



Transmission de l'information

Couche Physique



Support physique

Rappel & complément (1)

- La norme 802.3 spécifie pour chaque média un nom :
 - Auquel correspond des caractéristiques spécifiques
 - Vitesse de transmission, type de codage, identification du média et/ou longueur maximum du segment en centaine de mètre.

NOM	Caractéristiques
10 Base 5	10 Mb/s, en bande de base avec un segment de 500 m au maximum.
10 Base 2	10 Mb/s, en bande de base, avec un segment de 200 m (185 m) au maximum.
10 Base T	10 Mb/s, en bande de base, sur câble en paires torsadées (T = Twister).
10 Base F	10 Mb/s, en bande de base, sur câble fibre optique.
100 Base Tx	100 Mb/s, en bande de base, sur câble en paires torsadées
100 Base T4	100 Mb/s, en bande de base, sur 4 paires torsadées.
100 Base Fx	100 Mb/s, en bande de base, sur câble fibre optique.
1000 Base T	1000 Mb/s, en bande de base, sur 4 paires torsadées.
1000 Base SX	100 Mb/s, en bande de base, sur câble fibre optique monomode
1000 Base LX	100 Mb/s, en bande de base, sur câble fibre optique multimode.
10 Gbase LX4	10 Gb/s sur câble fibre optique

Support physique

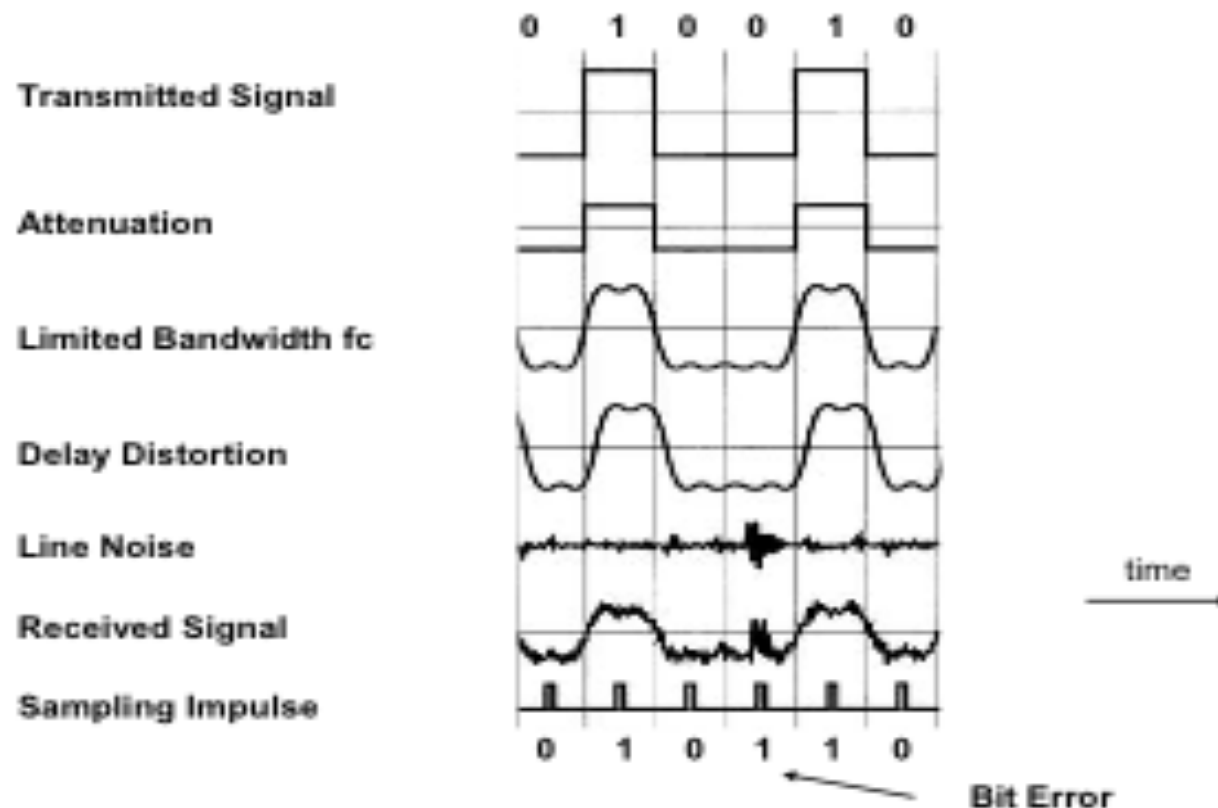
Rappel & complément (2)

- Plus le diamètre du conducteur est petit, plus grand sera sa résistance, et donc plus il y aura de pertes.
- Plus la fréquence augmente, plus il y aura de pertes.
- Plus on augmente la longueur du câble, plus il y aura de pertes.

Support physique

Rappel & complément (3)

- Aperçu du signal



Support physique

Rappel & complément (4)

- Transfert non instantané qui dépend
 - Du support (air, cuivre, fibre optique)
 - De la distance (du mètre à des milliers de kilomètres)
- Transfert non parfait du à
 - **Déformation** de l' onde durant son transport.
 - **Perturbations** externes.

Support physique

Rappel & Définitions (5)

- Bande Passante (Hz) :
 - Caractérise tous les supports de transmission, c'est la bande de fréquences dans laquelle les signaux sont correctement reçus
$$BP = F \text{ maximale} - F \text{ minimale}$$
 - Définit pour un rapport de puissance (P_e/P_r) en dB
$$10 \log (P \text{ émission} / P \text{ reçue}) \leq N$$
 - Par convention, on prend $N = 3$ soit 50 % de "perte"
 - Exemples :
 - Sensibilité de l'oreille dans la bande de fréquence 20 à 20000 Hz
 - Caractéristiques Haut parleur Hi-fi : 30 à 18000Hz
 - Bande passante du téléphone 300 à 3700 Hz (4000 Hz \pm 300 Hz)

Support physique

Rappel & complément (6)

- On apprécie un câble suivant différentes caractéristiques :
 - L'atténuation du signal électrique
 - Diminution de l'intensité du signal quand il se déplace le long d'un fil de cuivre
 - L'impédance
 - La bande passante
 - Définie par la différence entre la fréquence minimale et la fréquence maximale.
 - L'expression « bande passante » est utilisée pour désigner la quantité maximale théorique de bits par seconde qui peut être véhiculée
 - Le bruit
 - Les câbles de cuivre => véhiculent des impulsions électriques qui dégagent des ondes électromagnétique.
 - ⇔ interférences entre plusieurs câbles
 - => perturbation de la qualité du signal.

