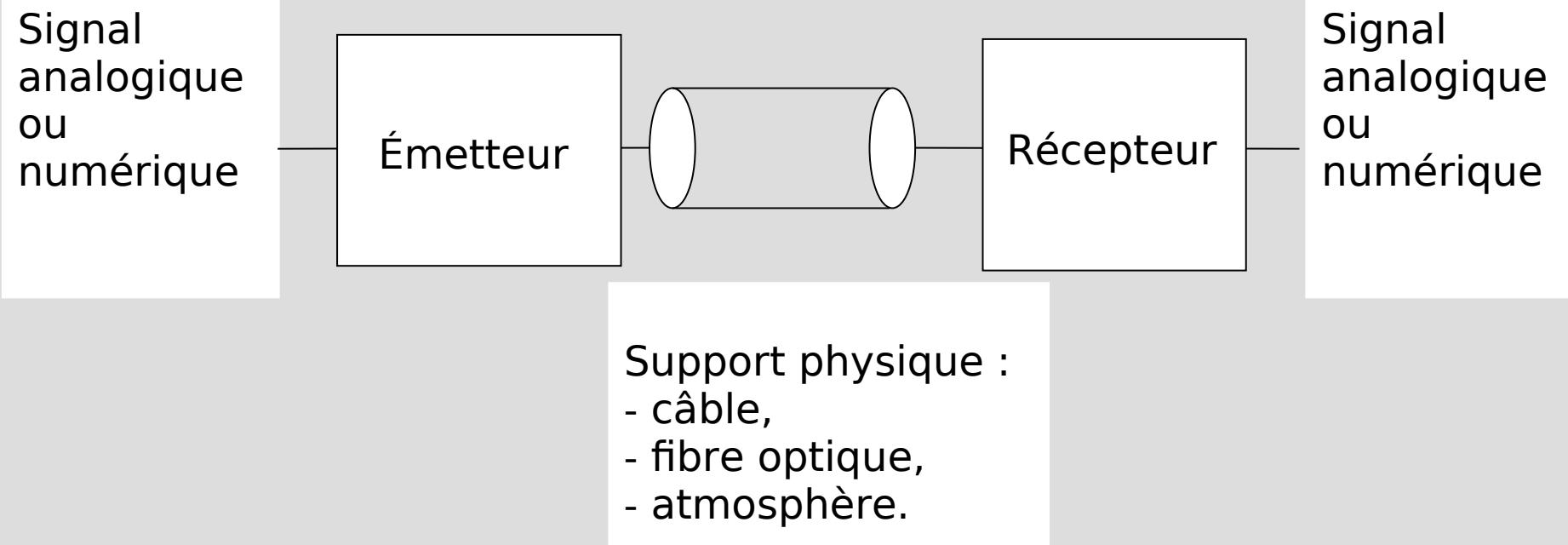


Ressource R210

Télécommunications
Initiation

Synoptique d'une chaîne de transmission numérique



I. Les différentes lignes de transmission

II. Transmission en bande de base, les différents codes

III. Transmission en bande transposée, les modulations numériques

Les différentes lignes de transmission

I.1

Les lignes filaires

Le support de transmission est une tension électrique (ou un courant)

Les lignes filaires, la ligne bifilaire

- Elle est composée de 2 conducteurs en cuivre séparés par un isolant.



