

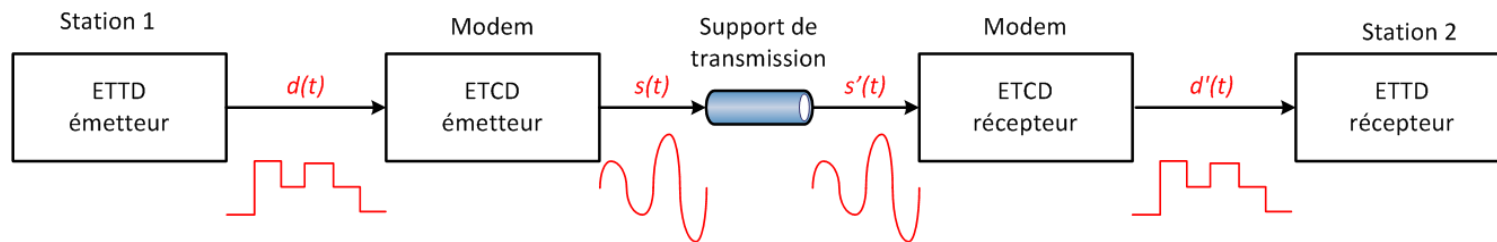
---

Le niveau bit

# **LA COUCHE PHYSIQUE**

## Système de transmission

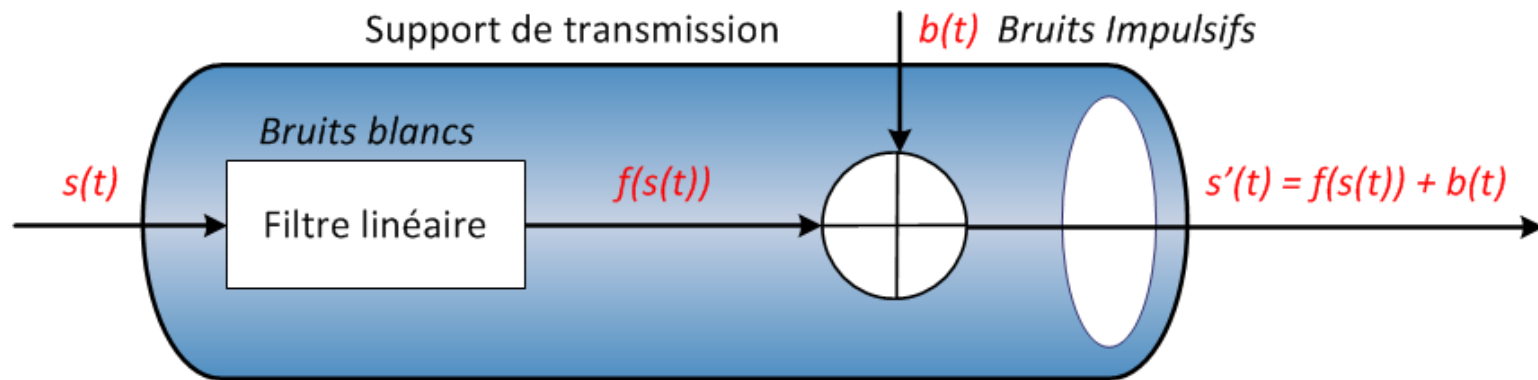
### ➤ Standard de l'IUT-T



### ➤ 3 types d'éléments interviennent dans la communication

- ETTD: Equipement Terminal de Traitement des Données
  - Ordinateur
- ETCD: Equipement Terminal de Communication des Données
  - Modem
- Le support de transmission
  - Fonctionne sur une bande de fréquence donnée (**Hz**) délimitée par  $[f_{\min}, f_{\max}]$
  - La largeur de bande (ou bande passante) est :  $W = f_{\max} - f_{\min}$

## Systeme de transmission – Le support de transmission



- › Le support de transmission métallique se comporte comme un filtre
- › Toutes les fréquences sont inévitablement atténuées mais cette atténuation est très marquée à partir d'une certaine valeur de fréquence dite de coupure
- › La bande passante  $B$  d'un support de transmission se mesure à 3dB
- › Formule de Shannon du débit théorique maximum pour un support de transmission de bande passante  $B$

$$\text{Débit maximal (b/s)} = B \cdot \log_2 (1 + S/N)$$

Avec  $S$  : la puissance du signal

$N$  : la puissance du bruit

- Cette formule complète celle de Nyquist (1924) qui ne tenait pas compte du bruit

## Système de transmission – Le support de transmission

---

### ➤ Exemple pour le téléphone

- La fréquence se situe dans l'intervalle [300, 3400] Hz

- $W = (3400 - 300)$

- Elle admet un rapport S/R de 30 dB

- Donc  $30 = 10 \log_{10} \left( \frac{P_s}{P_b} \right)$  ce qui nous donne:

- ★  $P_s/P_b = 10^{\frac{30}{10}}$

- Le débit maximum théorique est donc de

$$(3400 - 300) * \log_2(1 + 1000) \approx 30\,893 \text{ bit/s}$$

## Système de transmission – l'ETCD

---

- L'ETCD est en charge de la transformation des données en un signal transmissible sur le support de transmission
    - **Codage** : passage des bits aux symboles
    - **Modulation** : passage des symboles au signal
  