Support physique

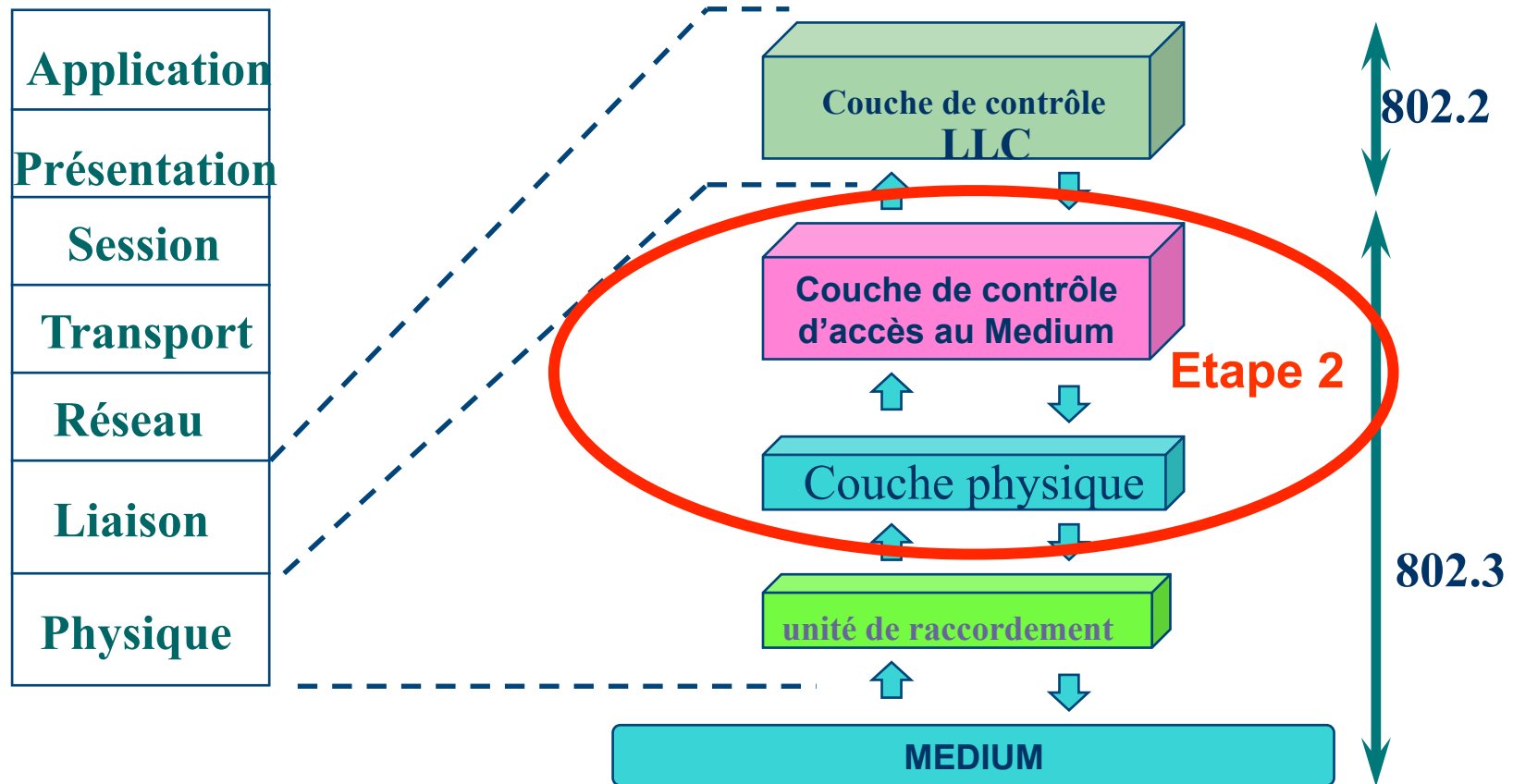
Rappel & Définitions (7)

- Le **débit binaire** (D) caractérise plus une liaison au niveau réseau informatique (bits/s ou bps) :
 - formule de Shannon
 - *Est une fonction directe de la bande passante (BP) :*
 - $D = BP \log_2 (1 + S/N)$
 - $S/N = \text{signal/bruit}$
 - C'est la quantité maximale d'information transmissible sur une voie
 - exemple : nos lignes téléphoniques
 - $BP \approx 3400 \text{ Hz}$
 - $S/N \approx 1000 \Rightarrow$ Débit binaire maximal théorique $\approx 34000 \text{ bits/s}$

Plan

- La couche physique
- La transmission en bande de base
- Le codage de l'information
- La transmission modulée
- Multiplexage
- ADSL

Introduction

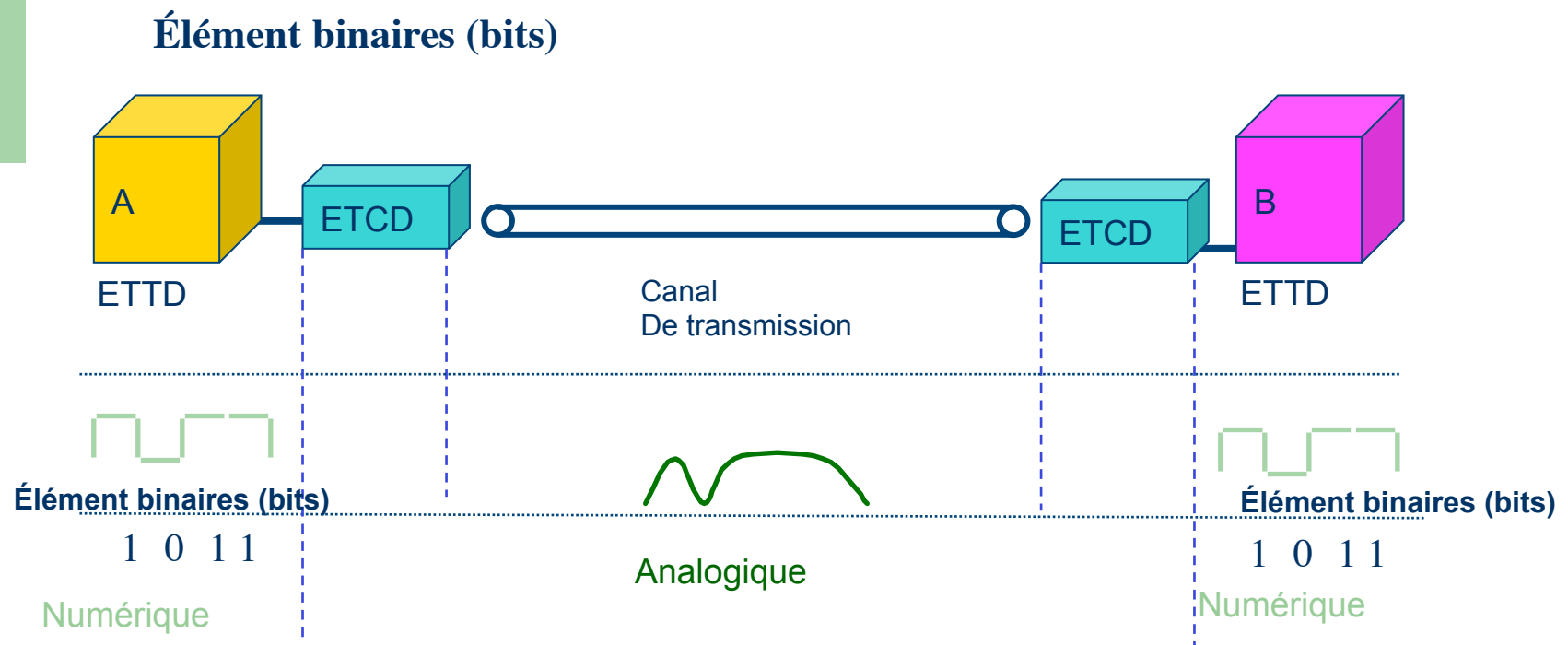


La Couche Physique

- Transmission des bits de façon brute
 - si l'émetteur envoie un bit à 1 alors le récepteur reçoit un bit à 1
- Les normes de la couche physique
 - > définissent le type de signaux émis (modulation, puissance, portée...)
 - > la nature et les caractéristiques des supports (câble, fibre optique...)