Câble en paire torsadée

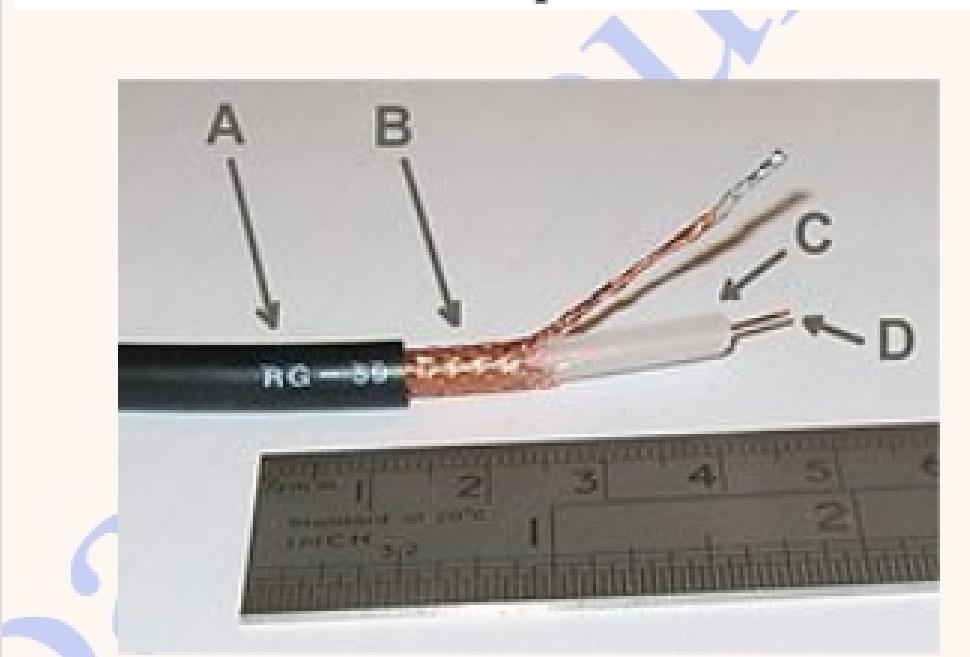
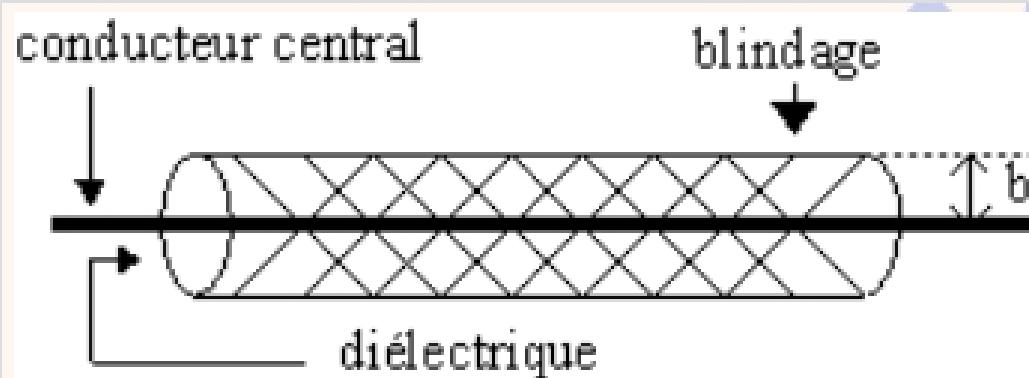
Les lignes filaires, la ligne bifilaire

- Elle est caractérisée par son impédance interne.
- Elle permet des débits de l'ordre de 10 à 100 Mbits/s pour une longueur de câble inférieure à 100 m.

Les lignes filaires, le câble coaxial

- C'est une ligne asymétrique, composée d'un conducteur central et d'un blindage séparés par un diélectrique.

Les lignes filaires, le câble coaxial



Les lignes filaires, le câble coaxial

- Il est moins sensible aux perturbations électromagnétiques extérieures.
- Il permet un débit un peu supérieur.
- Il est limité aux basses fréquences.

Le câble coaxial, expérience.

- On envoie une impulsion en entrée d'un câble coaxial.



Le câble coaxial, expérience.

- Qu'observe-t-on au niveau du récepteur ?
 - Amplitude ;
 - Décalage temporel.
- On augmente la fréquence, que se passe-t-il ?
- On supprime la résistance « bouchon », que se passe-t-il ? Pourquoi ?