  - Pour la modulation, on considérera deux types possibles
    - Transmissions numériques (ou **bande de base**)
      - Signal de forme carrée
      - Obtenu par une modification brutale d'une caractéristique (tension, lumière...)
      - Se dégrade fortement avec la distance: besoin de répéteur, adapté aux courtes distances
    - Transmissions analogiques (ou **large bande**)
      - Signal sinusoïdal
      - Adapté aux transmissions longues distances
-

## Transmission en bande de base

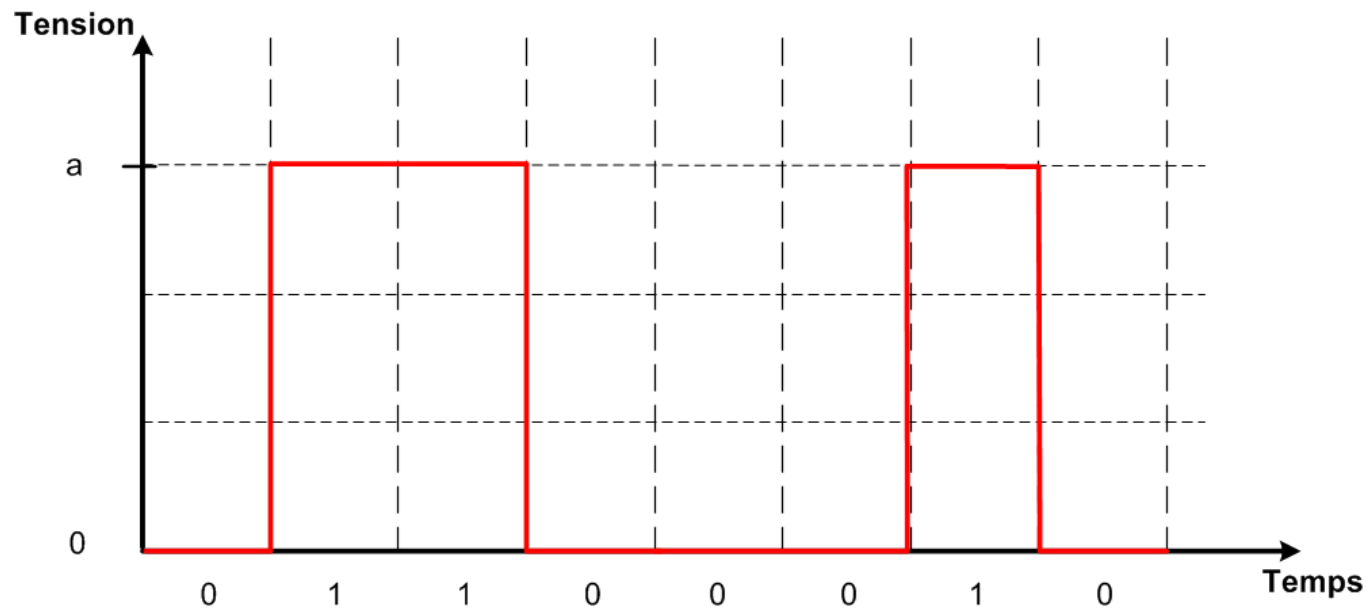
---

- Dans cette méthode de transmission, le signal est envoyé directement sur le canal après le **codage en ligne**
- On parle également de **transmission numérique**
- Le support utilisé ne doit pas nécessiter de transposition de fréquence
  - Supports physiques à très grande bande passante
  - Distance limitée en général (quelques kms pour la fibre)
  - Le modem se réduit à un codeur

## Codage Unipolaire

---

- Le plus simple, sur le mode du « tout ou rien »

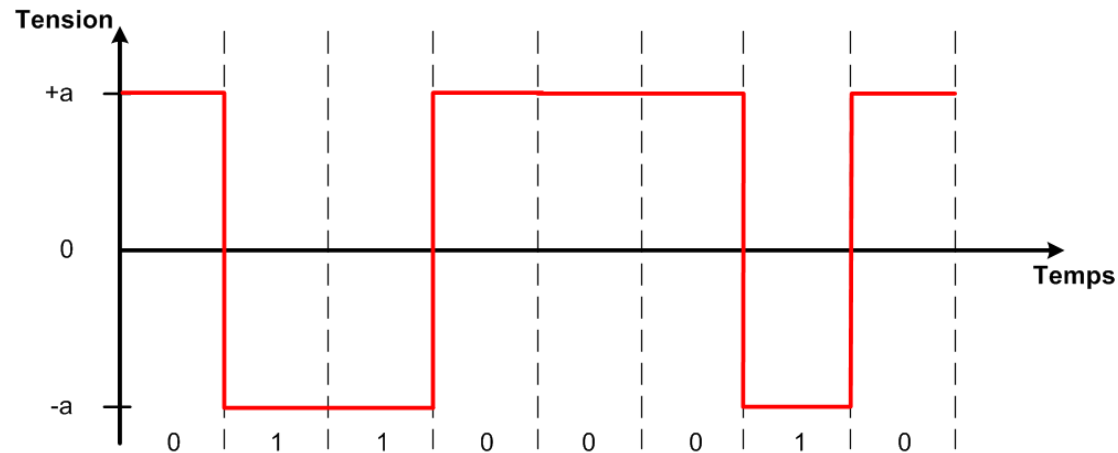


- Inconvénient: on ne distingue pas un 0 d'une absence de transmission
-

## Codage NRZ (Non Return to Zero)

- Très proche du précédent, il va varier entre deux tensions en général de la forme  $a$  et  $-a$

