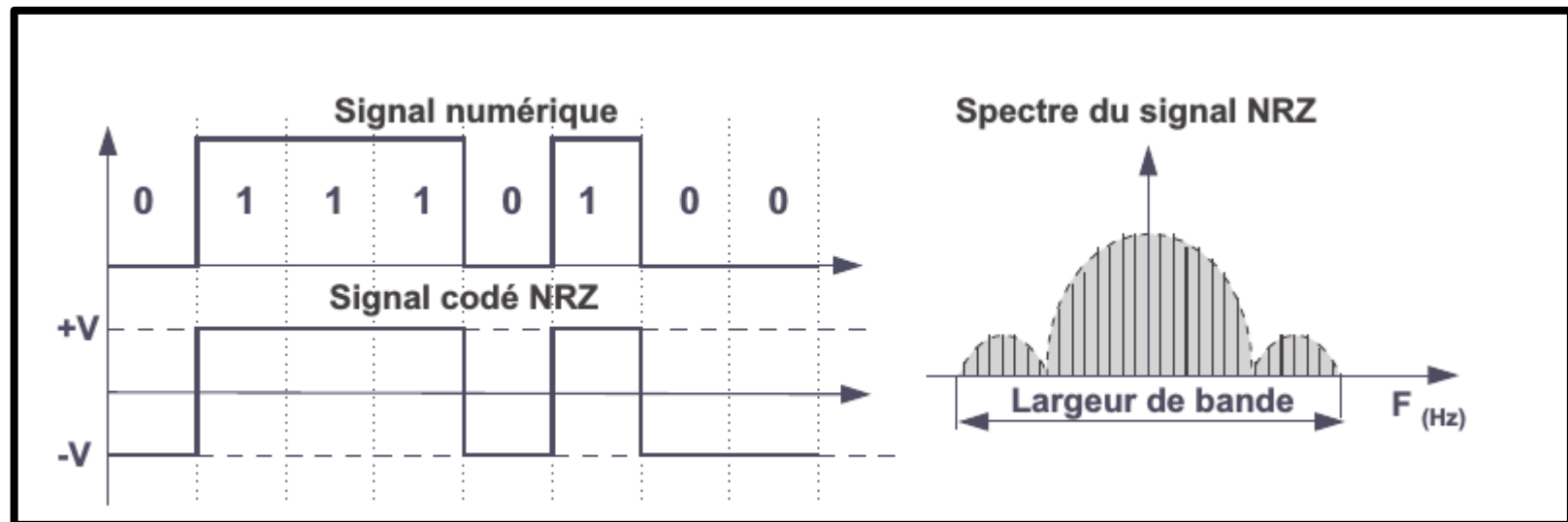
Transmission en bande de base

- **La transmission est dite en bande de base lorsque le signal ne subit pas de transposition en fréquence.**
 - Dans ce cas, le signal présente souvent un aspect rectangulaire
 - la fonction de modulation simple utilisée est rectangulaire.
- **On transforme une fonction discrète $\{d_k\}_{k \geq 0}$ en fonction continue $d(t)$ à l'aide de la relation suivante :**
 - $d(t) = \sum d_k R_T(t - kT - T_0)$
 - T_0 instant initial
 - $R_T(t)$: la fonction rectangulaire sur l'intervalle $[0, T]$ défini par $R_T(t) = 1$ si $t \in [0, T]$; 0 sinon

No Return to Zero NRZ

- En symétrisant le signal par rapport au potentiel de référence (0 volt), on diminue la composante continue.
 - Pour cela, on représente les 1 (ou les 0) par une valeur $+V$ et les 0 (ou les 1) par $-V$.
- Ce codage élémentaire connu sous le nom de code NRZ (No Return to Zero, non-retour à zéro) est à la base de tous les codes
 - Le codage NRZ, est la méthode la plus simple pour coder un flux.
- Le codage est à deux niveaux :
 - 1 logique \rightarrow un premier niveau de voltage
 - 0 logique \rightarrow un deuxième niveau de voltage
- Il n'a pas de transition générée lors d'une longue séquence de 1 ou 0, ce qui rend la synchronisation difficile

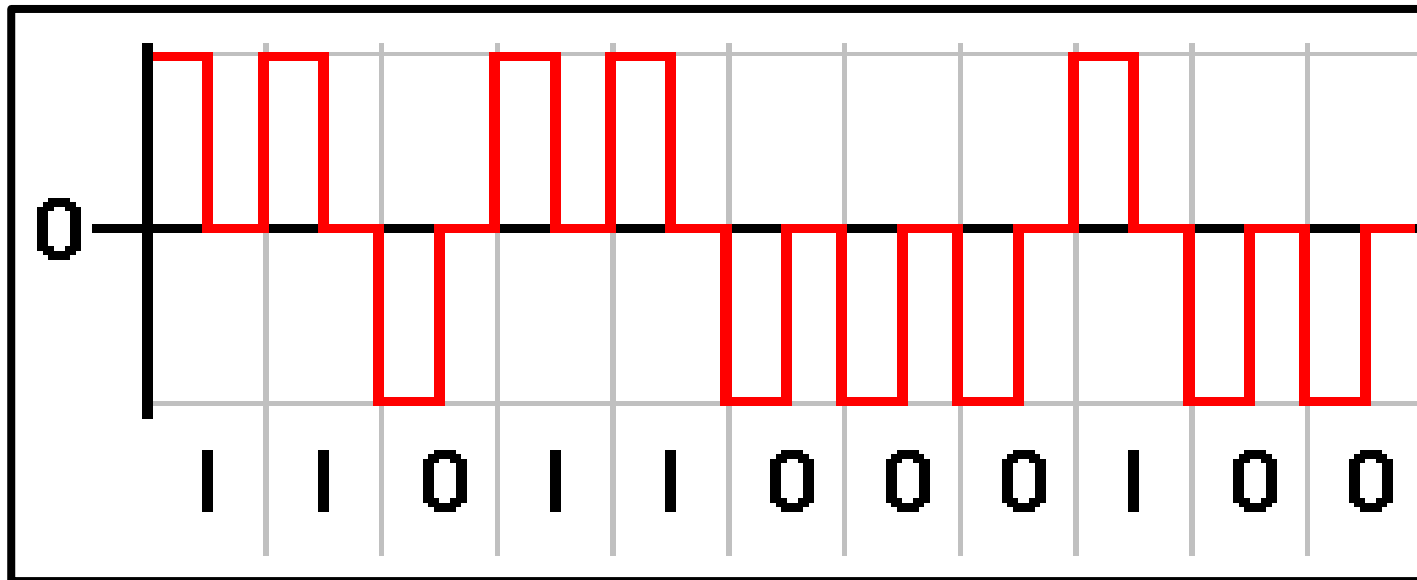
No Return to Zero NRZ



Code RZ (Return to Zero)

- **Le signal retourne à zéro à chaque pulsation**
- **« code autoporteur d'horloge »**
 - Ne nécessite pas l'envoi d'un signal d'horloge séparé ou toute autre source de synchronisation.
 - Cas particulier d'une longue série de 1 ou de 0 \Rightarrow perte de synchronisation possible.
 - Synchronisation maintenue dans la plupart des cas.
- **Code ternaire simple, limite les interférences entre symboles**
- **Code 1B/2T**
- **Utilise le double de la bande passante nécessaire à NRZ pour coder les mêmes données**

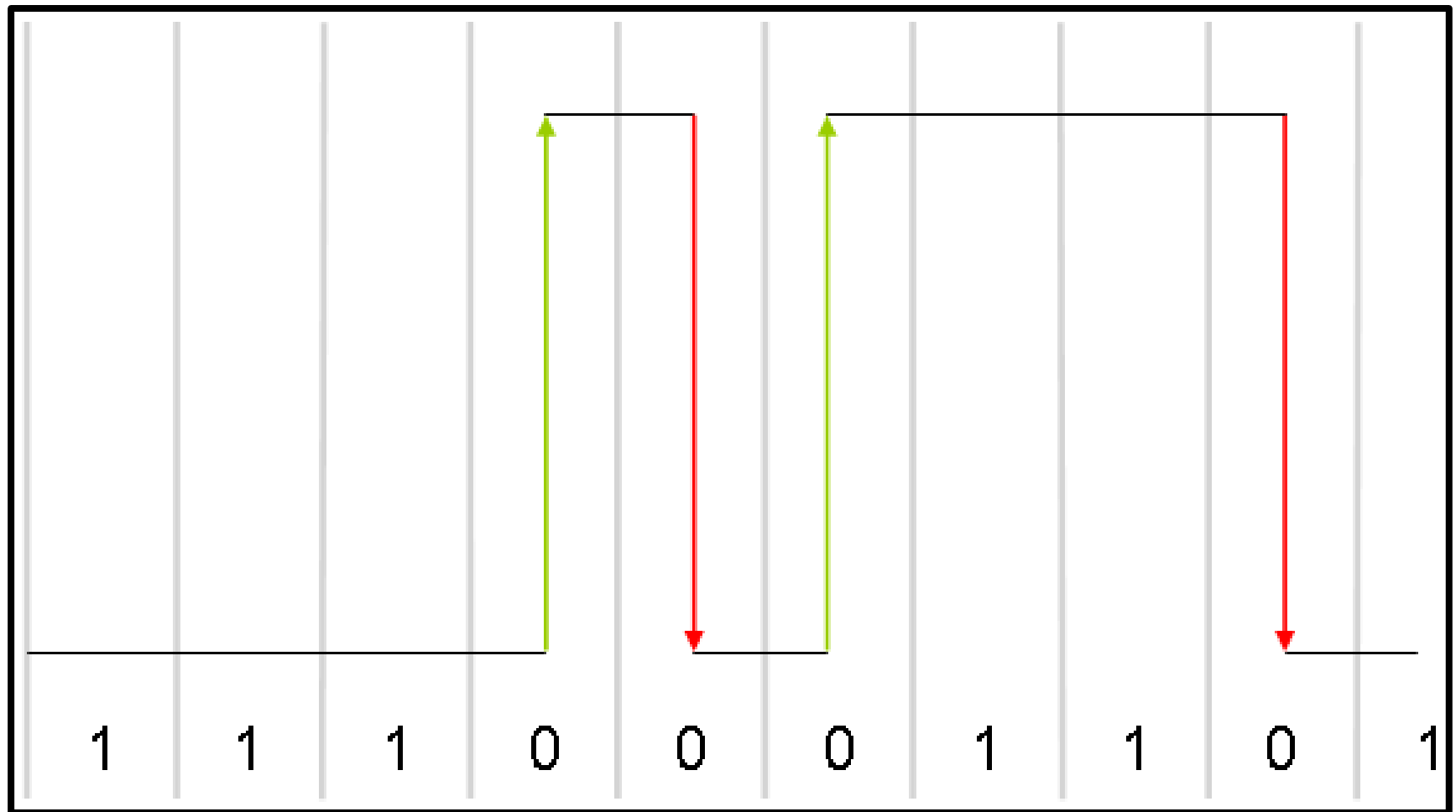
Code RZ (Return to Zero)