I.2

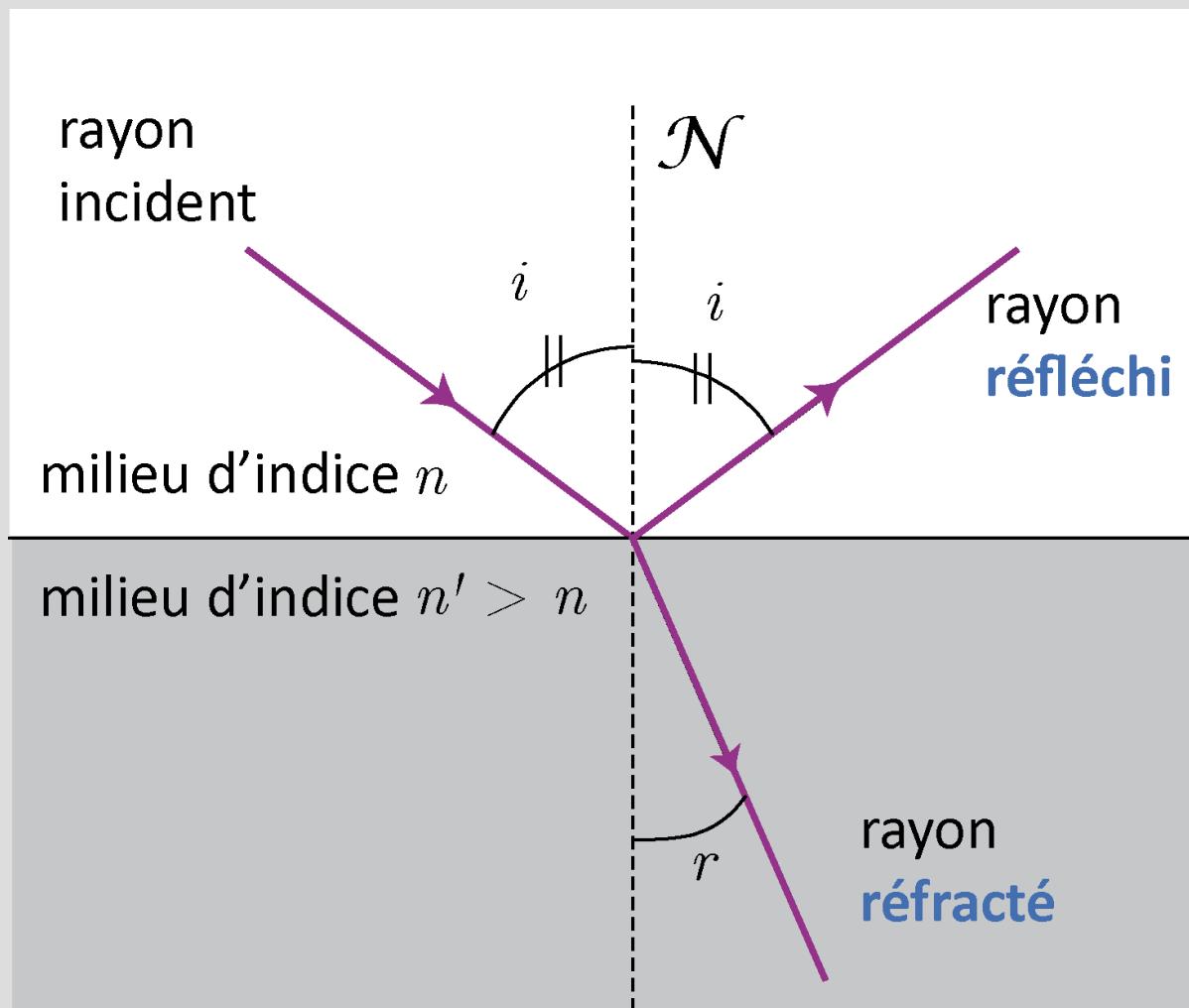
La fibre optique

Le support de transmission est un faisceau lumineux

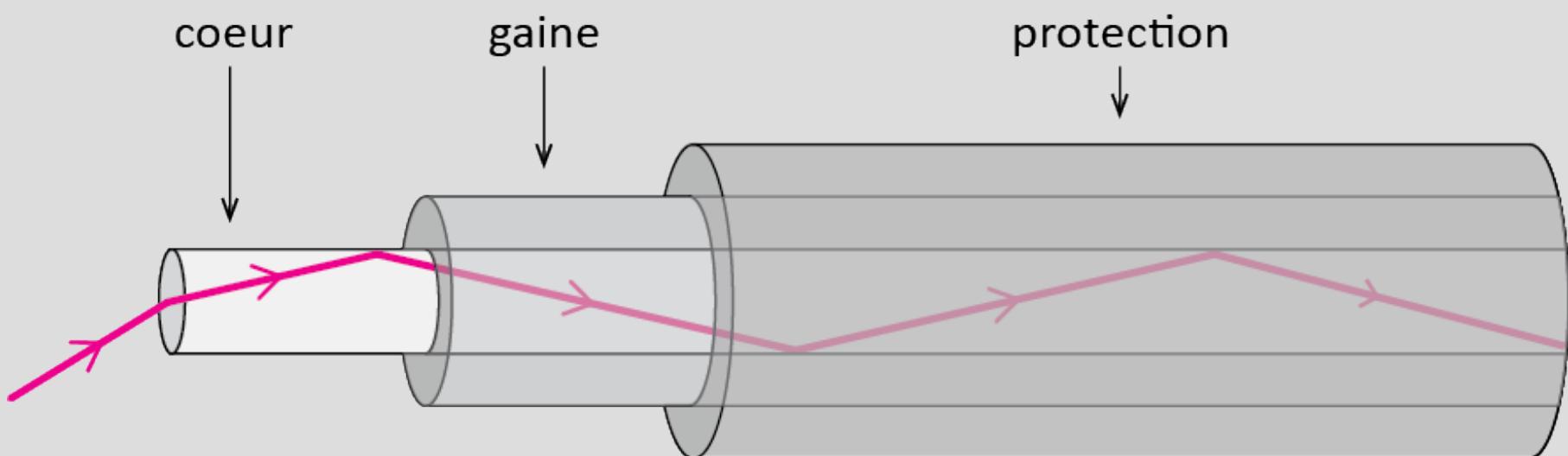
La fibre optique

- Elle s'appuie sur la réflexion de signaux lumineux.
- Elle permet des débits supérieurs à 100 Mbits/s voire 100 Gbits/s (XFP : IEEE 802.3ba).
- Elle est insensible aux interférences électromagnétiques.