La Couche Physique

Nature de l'information



Transmission de données

En série / En parallèle

- L'information peut être acheminée :
 - en série ou en parallèle.
- Transmission en parallèle
 - Surtout utilisée pour tout échange rapide entre l'unité centrale d'un ordinateur et de ses périphériques se trouvant à proximité
- Transmission en série
 - Largement utilisée pour la communication entre équipements éloignés les uns des autres

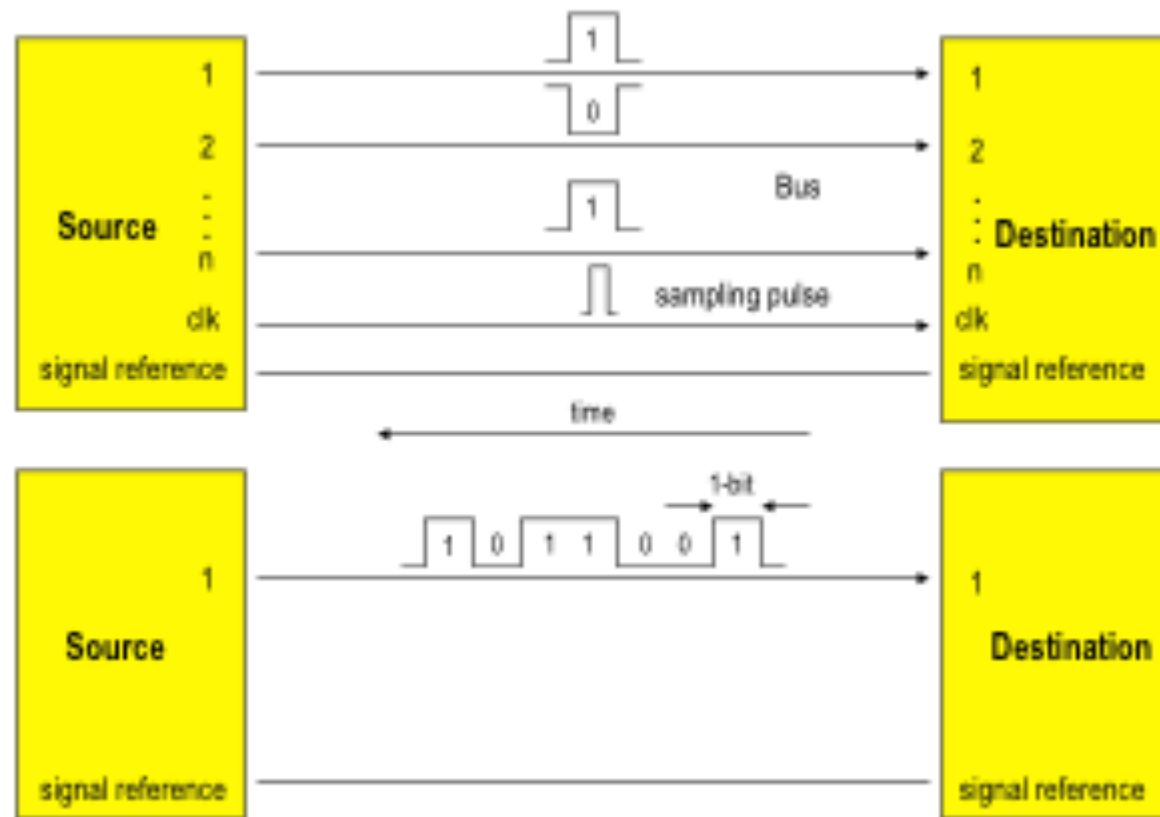
Transmission de données

En série / En parallèle

- **Transmission parallèle,**
 - Tous les bits sont acheminés en même temps sur un support de communication composé d'autant de fil que de bits transmis.
- **Transmission série,**
 - Les bits d'un caractère sont acheminés les uns après les autres sur un seul fil

Transmission de données

En série / En parallèle



La Couche Physique

- L'émission est toujours cadencée par une **horloge** dont la vitesse donne le débit de la ligne en *bauds*

⇒ le nombre de tops d'horloge en une seconde

Exemple :

100 bauds = 100 émissions par seconde

- Si à chaque top d'horloge un signal représentant 0 ou 1 est émis, alors dans ce cas le débit en bit/s = au débit en baud

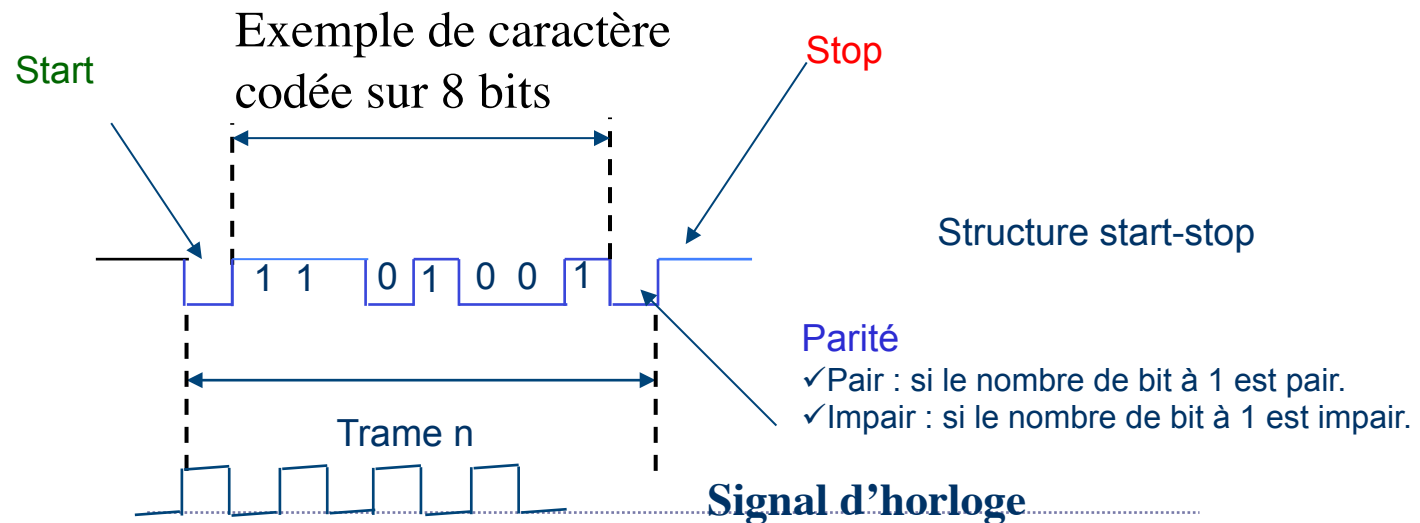
Transmission de données en série

Synchrone ou asynchrone

- La transmission de plusieurs bits en **série** peut s'effectuer de manière :
 1. **Synchrone**
 - l'émetteur et le récepteur se mettent d'accord sur une base de temps (un top d'horloge) qui se répète régulièrement durant tout l'échange.
 2. **Asynchrone**
 - pas de négociation préalable
 - => chaque caractère envoyé est précédé d'un *bit de start* et immédiatement suivi d'un ou deux *bits de stop*

Synchronisation des transmissions séries

Transmission asynchrone(1)



- Transmission asynchrone :
 - Longueur du caractère dépend du codage utilisé.
 - Entre l'émission de deux trames, la ligne est au repos pour une durée quelconque.