- Pour la liaison série (RS-232) le 1 est représenté par  $-12V$  et le 0 par  $+12V$



- Inconvénients:

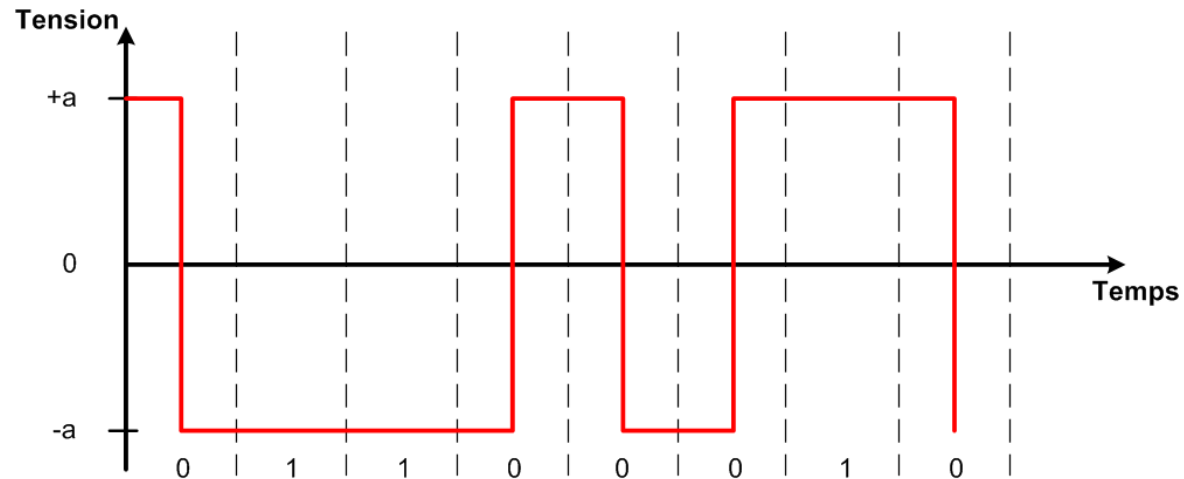
- Il est facile de se tromper d'interprétation en inversant le 1 et le 0
- Ne fonctionne pas bien lorsqu'il y a des suites longues car il est difficile de maintenir une tension continue et il est de plus très difficile de se synchroniser



## Codage NRZI (NRZ Invert)

- Pour éviter les pertes de synchronisations, le 0 va maintenant provoquer une transition

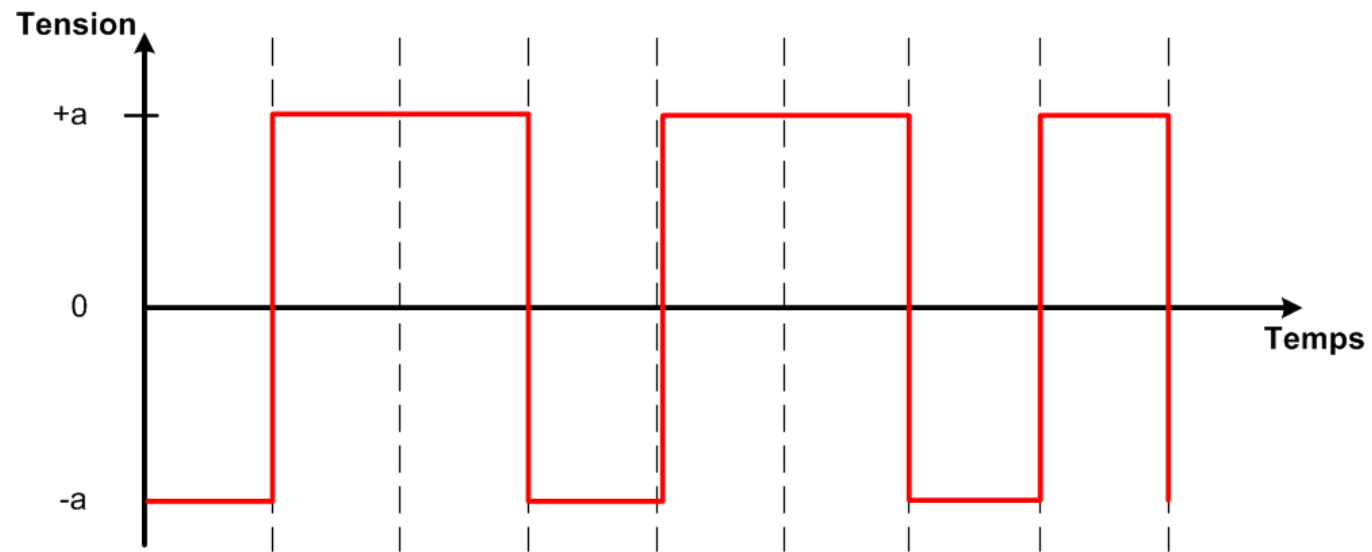
- Utilisé par USB



- Inconvénient: ne gère pas bien la séquence 1 sans « bit stuffing » (insertion d'un 0 tout les 6 bits à 1)
  - On lui préfère en général le code de Manchester