La fibre optique, réflexion d'une Onde Electromagnétique

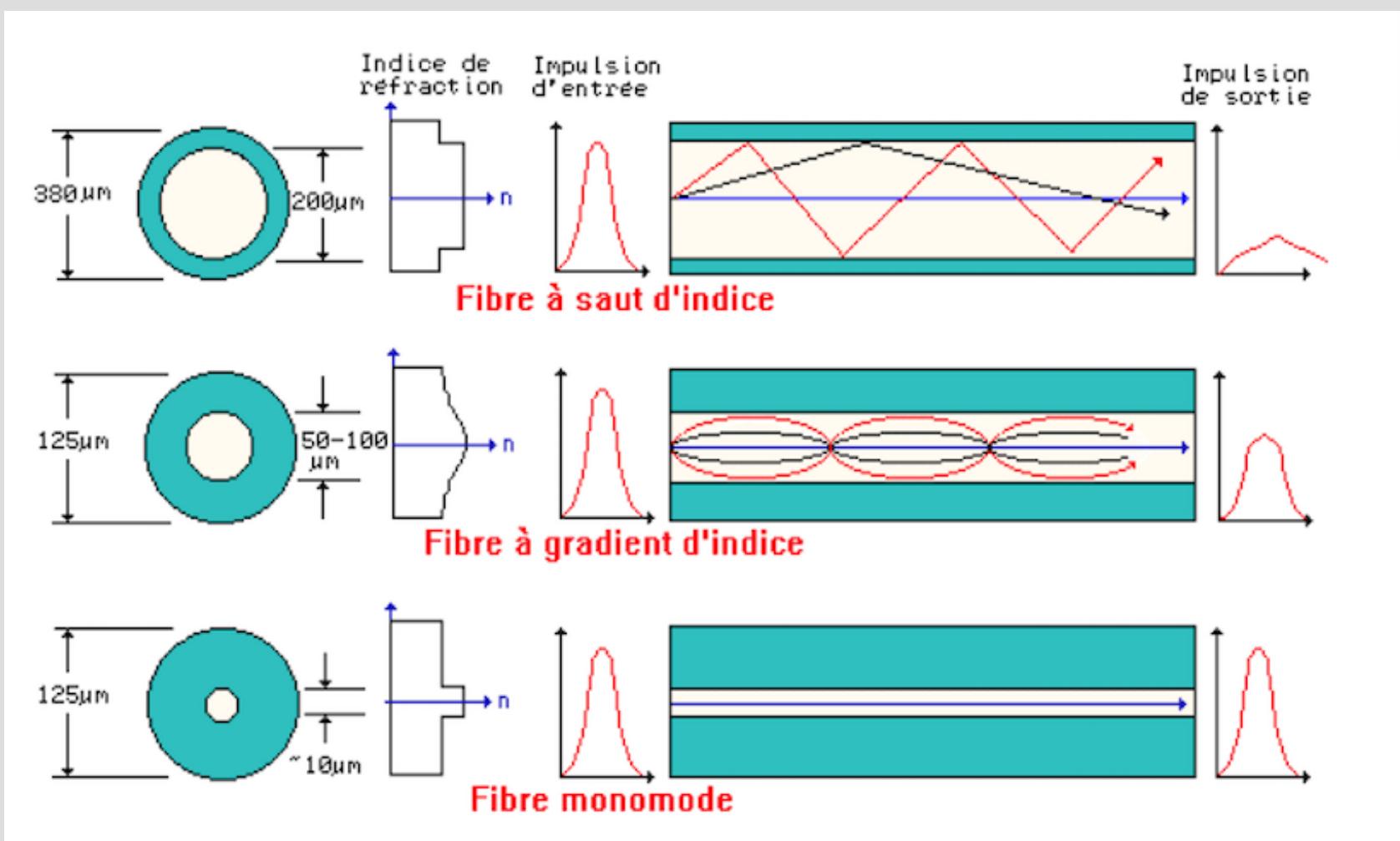


La fibre optique, principe



Les différentes fibres optiques

Propagation de la lumière dans les 3 types de fibres



Les fibres optiques

Débit dans les différents types de FO :

- 40 Gbits/s jusqu'à 150 m sur FO multimode (seulement jusqu'à 7 m sur lignes bifilaires) ;
- 100 Gbits/s jusqu'à 150 m sur FO multimode et jusqu'à 40 km sur FO monomode.

I.3

L'air

Le support de transmission est une onde
électromagnétique

L'air

- Pas de support physique, le support de transmission est immatériel.
- Rayons infrarouges ;
- Rayons lasers ;
- Ondes électromagnétiques :
 - Transmission longues distances,
 - Transmission courtes distances,
 - Transmission par satellites.