Synchronisation des transmissions séries

Transmission asynchrone(2)

- La synchronisation se fait par un motif binaire pour indiquer le début et la fin de la transmission.
- Les motifs sont :
 - Envoyés indépendamment
 - Synchronisés indépendamment
- La technique du bit start/stop est utilisée

Synchronisation des transmissions séries

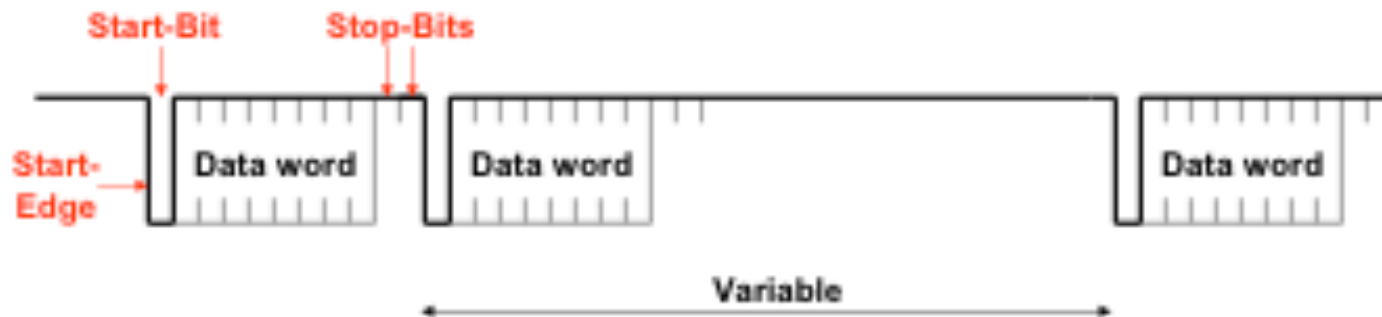
Transmission asynchrone(3)

- Transmissions **asynchrones**
 - **Suite de données à instants aléatoires** transmise caractère par caractère
 - ⇔ Succession de trains de symboles binaires **séparés par des intervalles de temps quelconques**
 - La transmission asynchrone des données nécessite l'adjonction à chaque caractère transmis d'éléments de repérage : **Start** et **Stop** bits
 - Durée du **Start bit** = durée de 1 bit du caractère déclenchement de l'horloge locale
 - Durée du **Stop bit** = 1, ou 2 bits du caractère (arrêt de l'horloge)
 - Bit de **Parité** de vérification de la validité du caractère reçu

Synchronisation des transmissions séries

Transmission asynchrone(4)

- Les horloges ne sont pas synchronisées entre l'émetteur et le récepteur.
- La synchronisation se fait seulement durant la transmission d'un mot binaire
- Les intervalles entre les mots binaire varient



Synchronisation des transmissions séries

Transmission asynchrone(5)

- Durée entre chaque bit est constante.
- Synchronisation se fait sur le bit de départ.
- Déphasage de l'horloge :
 - D'autant plus grand que la fréquence de l'horloge de réception est éloignée de celle de l'horloge de d'émission.
- Exemple de vitesse de transmission en bit/s:
 - 75-110-150-300-600-1200-2400-4800-9600-19200-28800-56600

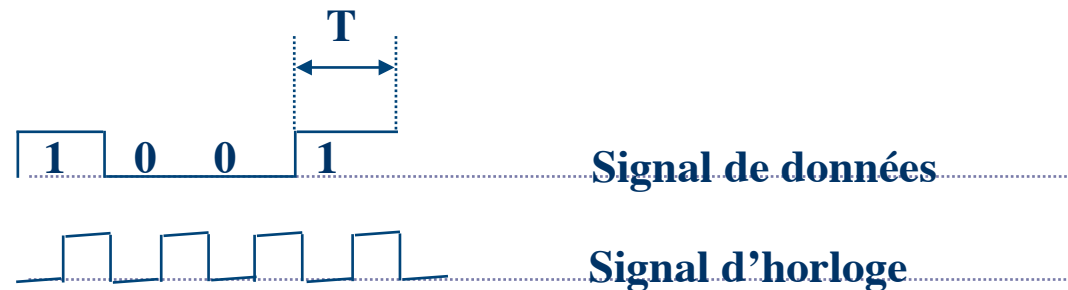
Synchronisation des transmissions séries

Transmission synchrone (1)

- Deux équipements sont synchronisés :
 - Par une liaison supplémentaire commune qui permet de transporter le signal d'horloge.
 - Par l'inclusion d'éléments de synchronisation dans le message à transmettre.
- 2^e solution utilisée en générale
 - Principe :
 - Le récepteur doit pouvoir utiliser les changements d'états du signal (front montant et/ou descendant) pour se recalibrer au cours de la lecture.

Synchronisation des transmissions séries

Transmission synchrone (2)



- Transmissions synchrones :
 - Suite de données synchrone : le temps séparant les différents instants significatifs est un entier multiple du même intervalle de temps T .
 - Les caractères se suivent sans séparation.
 - Un signal d'horloge est toujours associé aux données (base de temps).

Synchronisation des transmissions séries

Transmission synchrone (3)

- Problème :
 - Il n'est pas garanti que le signal comporte suffisamment d'alternances
 - ⇔ Il faut en introduire à l'émission et les prendre en compte pour l'interprétation du message au niveau du récepteur
 - ⇔ Le remède est simple : on va modifier le signal !
 - ⇔ Technique du *Bit stuffing*

Synchronisation des transmissions séries

Transmission synchrone (3)

- Bit stuffing
 - Chaque fois qu'un signal comporte "n" états identiques consécutifs on ajoute un bit à l'état inverse.

Types de transmissions

- Transmission analogique :
 - Signal analogique (radio, TV, téléphone...)
 - Signal numérique (ordinateur) (transmission par transposition de Fréquence)
- Transmission numérique :
 - Signal numérique (Bande de Base)
 - Signal analogique (MIC*)(notion de numérisation via un codec)
 - MIC : Modulation par Impulsion et Codage (Pulse Coding Modulation).

Types de transmissions

Définitions

- **Signal numérique :**
 - L'amplitude varie en ne prenant que des valeurs **discrètes** par intervalle.
- **Signal analogique :**
 - L'amplitude varie de manière **continue** dans le temps, les valeurs étant différentes à chaque instant.
 - Un tel signal n'admet pas de discontinuité.