Non Return to Zero Inverted NRZI

- Est une variante du codage NRZ
- Le 0 a été choisi comme élément de changement
- Facile à mettre en œuvre, bonne utilisation de la bande passante
- Indépendant de la polarité
- Horloge peut être perdu en cas d'envoi successif d'une suite de 1 logique
- Le bus USB utilise le codage NRZI Norme USB.
 - Pour éviter la perte d'horloge, un 0 est envoyé après six 1 consécutifs.
 - Le récepteur doit prendre en compte ces éléments de remplissage.

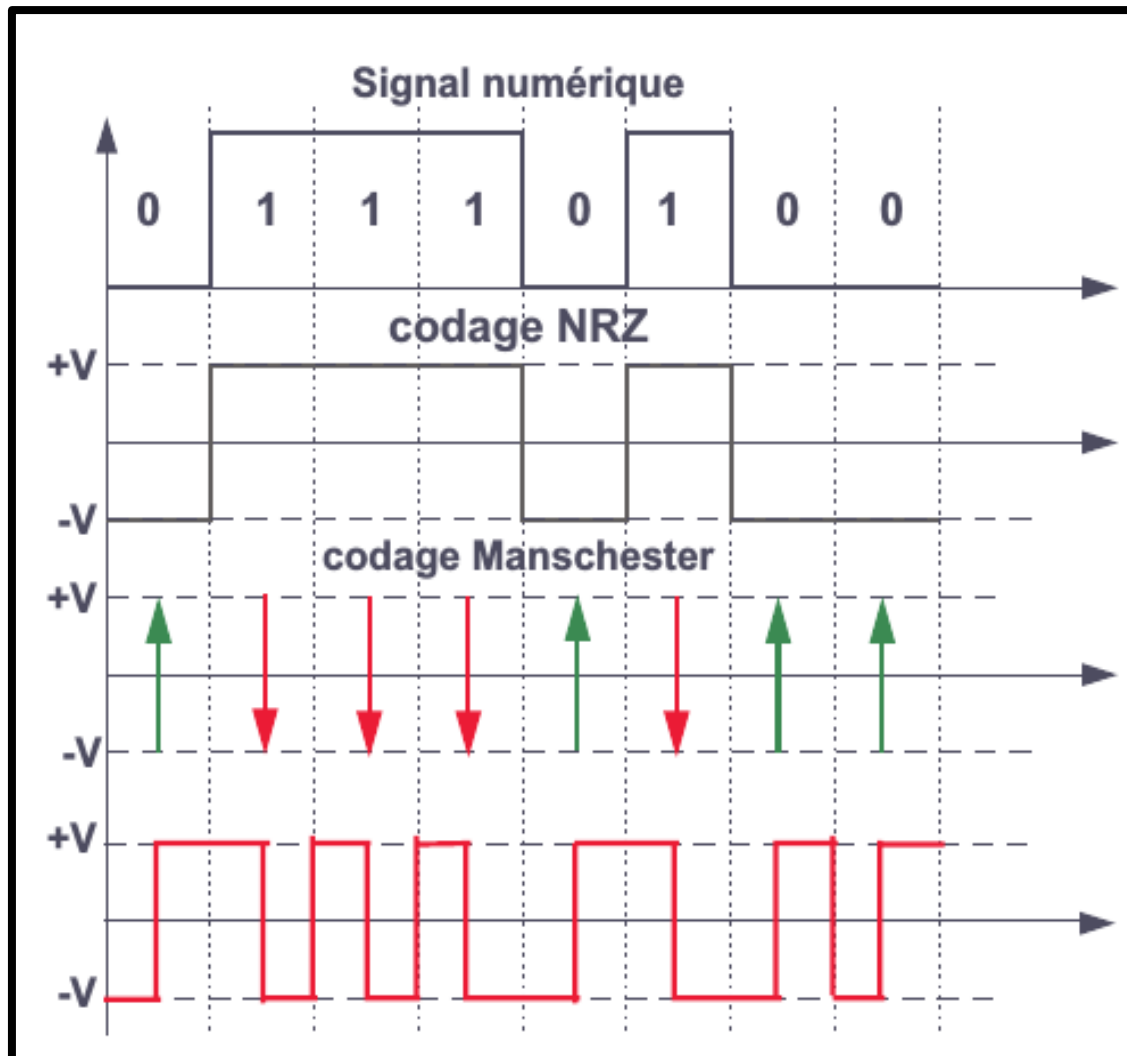
Non Return to Zero Inverted NRZI



Code Manchester (Code Biphase, Code biphase_L(evel))

- **Transitions (IEEE 802.3 , Ethernet, RFID)**
 - 1 → transition du niveau bas vers le niveau haut
 - 0 → transition du niveau haut vers le niveau bas
 - L'inverse est aussi possible
- **Mise en œuvre simple, codage et décodage faciles**
- **pas de composante continue**
 - donc pas de perte de synchronisation sur les suites de symboles identiques
 - code autoporteur d'horloge
- **Utilise le double de la bande passante nécessaire à NRZ (par exemple)**

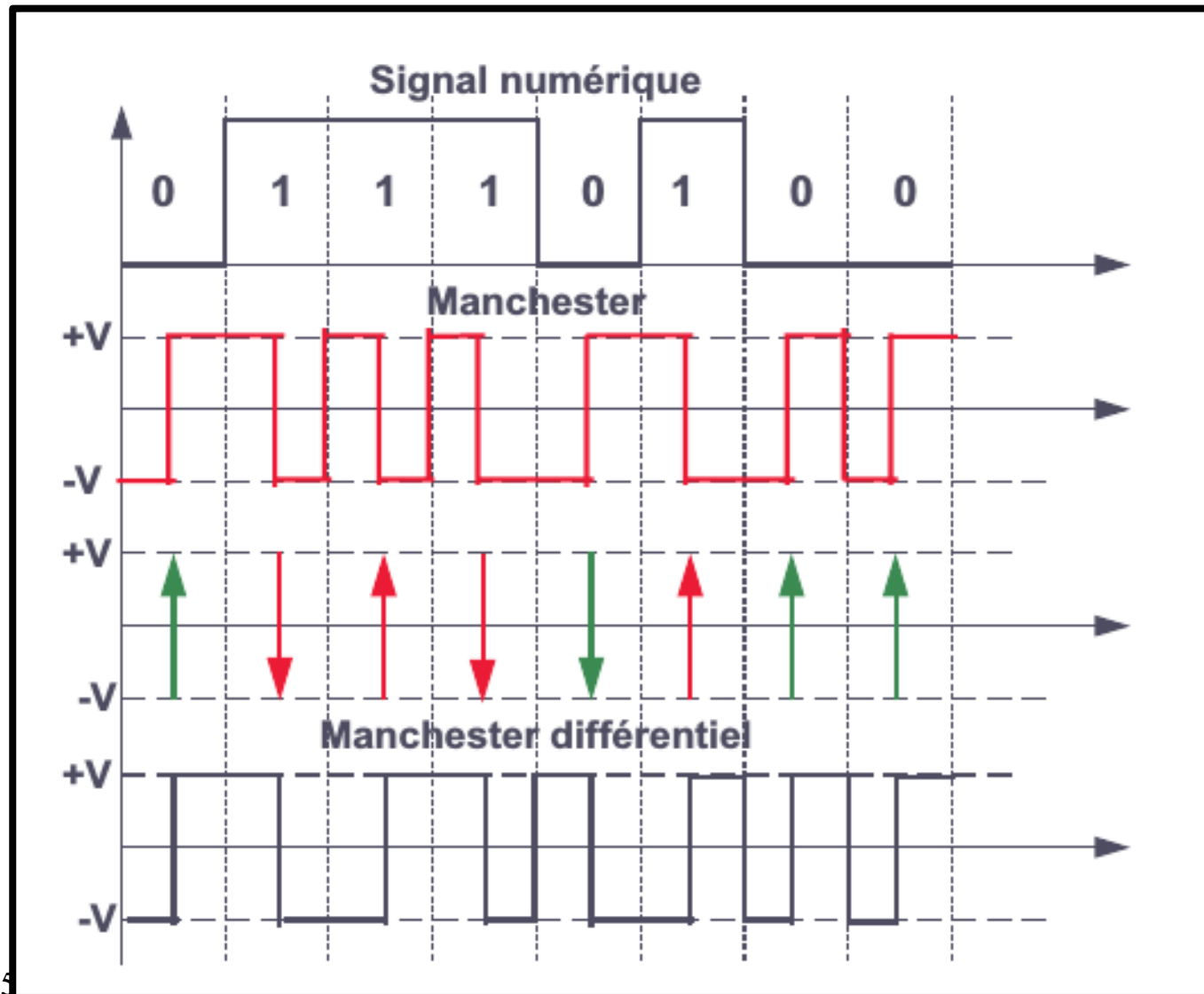
Code Manchester



Code Manchester Différentiel (Biphase différentiel)