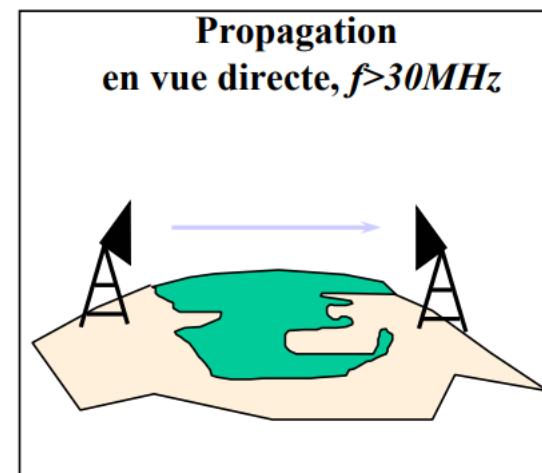
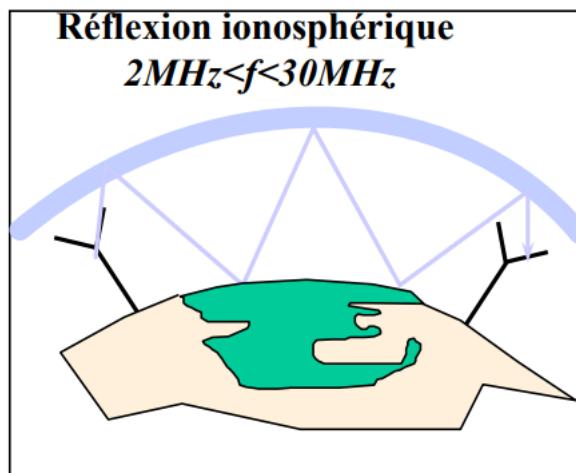
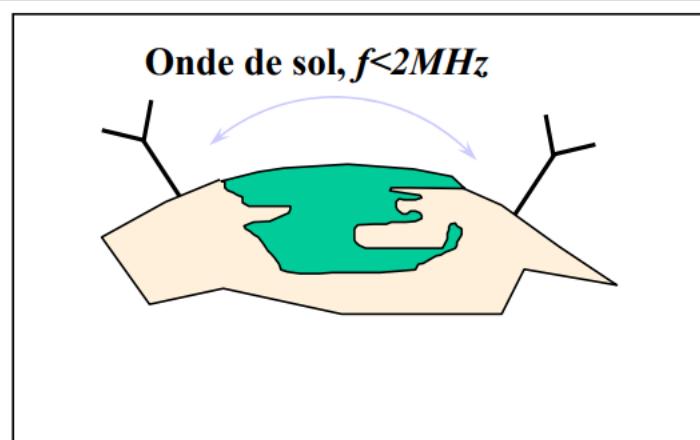
Infra-rouge

- Pour des distances faibles ($< 1 \text{ km}$) ;
- 36 ou 38 kHz ;
- Pas d'obstacle au faisceau ;
- Solution la moins coûteuse lorsqu'il n'y a pas la possibilité d'établir une ligne.

Courtes distances

- GSM (~1,5 GHz), Wifi (~3 GHz);
- Puissance d'émission faible ;
- Sur 100 – 300 m.