Transmission analogique

- Historiquement les premières transmissions analogiques (télex, LS bas débit au début des années 60)
 - Base installée importante de liaison cuivre (PT ou coaxial) dans les villes
 - 2ième jeunesse avec xDSL (**Digital Subscriber Line**)
- Exemple le plus courant la liaison série V24 (CCITT) ou RS232C (EIA)
 - Spécification mécaniques, électriques et fonctionnelles de la connexion physique
 - Exemple simple de la transmission de données
 - Connexion PC-Modem (V32,V34,V90 ...), mode console
- Encore très répandue dans le monde informatique
 - LS vers sites distants (V35, V11...)
 - Signaux numériques

Transmission numérique

- Remplace petit à petit la transmission analogique
- Transmission numérique + performante
 - Faible taux d'erreur des liaisons
 - Simplicité du signal (0 ou 1) => Simplicité amplificateur
 - Pas d'effet cumulatif lié aux parasites
 - Multiplexage plus facile
- Exemples pratiques :
 - ≠ qualité CD et qualité vinyle
 - V90 (TX : 33.6k, RX 56k) basée sur la qualité du réseau numérique
 - Convertisseur Numérique -> Analogique : débit 33.6k 56k

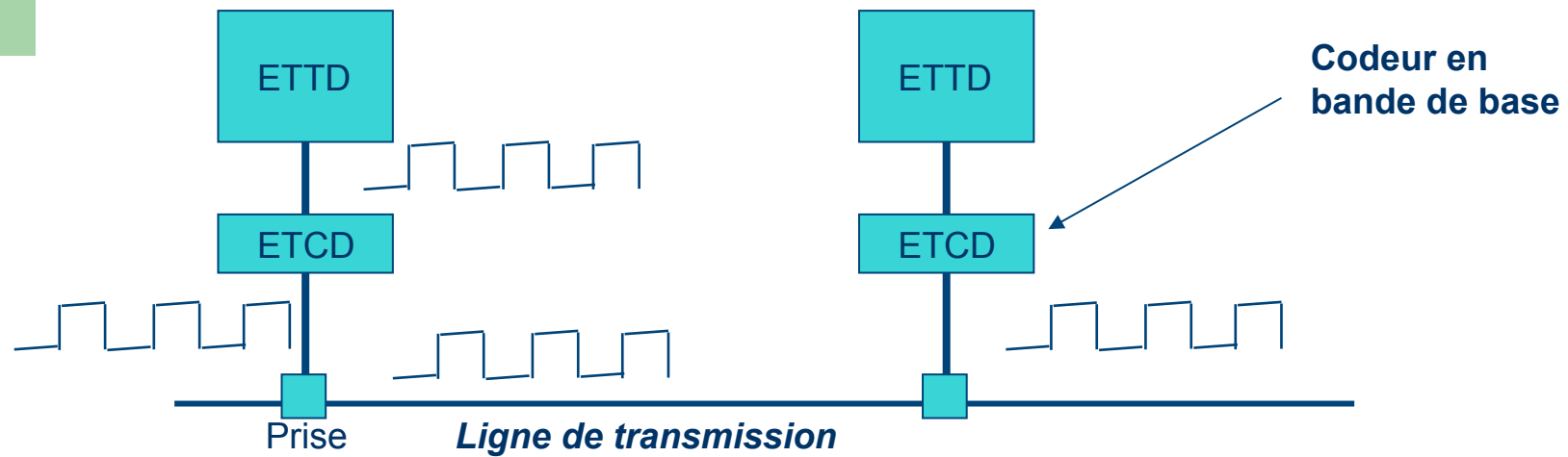
Transmission du signal numérique

- Longueur de la liaison \sim quelques centaines de mètres
 - ⇔ Les informations peuvent être transmises sur le support de liaison sans transformation.

Transmission en bande de base

- Qu'est ce ?
 - Consiste à envoyer **directement** les suite de bits sur le support à l'aide de *signaux carrés* constitués par un courant électrique pouvant prendre 2 valeurs.
 - Directement \Leftrightarrow Sans transformation du signal numérique en signal analogique et sans transposition de fréquence.

Transmission en bande de base



Transmission en bande de base

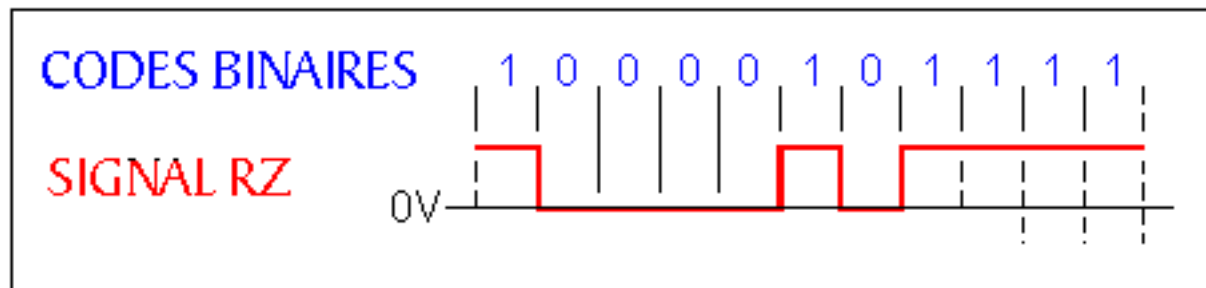
- Principalement dans les réseaux locaux.
 - Circuit de données à grand débit avec faible portée.
 - Débits supérieurs à 1Mb/s pour des distances < 1Km
 - ⇒ Utilisation de supports physique métallique
 - Paires torsadées ou câble coaxiaux.
 - Ou câble optique.

Transmission en bande de base

- Signal binaire n'est généralement pas transmis directement sur la ligne :
 - Différents types de codages numériques sont utilisés entre autres pour :
 - Récupération de l'horloge nécessaire en transmission synchrone.
 - Facilitée par des séquences qui présentent des changements d'états fréquent.
 - ⇔ Evitent les longues séquences de 0 et de 1.

Transmission en bande de base

Problèmes ?



- Peut-il y avoir un problème de transmission ?

Transmission en bande de base

Problèmes ?

- **Problème 1**

- Le signal possède électriquement une composante continue.
 - ⇔ Le signal se propage mal sur les lignes de transmission longue distance
 - ⇔ Les supports de transmission et les circuits électroniques des récepteurs ne supportent pas bien les composantes continues.
 - ⇔ L'énergie moyenne des signaux doit se situer dans la bande passante optimale du câble : elle est rarement axée sur les basses fréquences

Transmission en bande de base

Problèmes ?



- **Problème 1**

- ⇔ La composante continue provoque un échauffement du à l'effet Joule
- ⇔ Utiliser un codage comme le NR

Transmission en bande de base

Problèmes ?

- **Problème 2**

- Dans une longue suite de 1 ou de 0, le signal ne présente pas de transitions permettant la synchronisation du récepteur du train de bits.
 - ⇔ Très rapidement émetteur et récepteur vont se trouver en désynchronisme
 - ⇔ Technique du bit stuffing