- **Transitions (IEEE 802.5, Token ring)**
 - 0 \rightarrow Transition dans le même sens que la précédente
 - 1 \rightarrow Transition dans le sens inverse de la précédente
- **Mise en œuvre simple**
- **Codage et décodage facile**
- **Pas de composante continue**
 - pas de perte de synchronisation sur les suites de symboles identiques
 - code autoporteur d'horloge
 - Indépendance de polarité

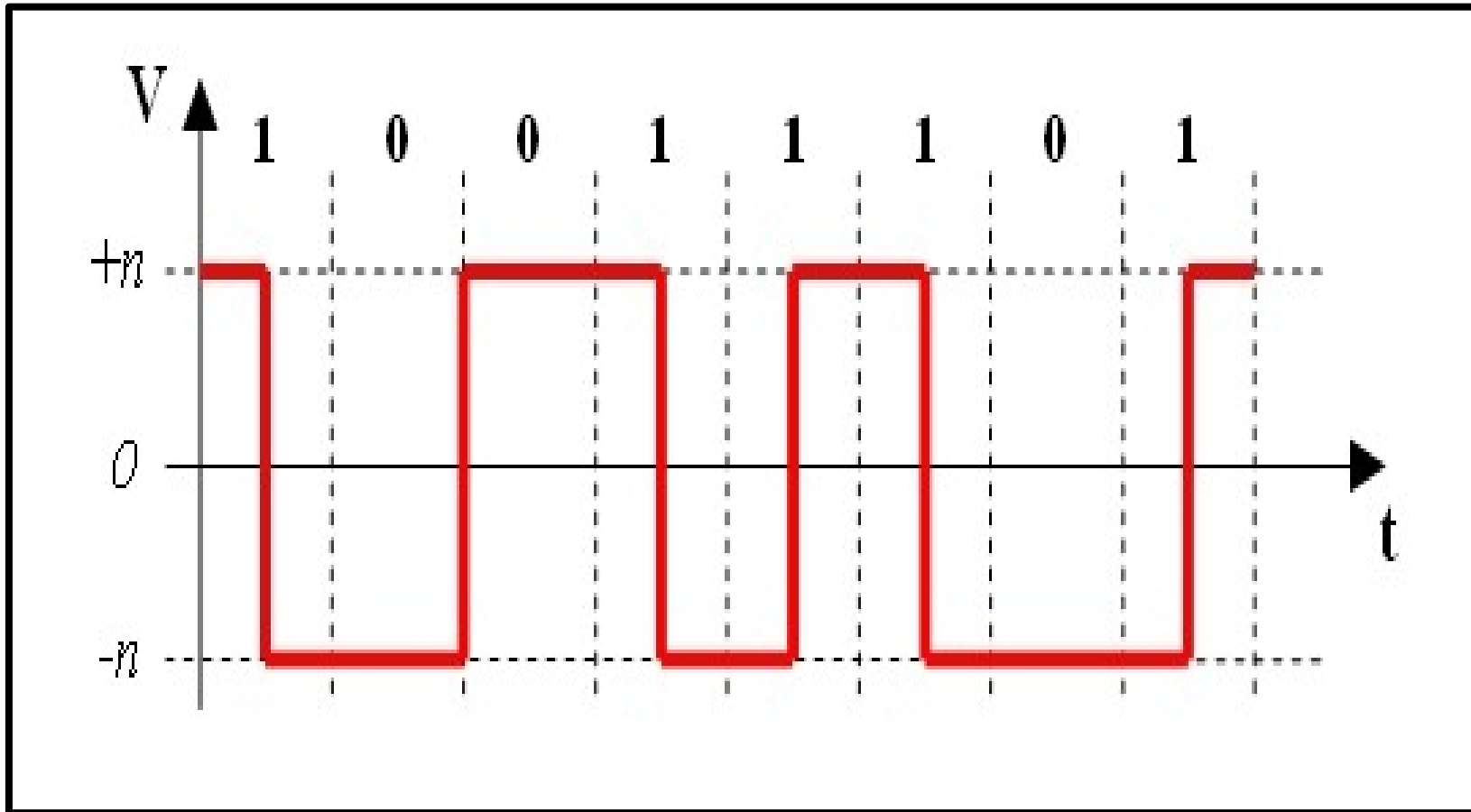
Code Manchester Différentiel (Biphase différentiel)



Code de Miller ou Delay Mode

- **Transition au milieu l'intervalle élémentaire du 1**
 - front montant ou front descendant
- **pas de transition au milieu l'intervalle élémentaire du 0**
- **une transition en fin l'intervalle élémentaire 0 si celui-ci est suivi d'un autre 0**
- **Code symétrique → indépendance de polarité**
- **Mise en œuvre simple, bande passante réduite, pas de perte de synchronisation sur les suites de symboles identiques.**

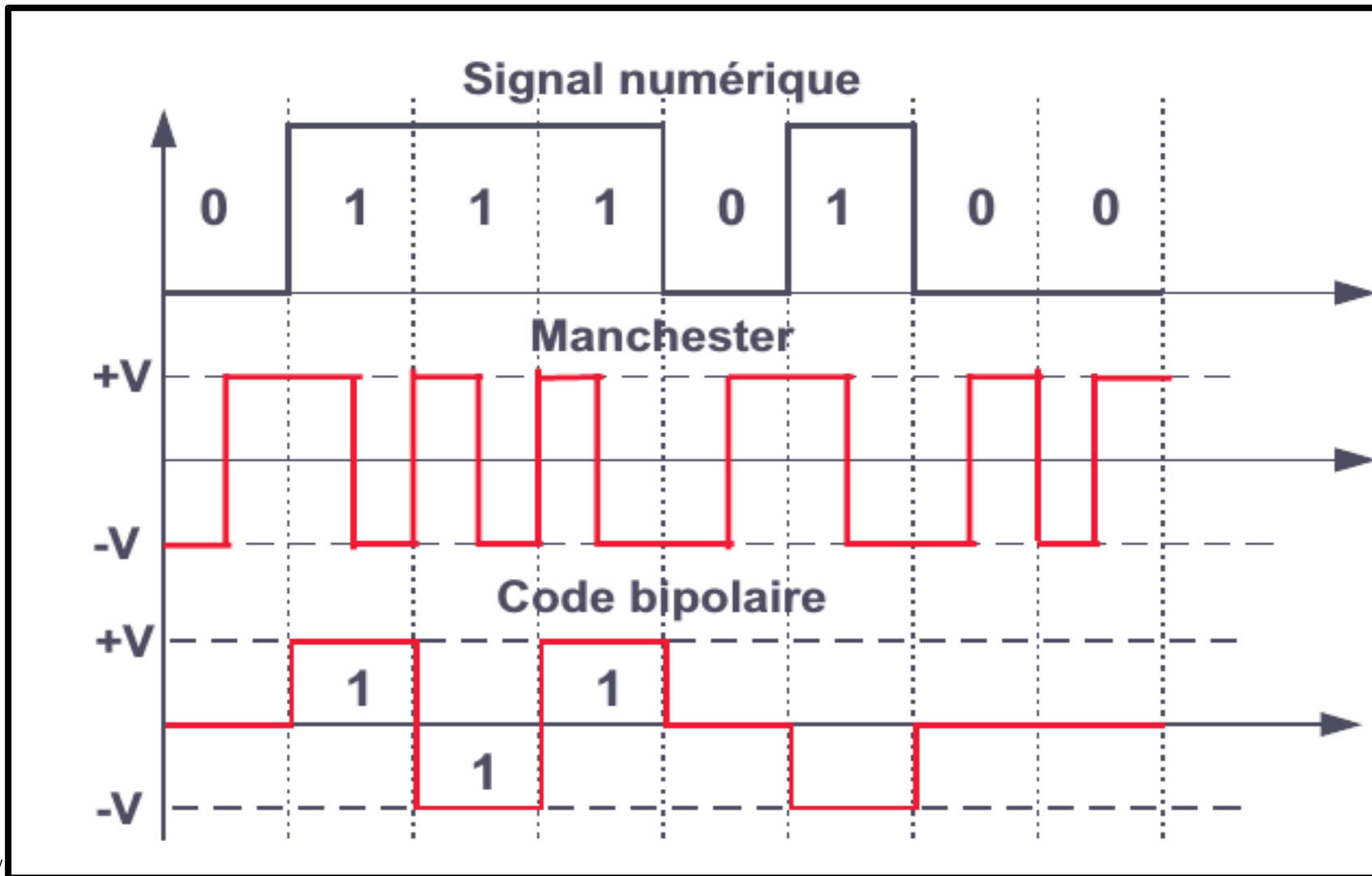
Code de Miller ou Delay Mode



Code Bipolaire simple (AMI : Alternate Mark Inversion)

- **Trois niveau de codage:**
 - 0 : pas de signal
 - 1 : alternativement niveau positif ou négatif
- **Le signal peut présenter de longues séquences de zéros → *bit stuffing***
 - Si n est le nombre maximal d'états égaux consécutifs
 - chaque fois qu'un signal comporte n états identiques consécutifs on ajoute un bit à l'état inverse
 - Par exemple, si n = 5
 - la séquence suivante : 10000000001
 - sera codée : **100000100001**
- Code ternaire, équilibré, indépendant de la polarité, dérive de l'horloge (suite de 0)

Code Bipolaire simple (AMI : Alternate Mark Inversion)



Code Bipolaire Haute Densité d'ordre n (BHD n)

- **Ajoute de la synchronisation à AMI**
- **Identique au codage AMI tant que le nombre de zéros consécutifs à coder est inférieur à $n+1$.**
 - basée sur la violation de l'alternance : bit de viol (noté V)
 - Une violation de codage consiste à générer un bit du même signe le "+" ou le "-" qui précède.
 - C'est une violation, car les "+" et les "-" doivent normalement alterner.