Fréquences du canal radio



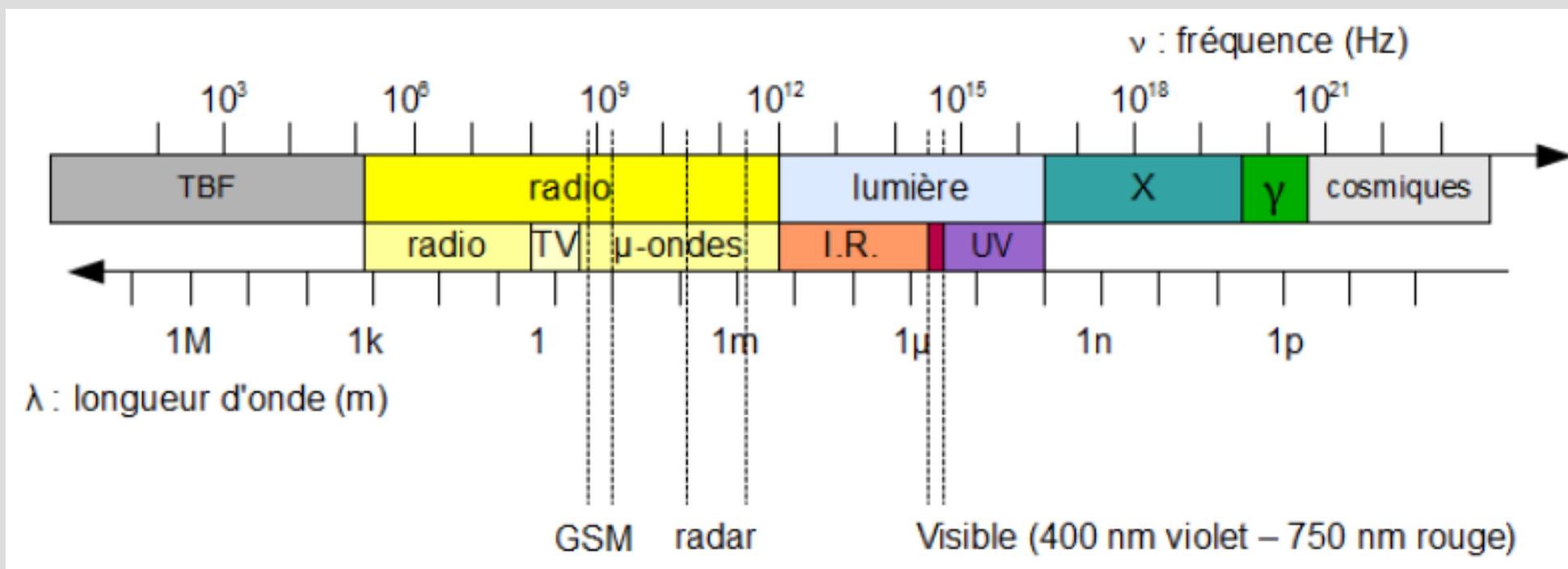
Fréquences du canal radio

Bandes de Fréquence	Désignation	Caractéristique de propagation	Services
3-30 kHz	Très Basses Fréquences (VLF)	Onde de sol Faible atténuation jour et nuit	Navigation, sous marins Grandes distances
30-300 kHz	Basses Fréq. (LF)	Onde de sol Att. plus grande le jour	Navigation, marine Grandes distance AM Radiodiffusion
300-3000 kHz	Moyennes fréquences (MF)	Onde de sol Att. faible la nuit	Radio marine, Grandes distances
3-30 MHz	Hautes Fréq. (HF)	Propagation Ionosphérique Reflection sur couches ionophériques Variable jour/nuit	Radio-amateurs, militaires, Avions, Bateaux Grandes distances

Fréquences du canal radio

Bandes de Fréquence	Désignation	Caractéristique de propagation	Services
30-300 MHz	Très Hautes Fréq. (VHF)	Pratiquement en vue directe	TV VHF (54-72MHz, 76-88MHz, 174-216MHz) Radio FM (88-108MHz), navigation aérienne
0.3-3 GHz	Ultra Hautes Fréq.(UHF)	Vue directe	TV UHF (470-806MHz) Mobiles (GSM : 890-960MHz, DCS 1800 : 1710-1880MHz, IS95 : 824-894 MHz), GPS : 1217,6-1237,6MHz, 1565,42-1585,42 MHz
1-2 GHz 2-4 GHz 3-30 GHz 4-8 GHz 8-12 GHz 12-18 GHz 18-26 GHz 26-40 GHz	Bandes L Bandes S Super Hautes Fréq.(SHF) Bandes C Bandes X Bandes Ku Bandes K Bandes Ka	Vue directe Att. pluie ($f > 10\text{GHz}$) Att. Vapeur d'eau ($f > 22\text{GHz}$)	Radars, Faisceaux Hertziens Satellites Bluetooth : 2,4-2,483 GHz 802.11a : 5 GHz 802.11b : 2.4 GHz (Wi-fi)

Le spectre des ondes électromagnétiques



Comment transmettre une information ?

- Cela dépend du canal (pour la nature du signal) et de **sa bande passante**.
- La bande passante est la bande de fréquences dans laquelle les signaux appliqués à l'entrée du support de transmission ont une puissance de sortie supérieure à un seuil donné.

Comment transmettre une information ?

- Pour une ligne filaire, la BP du canal est de la forme $[0 ; f_{\max}] \Rightarrow$ transmission en bande de base.
- Pour une OEMM, la BP du canal est de la forme $[f_{\min} ; f_{\max}] \Rightarrow$ transmission en bande transposée.