Transmission en bande de base

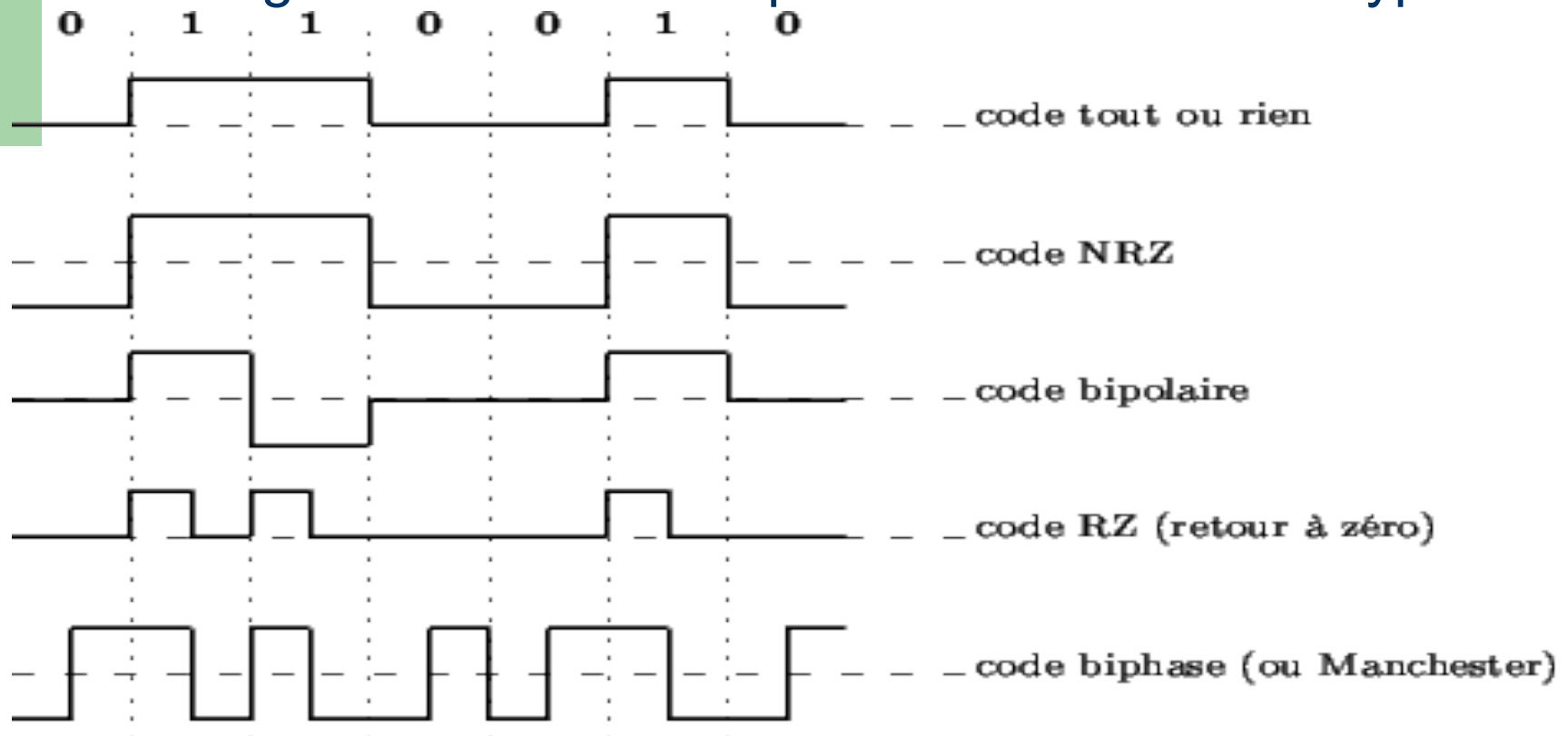
Problèmes & solutions

- Transformer le signal numérique en un autre
 - Réduire la composante continue
 - Choisir un codage tel que le spectre du nouveau signal soit mieux adapté aux caractéristiques du support de transmission.
 - Assurer un minimum de transitions même lors de la transmission de longues séquences de niveaux logiques bas ou hauts.

Transmission en bande de base

Les codages

- Codage de l'information peut être de différents types :



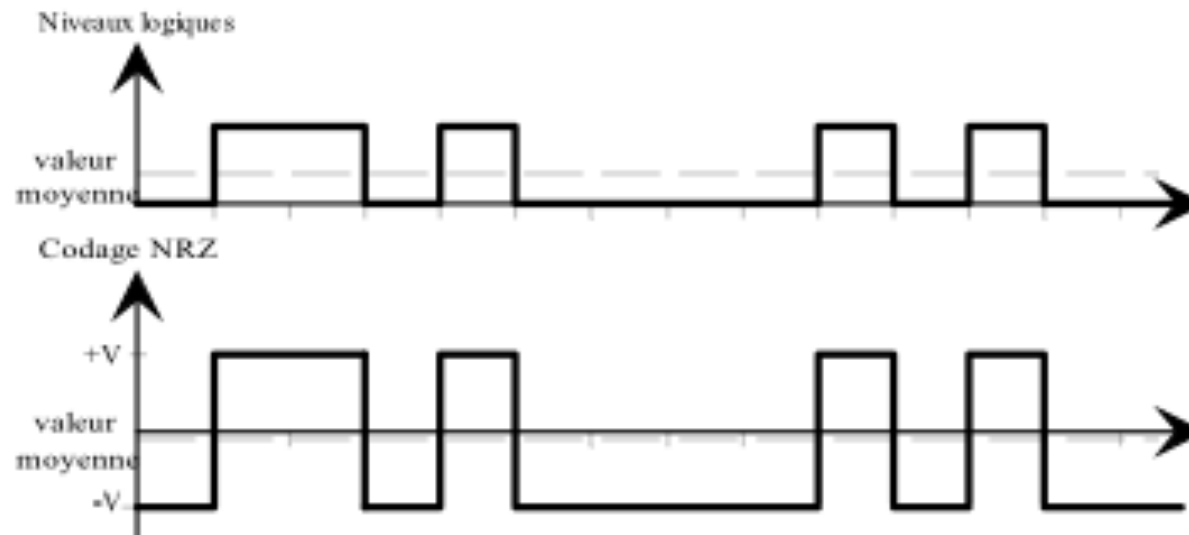
Transmission en bande de base

NRZ et tout ou rien

- **le code tout ou rien** : un courant nul code le 0 et un courant positif indique le 1.
- **le code NRZ**: pour éviter la difficulté à obtenir un courant nul, on code le 1 par un courant positif et le 0 par un courant négatif.

Transmission en bande de base

NRZ et tout ou rien



- Ce codage ne permet pas la création de transition lors de longues séquences de 0 ou de 1
- ⇔ Risque de perte de synchronisation

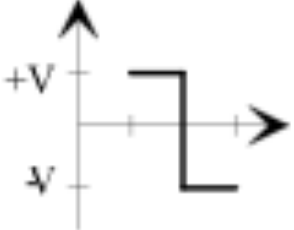
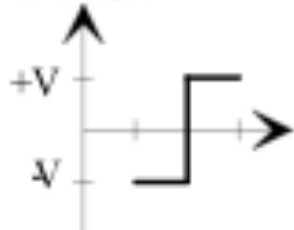
Transmission en bande de base

Code RZ et Manchester

- **le code RZ** : le 0 est codé par un courant nul et le 1 par un courant positif qui est annulé au milieu de l'intervalle de temps prévu pour la transmission d'un bit.
- **le code Manchester** : ici aussi le signal change au milieu de l'intervalle de temps associé à chaque bit. Pour coder un 0 le courant sera négatif sur la première moitié de l'intervalle et positif sur la deuxième moitié, pour coder un 1, c'est l'inverse. Autrement dit, au milieu de l'intervalle il y a une transition de bas en haut pour un 0 et de haut en bas pour un 1.