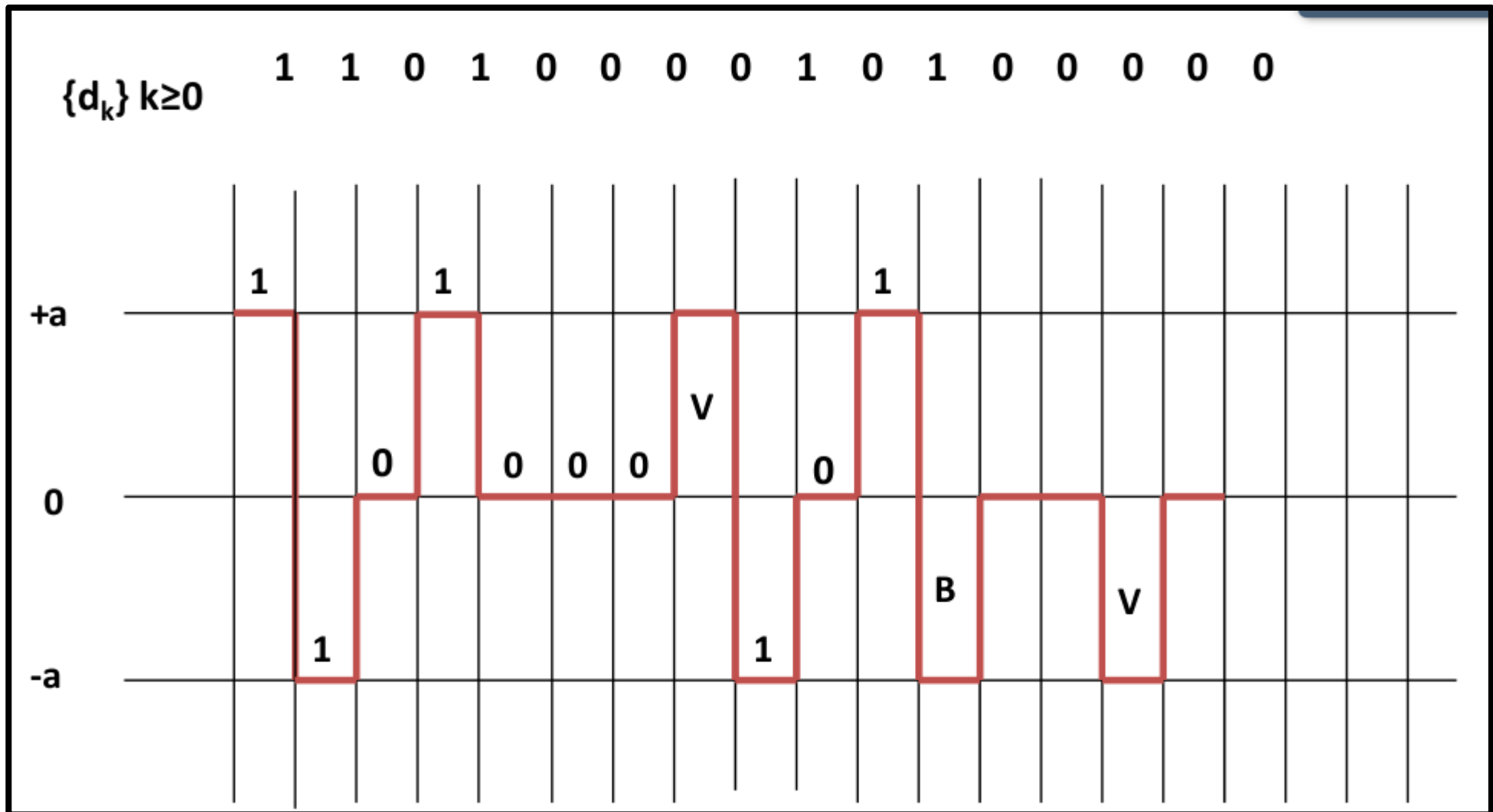
Code Bipolaire Haute Densité d'ordre n (BHD n)

- Les violations de codage produisent des signaux de même polarité proches les uns des autres.
 - Ce qui génère une valeur moyenne préjudiciable à sa propagation et à sa détection
- Le codage BHD n a prévu des **bits de balance** que nous désignerons par **B**.
 - s'ils sont bien distribués, vont rendre nulle la valeur moyenne du signal codé.
 - B suit la règle AMI (c'est "+" si le précédent signal non nul est "-" et inversement)

Code Bipolaire Haute Densité d'ordre n (*BHD n*)

- **Ce codage n'introduit pas de bits supplémentaires.**
 - les bits de violation V et les bits de balance B ne sont pas ajoutés
 - on change seulement la valeur du signal (nul pour un zéro) en un signal positif ou négatif suivant les cas.
- **Codage BHD3 :** Un groupe de quatre zéros sera codé : **$B\ 0\ 0\ V$**
 - B est le bit de balance, V celui de violation.
 - Sauf pour le premier groupe qui sera codé **$0\ 0\ 0\ V$**

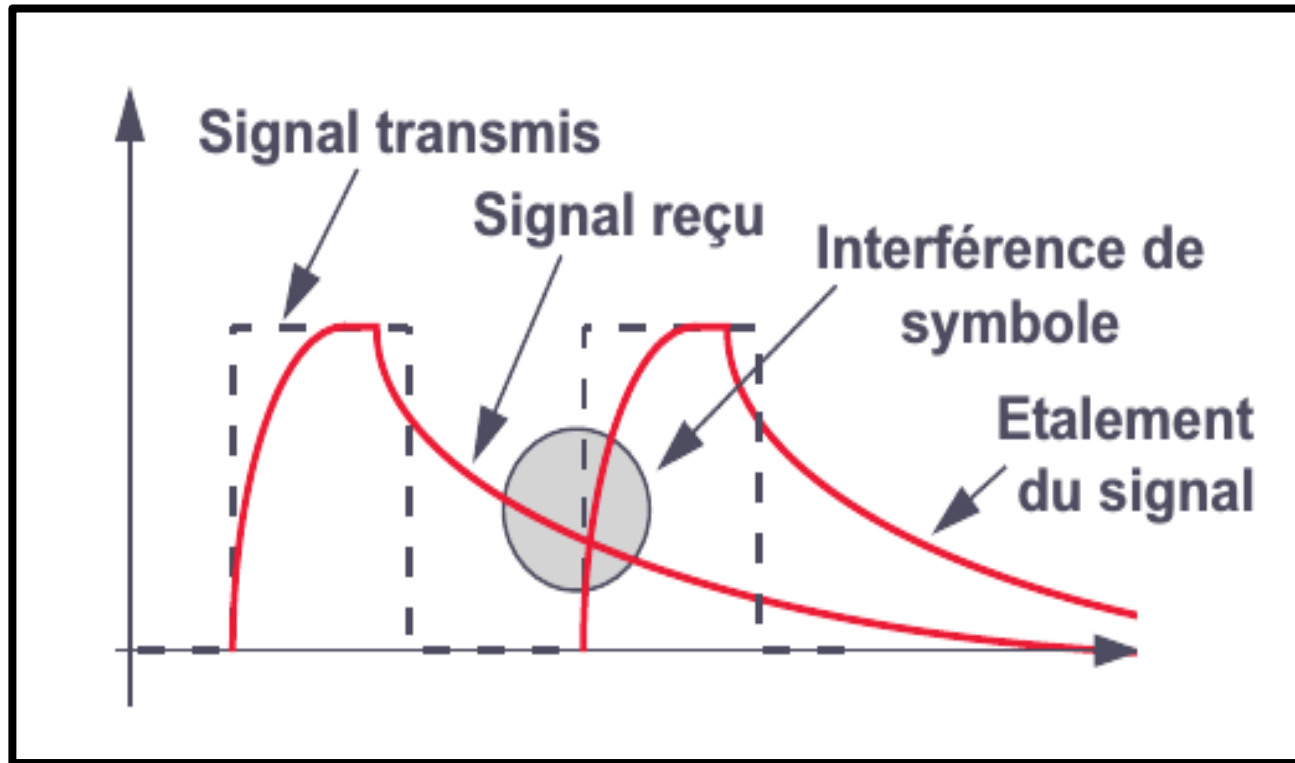
Code Bipolaire Haute Densité d'ordre n (BHD n)



Critère de Nyquist

- Une ligne ou canal de transmission se comporte comme un filtre passe-bas, les différentes composantes sont atténuées (distorsion d'amplitude) et retardées (distorsion de phase).
- L'une des conséquences les plus visibles est l'étalement du signal. Dans des conditions limites, cet étalement a pour conséquence que la fin d'une impulsion transmise se confond avec le début de la suivante.
- Les circuits électroniques ne peuvent, alors, distinguer deux impulsions successives, il y a interférence de symboles

Critère de Nyquist



Critère de Nyquist

- **Il existe une relation étroite entre le nombre maximal de symboles (impulsions électriques) que le système peut admettre et la bande passante de celui-ci.**
- **Supposons:**
 - un signal de fréquence F ,
 - deux instants significatifs peuvent être distingués.
 - Le premier correspond à la première alternance du signal, le second à la seconde.
- **En assimilant chaque alternance à une impulsion électrique, le nombre maximal d'impulsions que peut transmettre un système, par unité de temps, est, au plus égal au nombre d'alternances du signal (alternance positive pour un « 1 », alternance négative pour le « 0 », par exemple).**

Critère de Nyquist

- Soit R_{\max} , le nombre maximal de temps élémentaires par unité de temps (nombre d'impulsions), et F_{\max} , la fréquence de coupure du système, ils sont liés par la relation :

$$R_{\max} = 2 * F_{\max}$$

- Si on assimile F_{\max} à la bande passante (BP) du canal, on obtient la relation appelée critère de Nyquist :

$$R_{\max} \leq 2 \cdot BP$$

Critère de Nyquist

- Où R_{\max} désigne le nombre maximal de transitions qu'un système peut supporter, et est appelé rapidité de modulation.
- La rapidité de modulation, grandeur analogue à une fréquence, s'exprime en baud et représente le nombre d'instants élémentaires du signal par unité de temps.
- La rapidité de modulation est aussi appelée vitesse de signalisation sur le support