## Exercice d'application

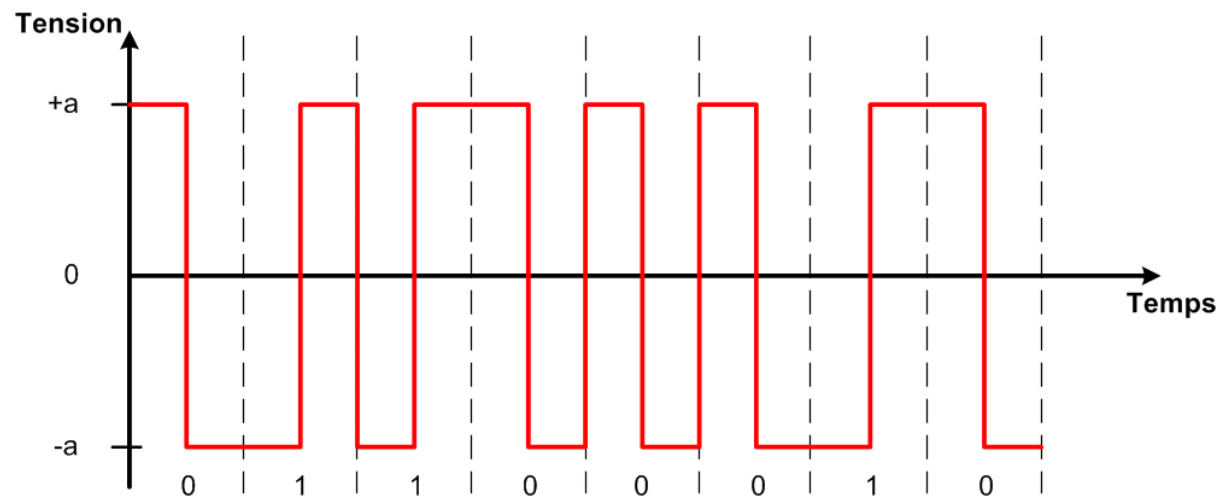
- Donnez le signal correspondant à l'envoi du message 1101110100 avec le code NRZ
- Quel est le signal binaire correspondant à cette mesure ?



- Représentez ensuite ce signal avec un code NRZI

## Codage Manchester

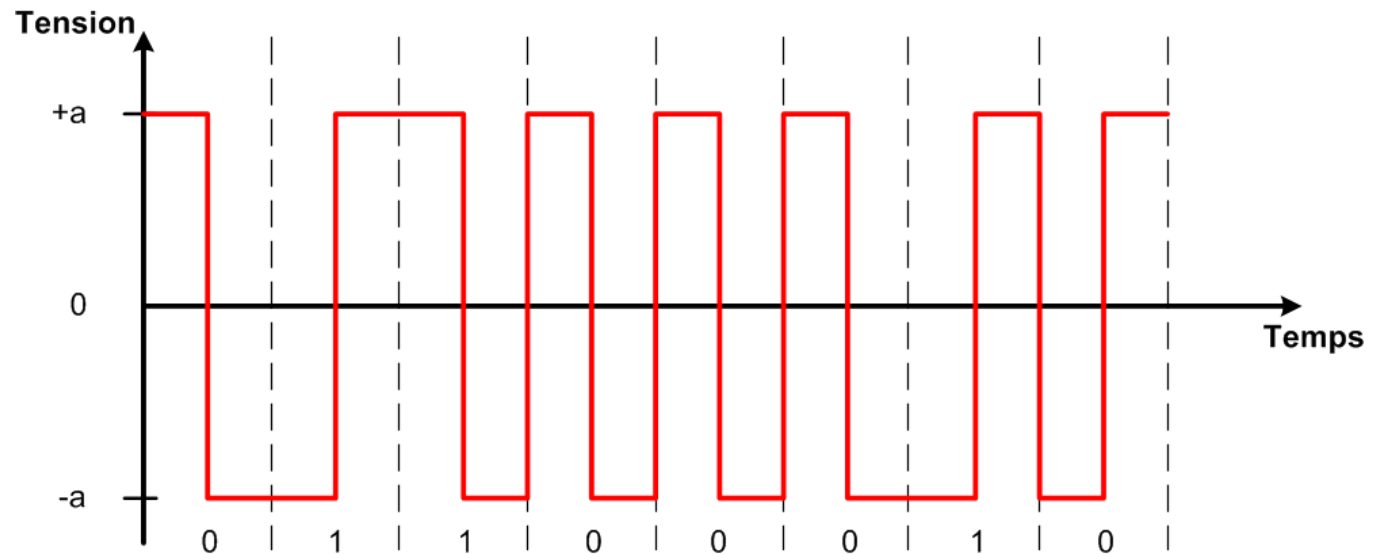
- On effectue des transitions pour 1 et pour 0
- 1: Du -a vers +a
  - 0: de +a vers -a
  - Cette convention est utilisée dans différents standard (Ethernet, Token Bus...) mais il est également possible de trouver l'inverse (i.e. Dans le tanenbaum par exemple qui respecte la définition de l'auteur du code G.E Thomas)



## Codage Manchester Différentiel

- Pour 0 les transitions sont dans le même sens que la précédente, pour 1 la transition est inverse