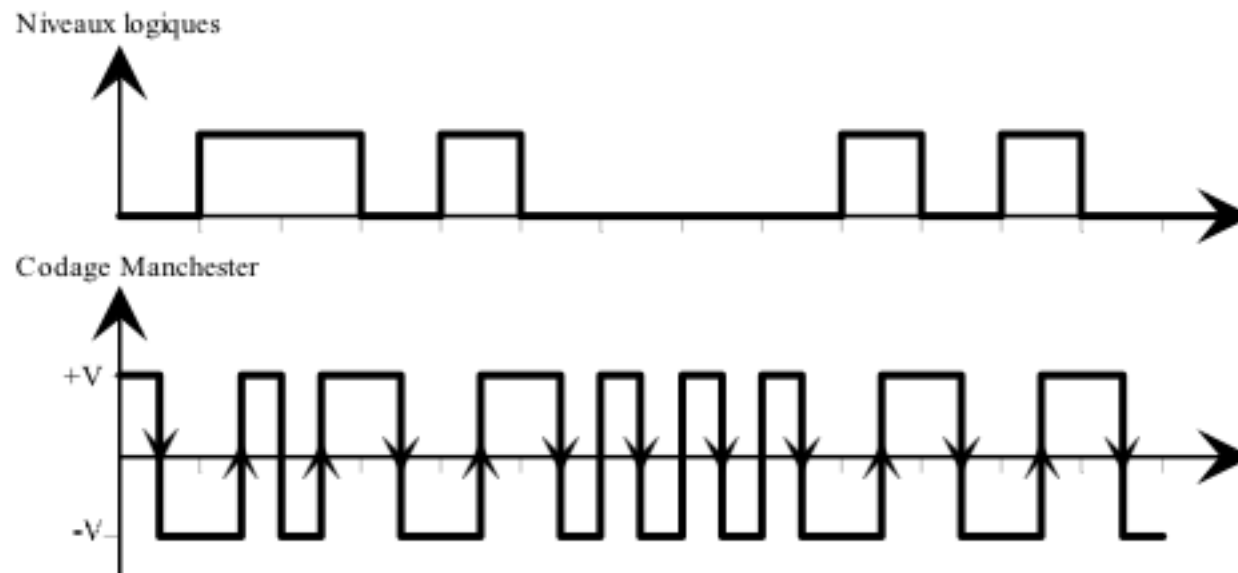
Transmission en bande de base

Manchester

Niveau logique	codage Manchester
Niveau bas	<p>codage Manchester</p> 
Niveau haut	<p>codage Manchester</p> 

Transmission en bande de base

Manchester



- Le codage Manchester tient compte du sens de la transition
⇔ Tient compte de la polarité du signal
- Faire attention de ne pas inverser les fils
- Consomme le double de bande passante par rapport à un signal non codé !!
- Nécessite un débit 2x plus élevé que le codage binaire

Transmission en bande de base

Manchester

- Le codage Manchester est notamment utilisé pour :
 - L'Ethernet 10Base5, 10Base2, 10BaseT, 10BaseFL
- Codage très difficilement utilisable pour des débits élevés.
 - Pour 1Gbit/s il faudrait une fréquence maximale du signal à 1 Ghz.
 - ⇒ Incompatible avec les possibilités de câblages actuels.
 - ⇒ Augmentation de phénomènes de perturbation électromagnétique.

Transmission en bande de base

Manchester

- Codage rentable pour des liaisons courtes.
- Cela pose toujours un problème pour les communications à longue distance ou à la bande passante est chère.
- Solutions
 - Le codage de Miller
 - ⇔ Réduit la consommation de la bande passante

Transmission en bande de base

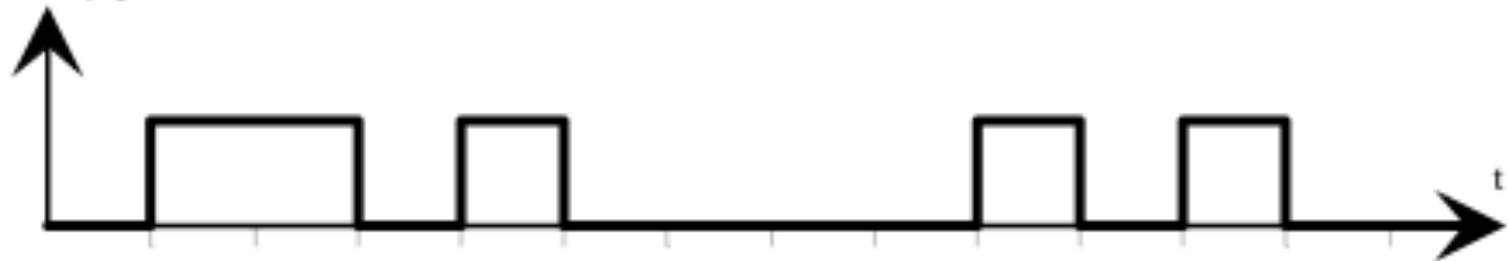
Miller

- Si un bit à coder est au niveau logique bas alors pas de transition
- Si le bit à coder est au niveau logique bas et le suivant aussi alors transition à la fin du bit
- Si le bit à coder est au niveau logique haut alors la transition est au milieu du bit