Débit binaire et rapidité de modulation

- Le débit binaire D d'une voie de données est le nombre maximum de bits d_i transmis par seconde sur cette voie
 - $D = 1 / T$ (bits/s) avec T intervalle élémentaire
- La rapidité de modulation R (exprimée en bauds) mesure le nombre maximum de symboles (élément de modulation émis en bande de base) transmis par seconde
 - $R = 1 / \Delta$ (baud) avec Δ période significative
- $1/\Delta$ est un **multiple** de $1/T$ et le **nombre de niveaux N** est choisi de telle sorte que $a(t)$ et $d(t)$ aient le même débit d'information
 - $D = 1/T = \log_2(N) / \Delta = R \log_2(N)$ (bits/s)

Les supports de transmission

Importance du support physique

- **Du choix du support physique dépendent**
 - les performances du réseau notamment le débit de transmission
 - la fiabilité du réseau
- **La plus part des réseaux locaux**
 - Utilisent un signal électrique véhiculé sur des supports métalliques
 - On trouve aussi, de plus en plus, des réseaux à fibres optiques permettant des débits plus élevés et une meilleure fiabilité
- **Par ailleurs, la transmission peut s'effectuer sans que les signaux ne soient guidés par un support : onde radio électromagnétique, rayons infrarouges, rayons laser,...**

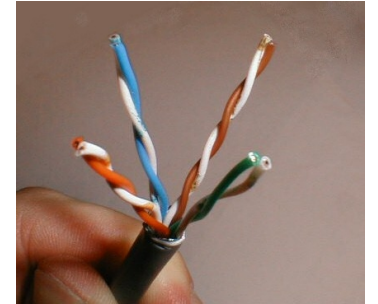
Supports physiques étudiés

**Supports
physiques**

Câble Coaxiale



Paires Torsadées

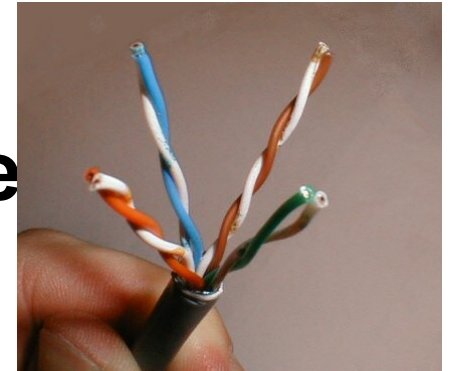


Fibres Optiques



Paires Torsadées

- Le câble est constitué d'une ou plusieurs paires de fils de cuivre en spiral (en torsade)
- Chaque fil est recouvert d'une gaine
- Plusieurs paires peuvent être regroupées dans une même gaine



(c) Copyright ABIX 2006

Caractéristiques des paires torsadées

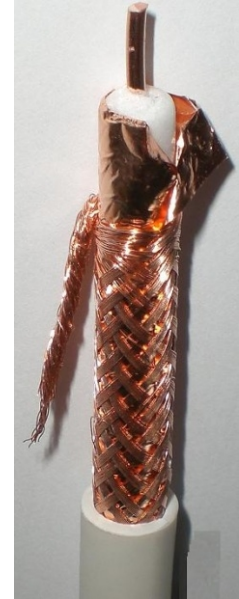
- 1. Se prête bien à une liaison point à point**
- 2. S'utilise pour une transmission analogique ou numérique**
- 3. Affaiblissement des signaux important suivant la longueur**
- 4. le débit dépend du type de la liaison et de la longueur**
 - De l'ordre du Kb/s ou moins pour une liaison multipoint ainsi que pour une liaison point à point d'une longueur supérieure au kilomètre
 - De quelques centaines de Kb/s jusqu'à plusieurs dizaines de Mb/s (voire même 100 Mb/s) lorsque la longueur est de plus en plus courte

Utilisation des paires torsadées

- **Topologies étoile et anneau**
- **les réseaux DAN (entre le répartiteur d'étage et les nœuds de l'étage)**
 - DAN : Departmental Area Network
 - Appelé aussi réseau capillaire, a pour objectif de relier les équipements d'un même département situé souvent dans un même étage
 - Un réseau d'établissement relie des réseaux DAN. Il peut être confiné dans un seul bâtiment (BAN : "Building Area Network") ou desservir plusieurs bâtiments géographiquement très proches (CAN : "Campus Area Network")

Câble Coaxiale

- Il est constitué d'un câble central entouré d'un isolant et d'une tresse métallique, le tout enveloppé par une gaine protectrice



Caractéristiques du câble coaxiale

- 1. Se prête bien à une liaison point à point ou multipoint**
- 2. S'utilise pour une transmission analogique ou numérique**
- 3. Moins simple à installer que la paire torsadée**
- 4. Plus coûteux que la paire torsadée**
- 5. le débit dépend de la longueur du câble et de ses caractéristiques**
 - il est de l'ordre de quelques Mb/s à plusieurs dizaines de Mb/s (sur une longueur de 1 Km) voire même 1 Gb/s

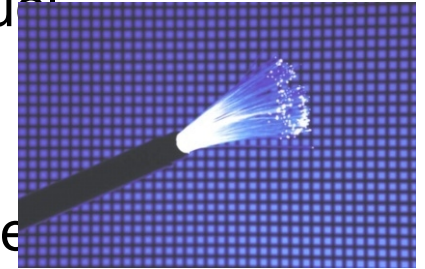
Utilisation du câble coaxiale

- **topologies bus, anneau, arbre**
- **tendance à le remplacer par**
 - la paire torsadée au niveau des réseaux DAN
 - la fibre optique pour le reste du câblage

La fibre optique

- **Se compose d'un noyau entouré d'une gaine.**

- Le noyau est un guide cylindrique en verre ayant un fort indice de réfraction (changement de direction) dans lequel se propagent des faisceaux lumineux (ondes optiques)
- La gaine confine les ondes optiques.
- Le tout est recouvert par une ou plusieurs enveloppes de protection



- **Aux extrémités du câble se trouve l'émetteur et le récepteur.**

- L'émetteur est composé d'un codeur et d'une Diode Electro Luminescente (DEL) ou d'une Diode Laser (DL) ou encore d'un laser modulé.
- Le récepteur est constitué d'un décodeur et d'un détecteur de lumière (photodétecteur).



Famille de fibre optique

- **la fibre monomode**

- un seul angle d'incidence
- diamètre de quelques microns
- vitesse de propagation de l'ordre de 0,25 millions de kilomètre par seconde
- bande passante jusqu'à 100 Ghz/Km voire même plusieurs milliers de Ghz/Km

- **la fibre multimode à gradient d'indice**

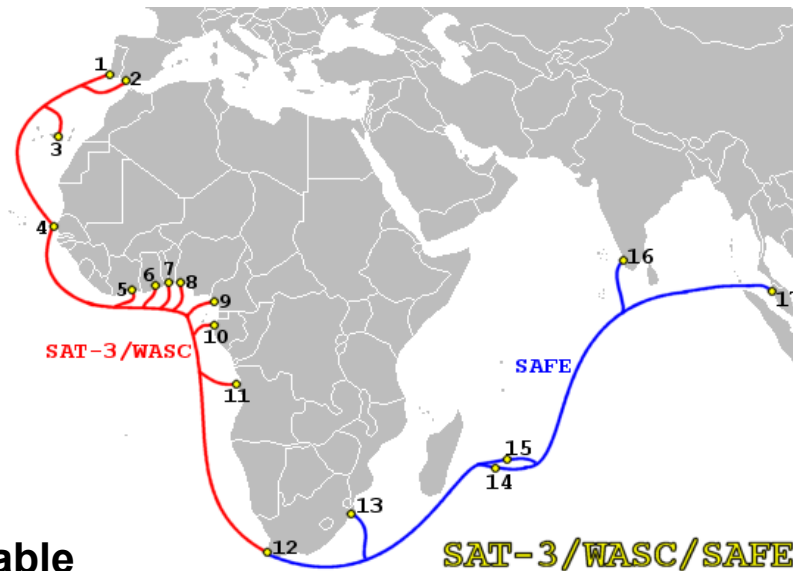
- Le noyau a un indice de réfraction qui diminue progressivement en s'éloignant de l'axe
- Bande passante allant jusqu'à 1 Ghz, vitesse propagation plus importante que celle pour la fibre à saut d'indice

Caractéristiques des fibres optiques

1. **S'utilise pour une liaison point à point**
 - il est délicat de l'utiliser pour une liaison multipoint à cause des difficultés de dérivation
2. **le plus difficile à installer (raccordement, dérivation,...)**
3. **le plus coûteux**
4. **bande passante et débit important**
5. **pas de diaphonie, insensible aux perturbations électromagnétiques**
6. **faible atténuation, résistance à la chaleur, au froid et à l'humidité**
7. **encombrement et poids inférieurs aux autres supports (<1/10)**

Utilisation des fibres optiques

- Topologies anneau, étoile
- Tendance à utiliser la fibre optique dans les réseaux d'établissement



South Atlantic 3/West Africa Submarine Cable

Le câblage

- **Les réseaux locaux utilisent tous les types de support**
 - les câbles cuivre (coaxial, paires torsadées),
 - les supports optiques (fibre optique) et les supports hertziens (réseaux sans fil).
- **Le câble coaxial a longtemps été utilisé (réseaux de type Ethernet), mais il est aujourd'hui remplacé par la paire torsadée moins chère et plus facile d'installation.**
- **La fibre optique est essentiellement réservée aux réseaux haut débit et à l'interconnexion de réseaux**