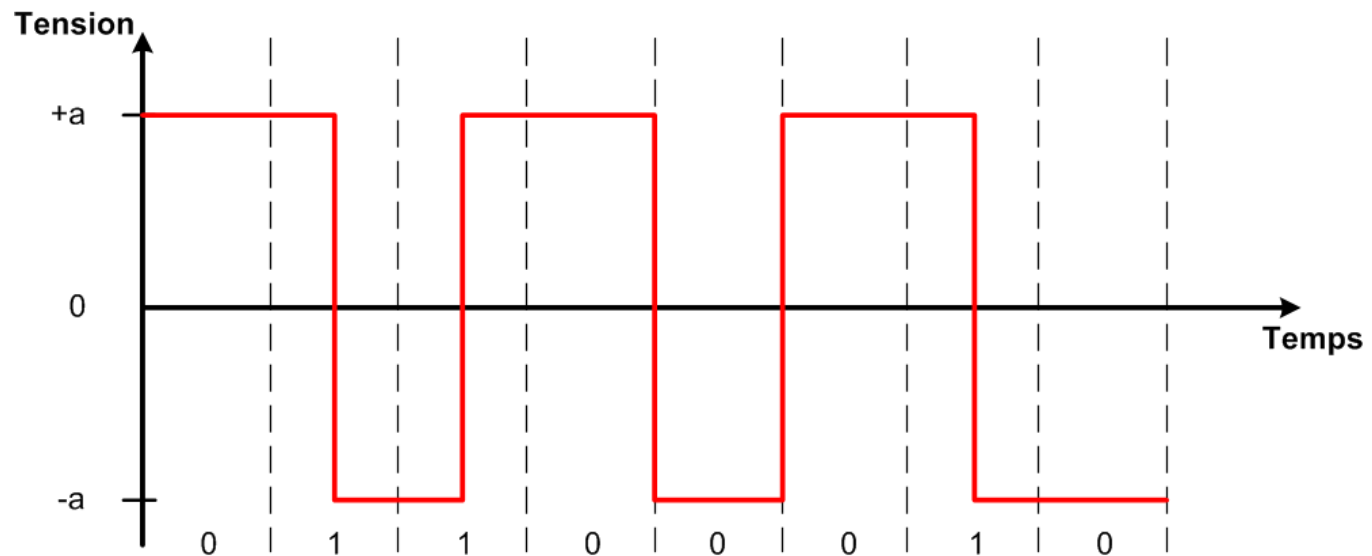
- Utilisé dans FDDI



- Codage insensible à l'inversion des fils, facile à coder et à décoder par contre il consomme une bande passante importante

## Codage de Miller

- Le codage de Miller est très proche du codage de Manchester
  - Suppression d'une transition sur deux
- Transition au milieu du bit pour 1, pas de transition au milieu pour 0, transition à la fin du bit 0 lorsqu'il est suivi par un autre bit 0

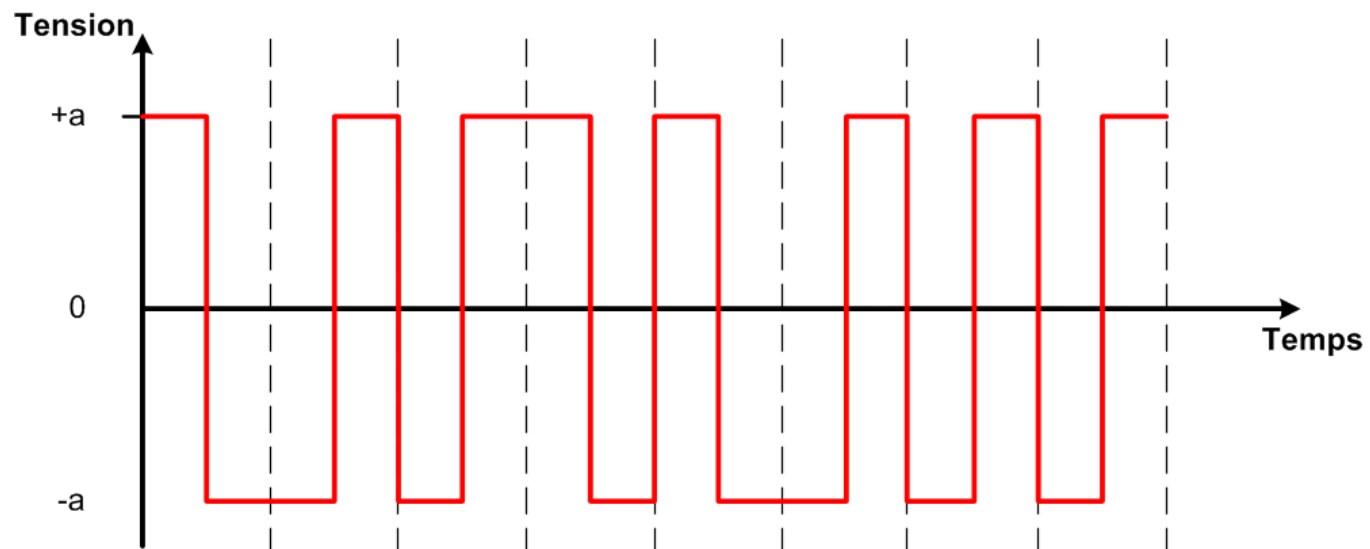


- Utilise une bande passante réduite et pas de pertes de synchronisations

## Exercice

---

- Représentez la suite 1100110101 avec le code Manchester puis avec le code Manchester Différentiel
- Quelle est la suite de bit représentée à l'aide du code Manchester?