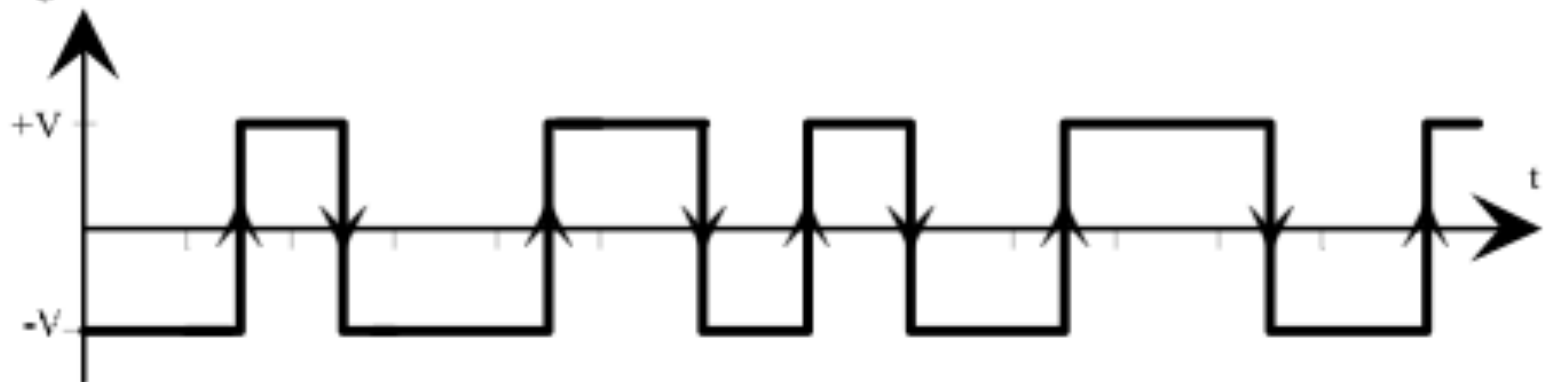
Transmission en bande de base

Miller

Niveaux logiques



Codage Miller



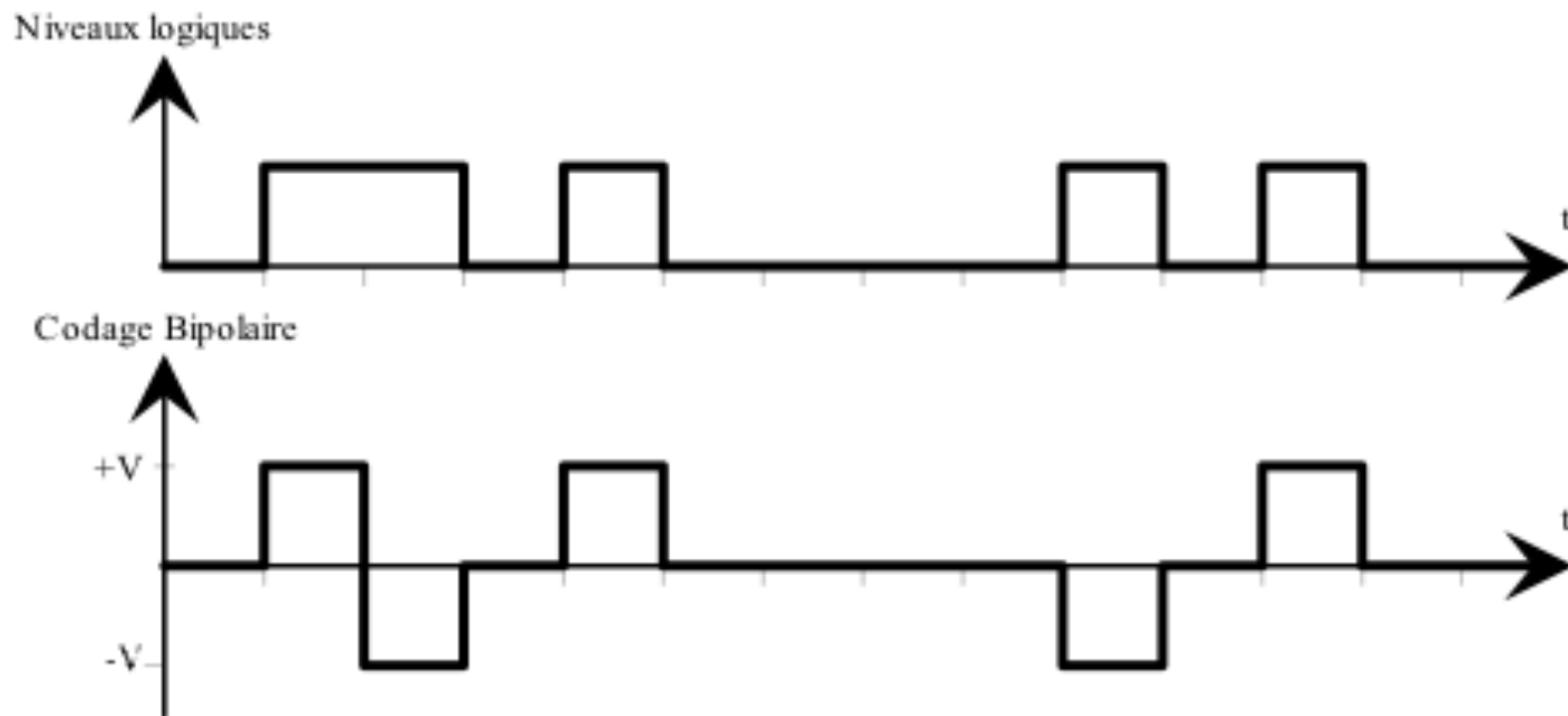
Transmission en bande de base

Codage bipolaire

- **le code bipolaire** : c'est un code tout ou rien dans lequel le 0 est représenté par un courant nul, mais ici le 1 est représenté par un courant alternativement positif ou négatif pour éviter de maintenir des courants continus.
- **Avantage** :
 - Permet une réduction encore plus importante du spectre en ne codant qu'un seul type de bit (ex, les niveaux hauts)
- **Inconvénient**
 - Problème lors de longues séquences de niveaux bas, => risque de perte d'horloge

Transmission en bande de base

Codage bipolaire



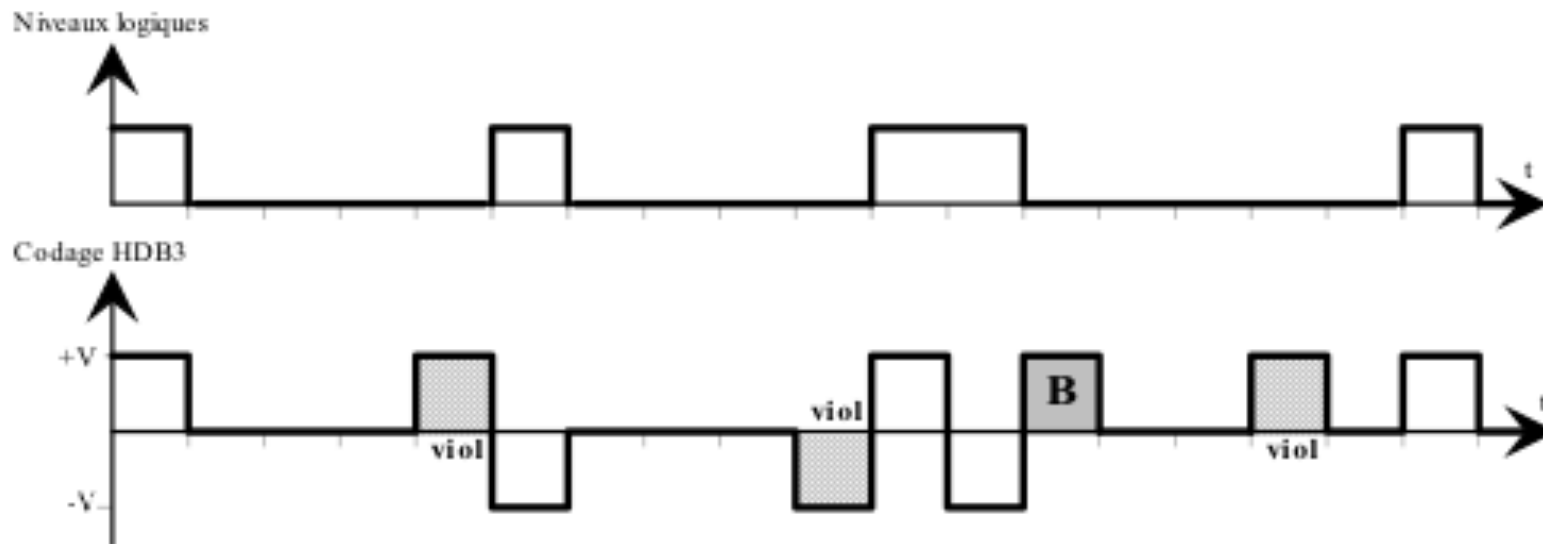
Transmission en bande de base

Codage HDBn

- Codes bipolaires améliorés pour éviter les longues suites de niveaux bas.
 - HDBn = Haute Densité Binaire d'ordre n
- Si le bit de rang $n+1$ est au niveau bas on le remplace par un particulier.
 - Ce bit sans signification = viol de parité détecté par le système.
 - Polarité de ce bit non inversé par rapport au bit codé précédemment
- Pour respecter la bipolarité du codage :
 - Les bits de viol sont alternativement inversés.
 - => Les bits de viol peuvent ne plus être en viol par rapport au dernier bit supplémentaire -> ajout d'un bit de bourrage

Transmission en bande de base

Codage HDBn



Transmission en bande de base

Codage HDBn

- Utilisé sur les lignes E1 et E3

Transmission en bande de base

Autres codes nB/mB

- Codes de type nB/mB
 - Substitue un bloc de n bits par un bloc de m bits
 - Avec $n < m$
 - Donc il existe 2^m combinaisons contre 2^n
 - ⇔ Permet de choisir les combinaisons qui permettent de supprimer la composante continue et de favoriser la synchronisation.
 - Exemple : 4B/5B
 - Sélection des éléments qui n'ont pas plus de un zéro en début et de 2 zéros en fin de séquence.
 - ⇔ pas plus de 3 bits à 0 successifs.

Transmission en bande de base

Autres codes nB/mB

Binaire	4B/5B
0000	11110
0001	01001
0010	10100
0011	10101
0100	01010
0101	01011
0110	01110
0111	01111
.....