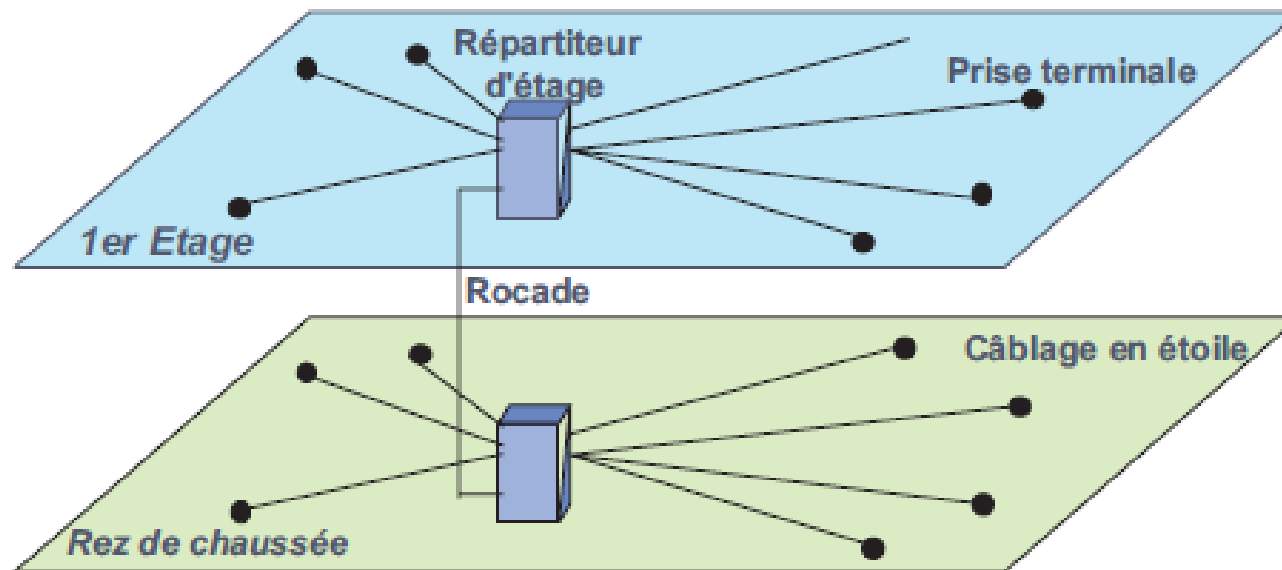
Le câblage

Type de câble	Immunité électromagnétique	Débit courant	Distance	Utilisation
Coaxial	Bonne	10 Mbit/s	2 500 m par brin de 500 m	Ethernet, en environnement perturbé ou confidentiel.
Paires torsadées UTP	Faible	10 à 100 Mbit/s	100 m d'un élément actif	Ethernet sur paires torsadées.
Paires torsadées FTP	Moyenne	10 à 100 Mbit/s	100 m d'un élément actif	Ethernet paires torsadées, Token Ring.
Fibre optique	Excellente	100 à 155 Mbit/s	Une centaine de km	FDDI

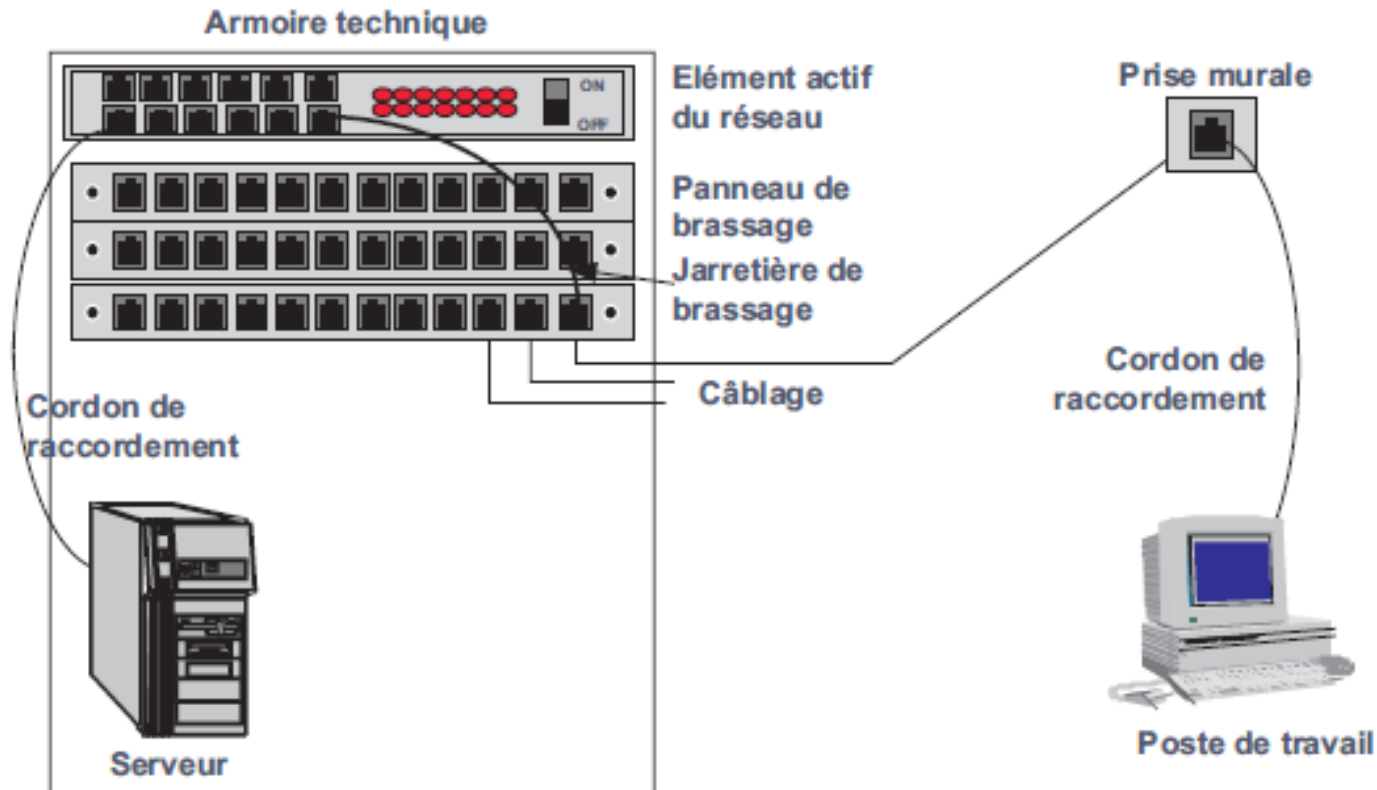
Le pré câblage d'immeuble

- **Les réseaux locaux ont tous, aujourd'hui, une topologie physique en étoile, d'où l'idée de réaliser, dans les immeubles de bureaux, un pré câblage.**
- **Un système de pré câblage doit :**
 - assurer que tout poste de travail ne sera qu'à quelques mètres d'une prise informatique ou téléphonique ;
 - être indépendant du type de réseau et de la topologie réseau choisis.