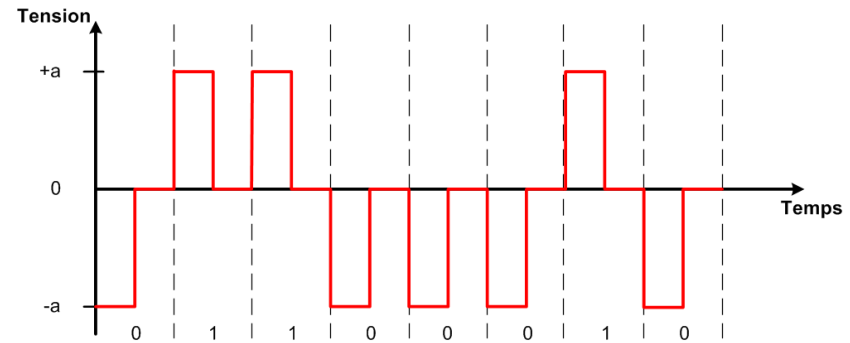


- Donnez la représentation de cette suite avec le code de Miller
-

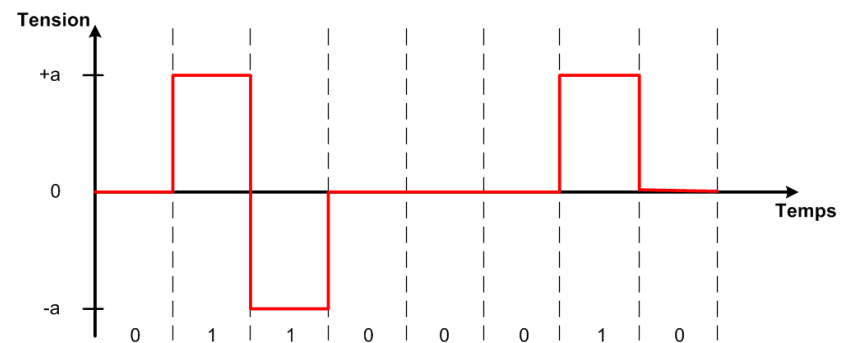
## Codes ternaires

- Tous les codes ne sont pas forcément sur 2 niveaux, on peut par exemple trouver des codes sur trois niveaux appelés codes ternaires

- Code RZ (Return to Zero)
  - Limite les interférences entre symboles



- Code AMI (Alternate Mark Inversion)  
Inversion)



## Les codes en bloc

- Le principe des codes en bloc est de représenter un bloc de  $n$  bits par un bloc de  $k$  symboles pris dans un alphabet de longueur  $l$

- Il faut que  $2^n \leq l^k$

- Code 4B/5B

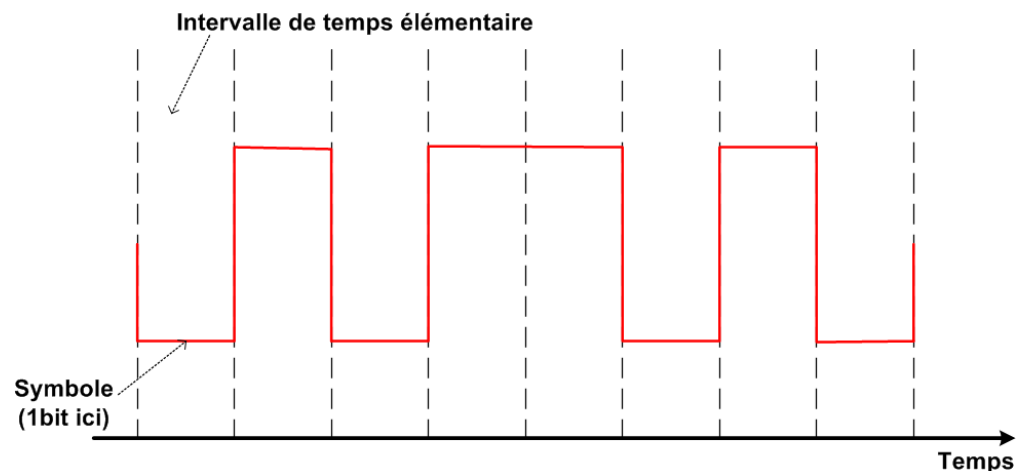
- Permet la détection d'erreurs au niveau physique
- On code 4 bits sur 5 bits pour garantir des transitions
  - Au moins deux bits à "1"
  - Pas plus de trois "0"
- 16 combinaisons → données
- les autres → état du réseau

Code	Valeur en Hêxa	Code	Valeur en Hêxa	Code	Symbole de contrôle
11110	0	10010	8	00000	quiet
01001	1	10011	9	11111	idle
10100	2	10110	A	00100	halt
10101	3	10111	B	11000	J
01010	4	11010	C	10001	K
01011	5	11011	D	01101	T
01110	6	11100	E	00111	R
01111	7	11101	F	11001	S
Les combinaisons binaires restantes sont invalides					