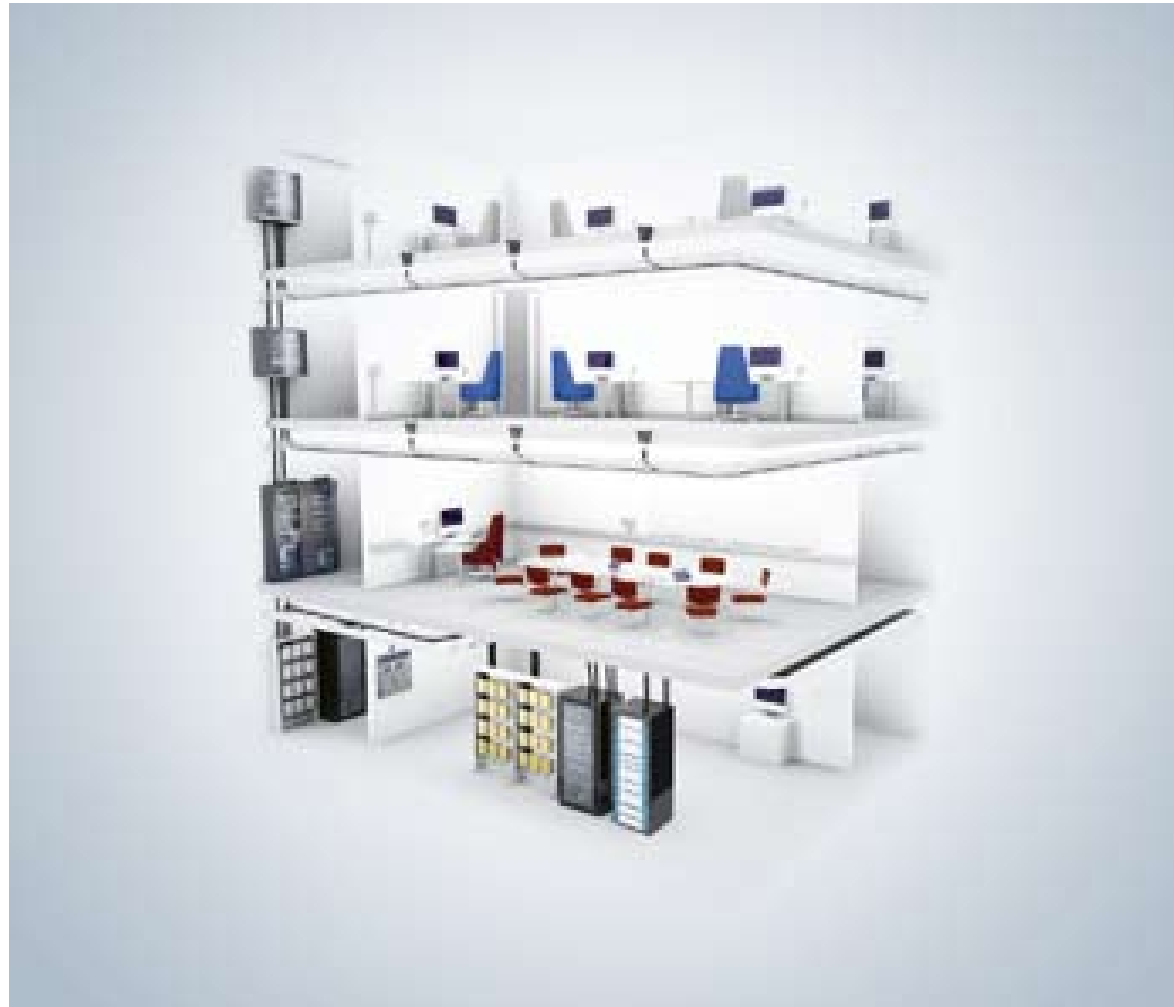
Le pré câblage d'immeuble



les différents constituants du pré câblage

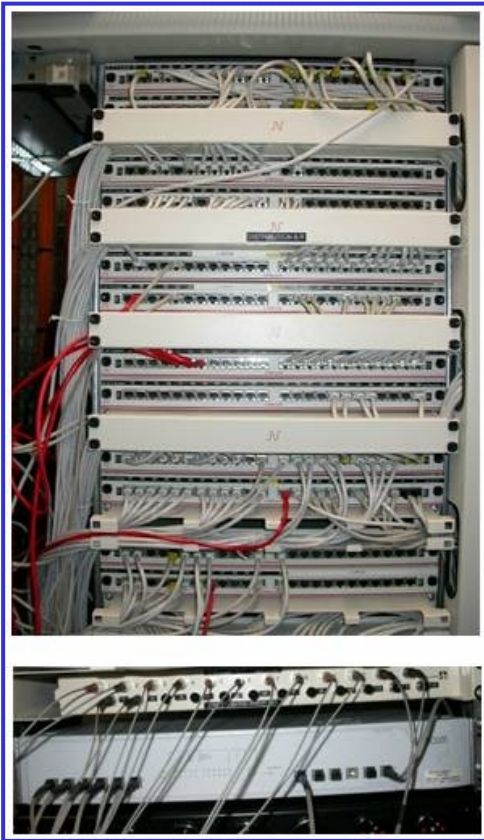


Composantes et câblage



Composantes et câblage

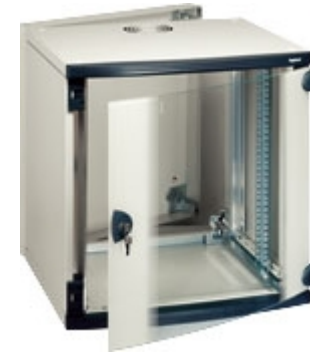
- Baie de brassage : au sol ou mural



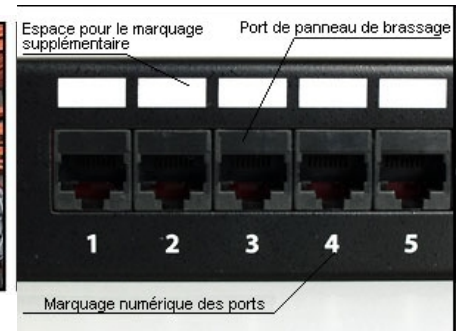
Rack (bâti, Ossature)
à un châssis



Racks à
double châssis



Marquage coloré et numérique
des contacts



Composantes et câblage

- **Chemins de câbles**

- Respecter les distances de séparation des courants forts
 - longitudinale au moins 30 cm
 - croisement à la perpendiculaire à plus de 10 cm
- mise à la masse des cheminements métalliques



Composantes et câblage

- **Goulotte**

- Cohabitation courants faible et courant fort
 - distance 1cm/1m de cohabitation jusqu'à 30 m
 - en bas courants faibles, au milieu les prises et en haut courants forts
 - éviter la proximité des néons (plus de 50 cm)

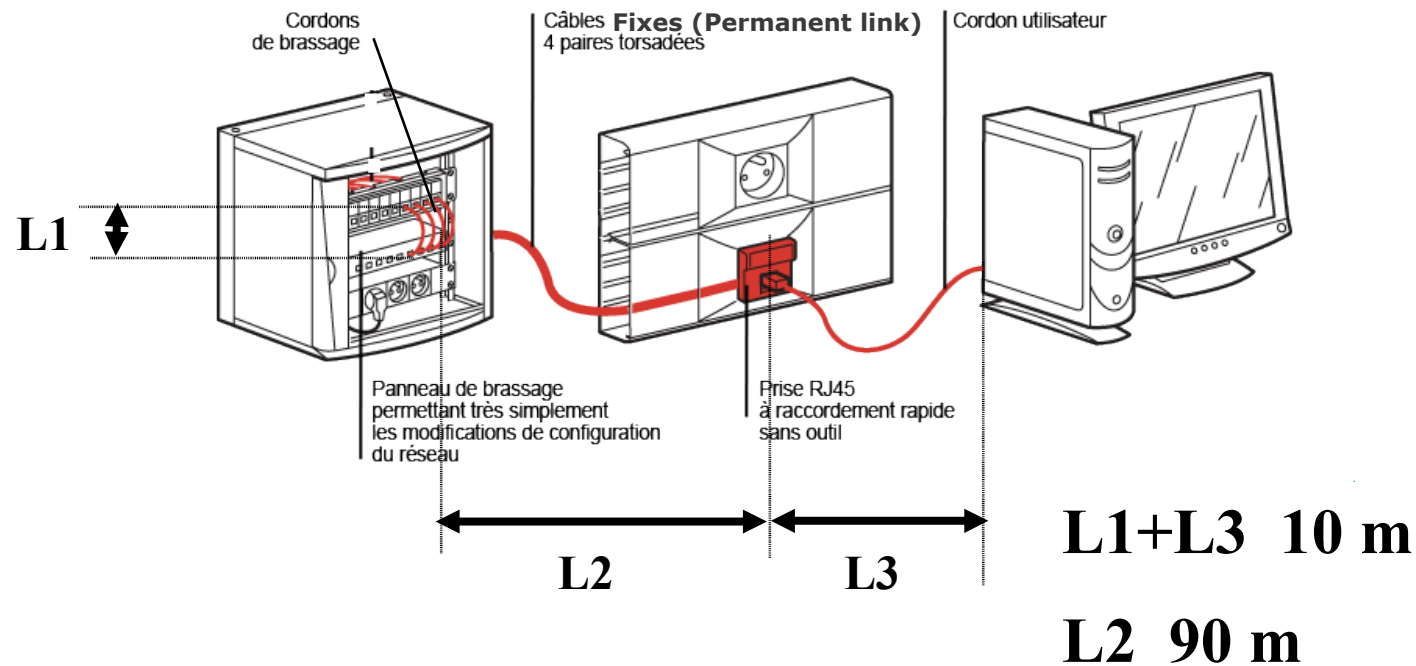
- **Prises**

- Respecter le code couleur
- Système de repérage des prises



Composantes et câblage

– Longueur Canal (Channel) –ISO 11801

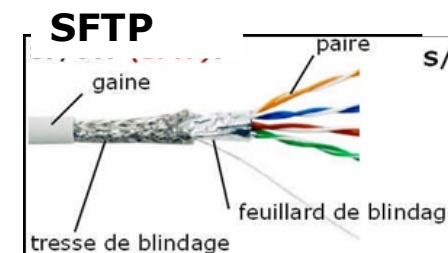
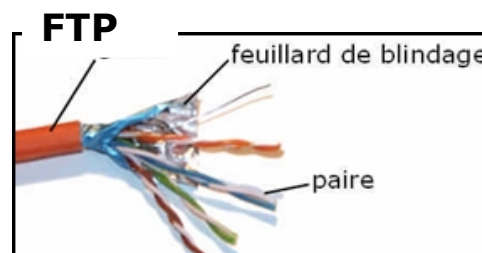
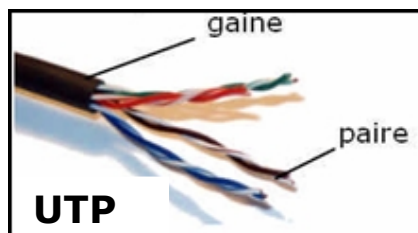
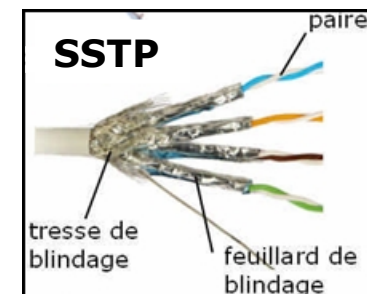


Composantes et câblage

• Les paires torsadées

- ◆ Les catégories 1/2/3/4 sont obsolètes prévues pour téléphonie analogique(A)/numérique(B)/Ethernet(C)/Token-Ring(C)

Catég.	Classe	Fréq.	Utilisation typique
5 UTP/FTP	C, D	100 Mhz	Fast Ethernet
5e UTP/FTP	C, D, E	100 Mhz	Fast/Gigabit Ethernet
6 U/F/SFTP 6a	C, D, E	250 Mhz 500 Mhz	Giga/10 Giga à 55m 10 Giga à 100m
7 SSTP	C, D, E	600 Mhz	Giga/ 10 Giga Ethernet



Composantes et câblage

- **Appareils de test et de validation**

- **Echomètre**

- instrument de mesure permettant de localiser un ou plusieurs défauts sur un câble



- **Certificateur de câbles (selon catégorie)**

- Longueur
 - Temps de propagation
 - Atténuation, atténuation paradiaphonique (Next) ...
 - Impédance moyenne



- **Qualificateur LAN**

- Selon la nature du réseau Ethernet 10/100/1000
 - Qualifie la capacité d'un réseau à supporter des applications comme voix sur IP ou vidéo sur IP

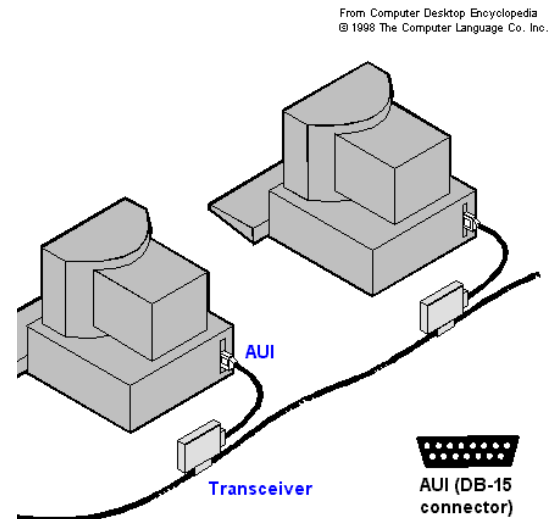
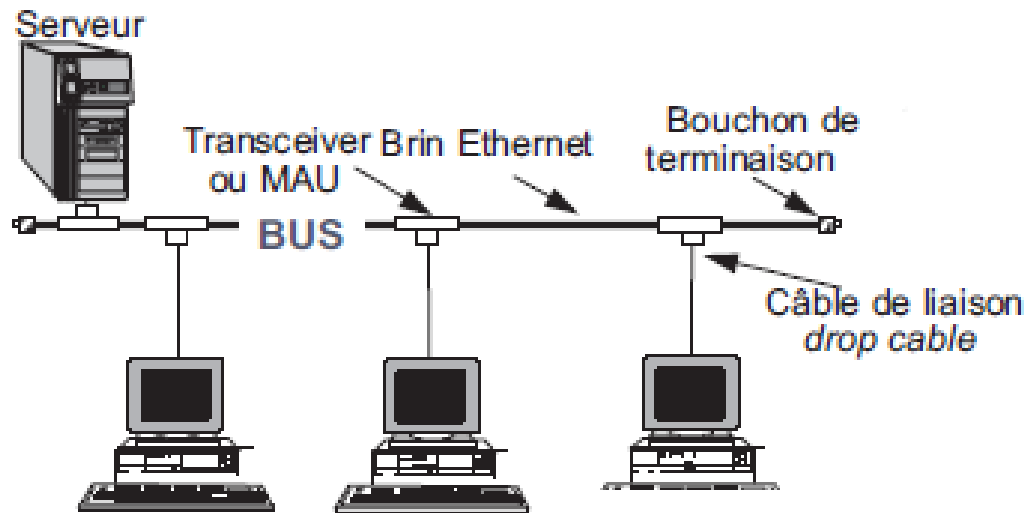
Ethernet épais

IEEE 802.3 10 base 5

- **Les appellations IEEE désignent**
 - d'abord le sous-comité (802.3),
 - le type de modulation (bande de base ou large bande)
 - *Le terme de bande de base désigne une technique de transmission par laquelle le signal est envoyé directement sur le canal après codage en ligne*
 - *large bande = transposition de fréquence*
 - *et le diamètre du réseau.*
- ***La version 10 Base 5, (10 Mbit/s en bande de base sur câble coaxial d'une longueur maximale par segment de 500 m) utilise un codage Manchester***

Ethernet épais

IEEE 802.3 10 base 5



**Connecteur
DB 15**



Câble 10 base 5



Transceiver

Ethernet épais

IEEE 802.3 10 base 5

Transceiver

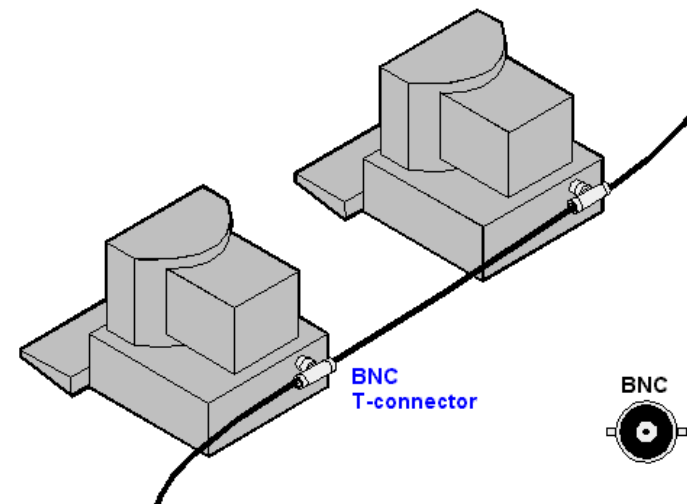
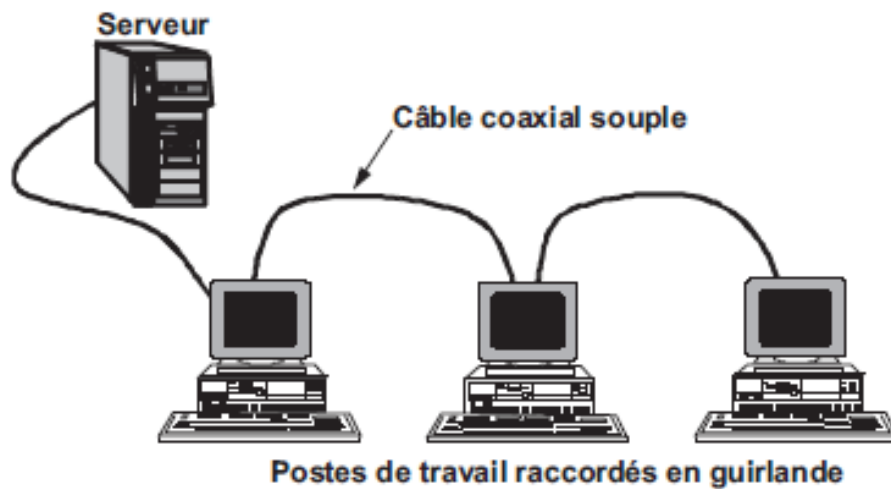
- **Contraction de *TRANS*mitter (émetteur) et de *reCEIVER* (récepteur)**
- **le transceiver (Medium Attachment Unit ou MAU) est intercalé entre :**
 - le câble qui forme le réseau (paire torsadée ou coaxial)
 - et l'interface physique sur la machine
- **Il permet donc le rattachement de la station au réseau**



Ethernet fin, IEEE 802.3 10 base 2

- Compte tenu des difficultés de câblage de la version 10 base 5, une version économique a été réalisée avec du câble coaxial fin (Thin Ethernet).
- Dans cette version, les fonctions du *transceiver* sont remplies par la carte transporteur (MAU intégré à la carte).
- De ce fait, le bus coaxial est connecté directement sur la carte par l'intermédiaire d'un T vissé BNC (*Barrel Neck Connector*).
- La longueur maximale d'un segment est de 185m et chaque segment peut accueillir un maximum de 30 stations.

Ethernet fin, IEEE 802.3 10 base 2



Connecteur BNC



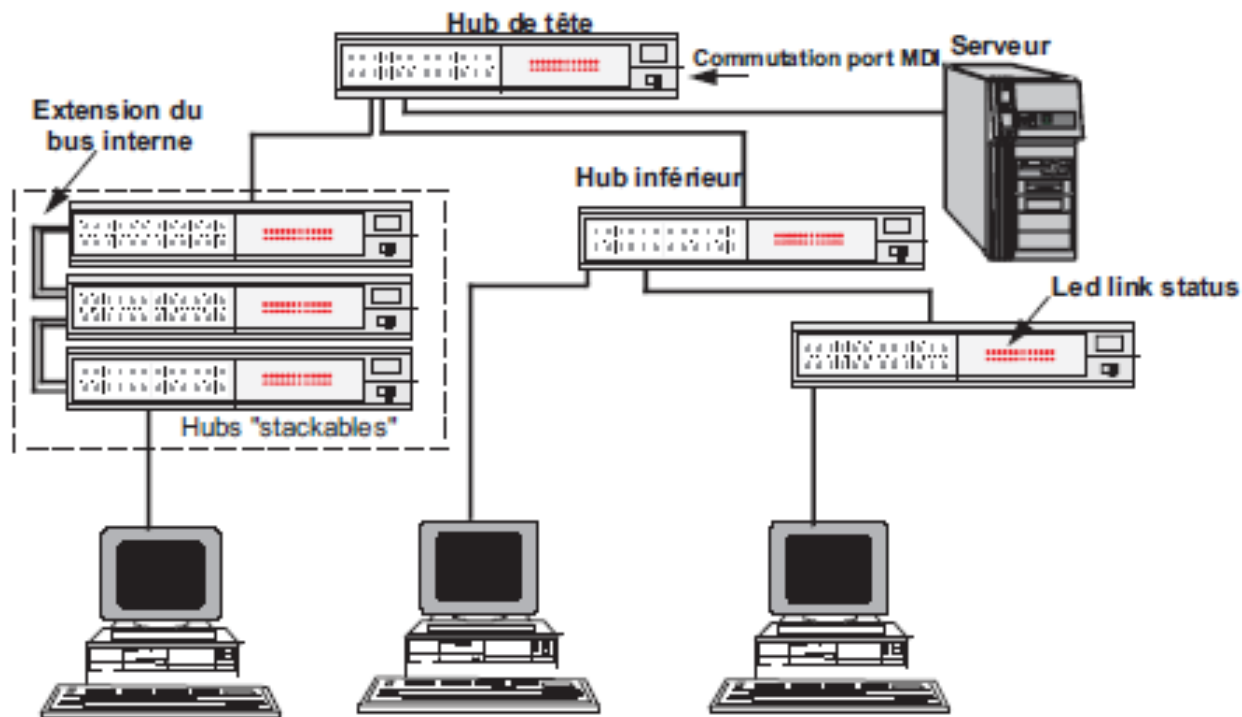
Câble 10 base 2



Ethernet sur paires torsadées, IEEE 802.3 10 base T

- La version 10 base T reprend les principes architecturaux du réseau Starlan, c'est un réseau en étoiles hiérarchisées
- Les hubs assurent :
 - les fonctions de diffusion des messages
 - la détection des collisions (le hub diffuse un signal de collision vers les autres stations) ;
 - la détection de stations bavardes (fonction *Jabber* : message d'une durée supérieure à 150 ms).
- Le débit est de 10 Mbit/s, la longueur d'un brin est limitée à 100 m (distance entre un hub et une station ou entre deux hubs), cette longueur est portée à 150 m si l'atténuation est inférieure à 11,5 dB, le nombre de niveaux est fixé à trois.

Ethernet sur paires torsadées, IEEE 802.3 10 base T



The END