## Les modes de transmission

- Le signal se propage sur le canal grâce à une onde électromagnétique
  - Les **variations de l'onde** vont permettre de représenter l'information
  - A travers un réseau, les informations sont émises en série sur le canal
    - **Mode asynchrone**: la transmission peut survenir n'importe quand, le début et la fin de la transmission étant signalés par des séquences particulières du signal (START, STOP)
    - **Mode synchrone**: les stations se mettent d'accord sur un intervalle de temps qui se répète (utilisé pour les hauts débits)



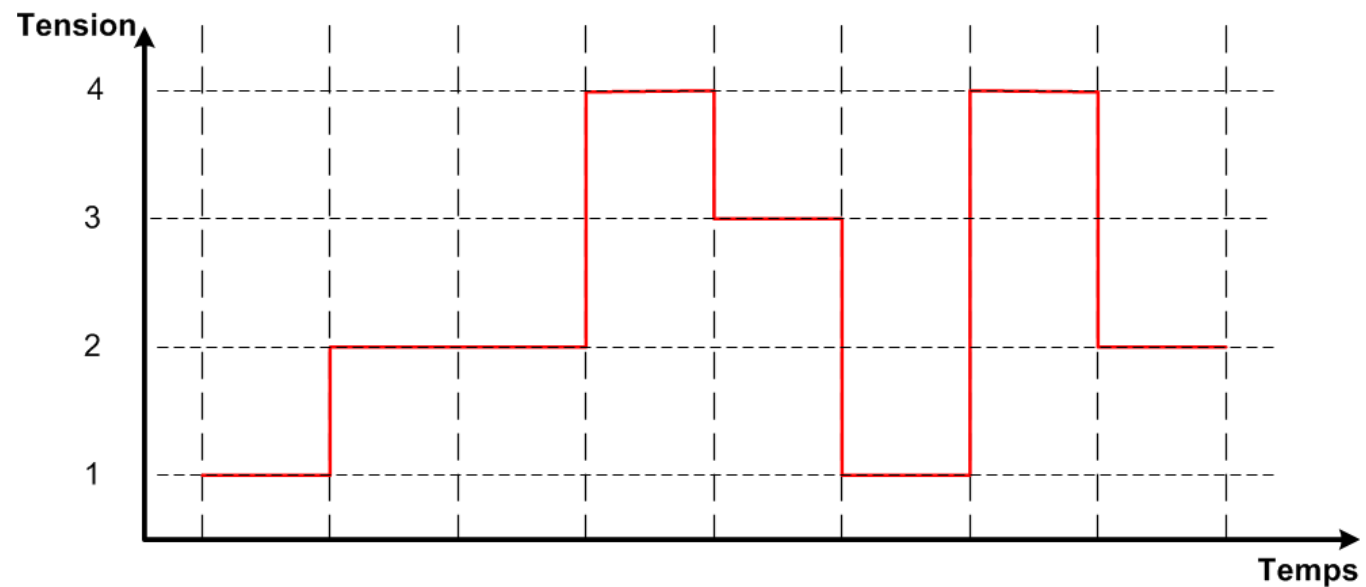
## Débit d'une ligne de transmission

---

- Le signal est synchronisé sur une horloge
- La vitesse de l'horloge (nombre de tops par seconde) donne la rapidité de modulation notée **R** (débit en baud)
  - Correspond au nombre de d'intervalles de temps élémentaires par seconde
- A l'intérieur d'un intervalle de temps élémentaire sont échangés les symboles
  - Peuvent représenter moins de 1bits ou plusieurs bits
- La **valence** correspond au nombre d'états que peut prendre un symbole
  - Elle dépend du codage utilisé
  - Pour un signal permettant de représenter V symboles (avec une valence de V ) alors le nombre de bits nécessaires (noté n) sera de  **$n = \log_2(V)$**
  - on parlera d'une valence de  **$V = 2^n$**
- Le débit binaire (bit/s) est donné par  **$D = R * \log_2(V)$**

## Débit d'une ligne de transmission

- Exemple avec 4 tensions possibles ( $V=4$ ) avec une modulation de 1200bauds (modem)



- $n = \log_2(V) = \log(4) / \log(2) = 2 \text{ bits / baud}$
- $D = n * R = 2 * 1200 = 2400 \text{ bits/s}$

## Transmission large bande

---

- La transmission large bande va nécessiter une adaptation du signal (ou modulation) pour lui permettre de circuler sur le support
  - Le modem est plus complexe que pour une transmission en bande de base
- On parle également de transmission analogique
- Ce mode de transmission permet de couvrir de grandes distances et est très résistant au bruit
- Offre également la possibilité de multiplexer des communications sur le support (multiplexage fréquentiel)
  - Optimisation de l'utilisation des ressources

## La modulation

---

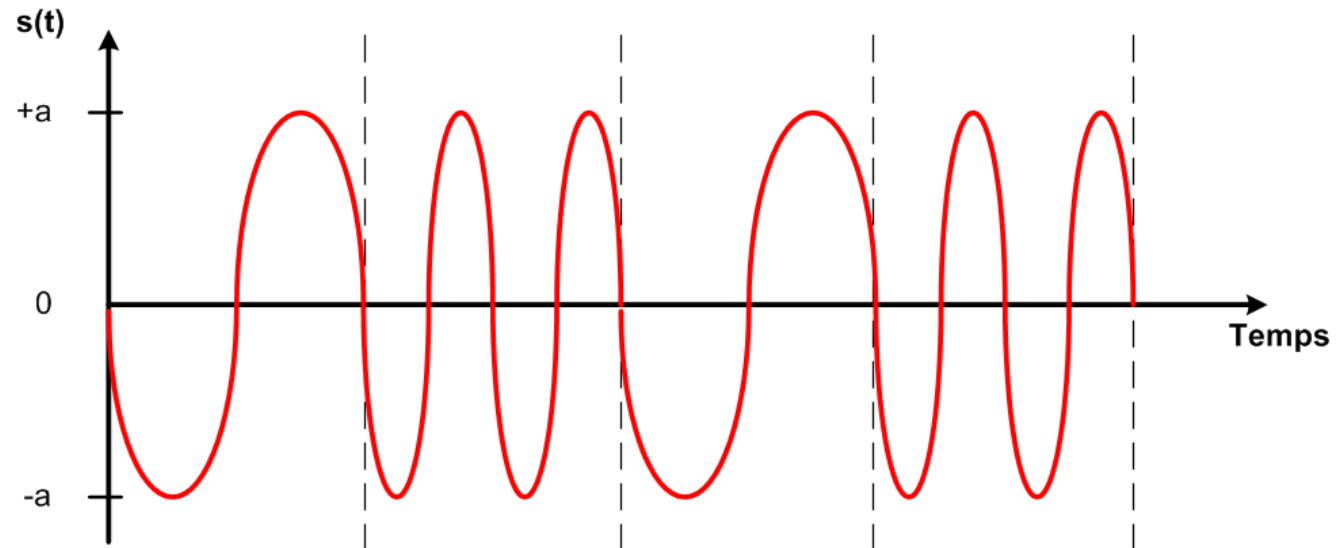
- L'objectif d'un modulateur est de transformer un signal quelconque  $d(t)$  en un signal  $s(t)$  adapté au support de communication
- En général le signal  $s(t)$  résultant sera de forme sinusoïdale et la modulation va consister à faire varier certains de ses paramètres

$$s(t) = A * \cos(2\pi f t - \Phi)$$

- Le signal sinusoïdal est centré autour d'une fréquence  $f_0$  que l'on appelle la **porteuse** (aussi appelée onde de référence)
- Il existe trois grand types de modulation
  - Modulation de fréquence (on joue sur le paramètre  $f$ )
  - Modulation d'amplitude (on joue sur le paramètre  $A$ )
  - Modulation de phase (on joue sur le paramètre  $\phi$ )

## Modulation de fréquence

---

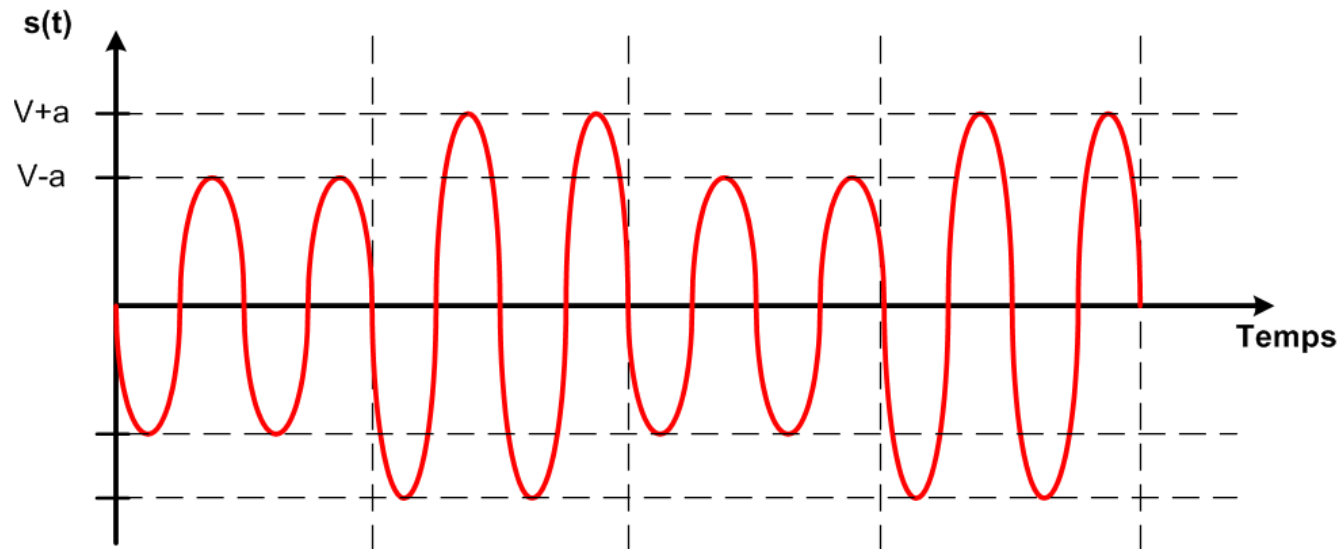


- La fréquence va varier autour de  $f_0$  dans un intervalle  $[-w, +w]$
- Il est difficile de maintenir la phase mais cette modulation permet de faire du multiplexage fréquentiel

## Modulation d'amplitude

---

- L'amplitude du signal varie entre deux valeurs  $[-a, +a]$  autour d'une valeur  $V$  de référence



## Modulation de phase

---

- Consiste à changer la forme du signal en lui appliquant une transposition qui est en général un multiple de  $\pi$
- Exemple pour  $\pi/2$