Transmission en bande de base, les différents codes

Notions élémentaires

- Un symbole (bit) est représenté par une tension, cette tension est maintenue pendant un certain temps.
- **ITE** : Intervalle de Temps Élémentaire
- **R** : Rapidité de modulation (en Baud)

$$R = \frac{1}{ITE}$$

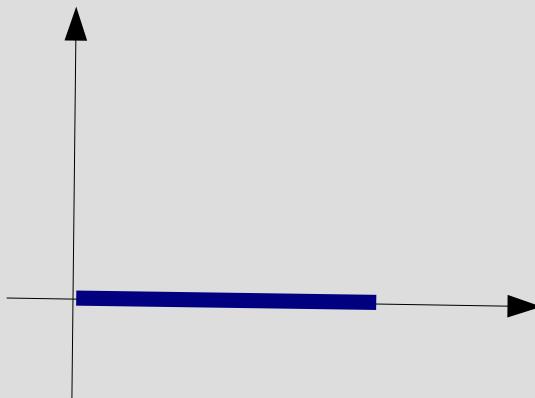
Classification des principaux codes

	Unipolaire	Bipolaire	AMI
Code NRZ			
Code RZ			
Code Biphasé			

Code NRZ

Non Remise à Zéro

- NRZ Unipolaire (un seul niveau de tension)



0

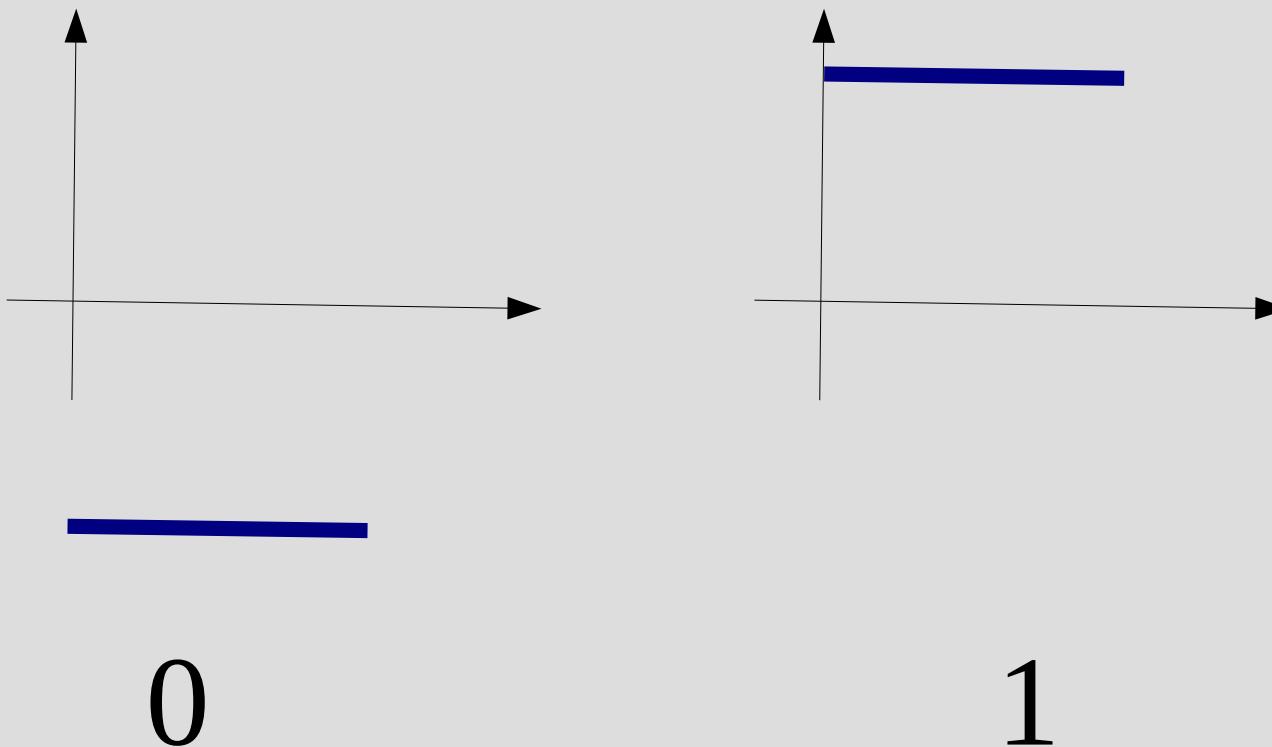


1

Code NRZ

Non Remise à Zéro

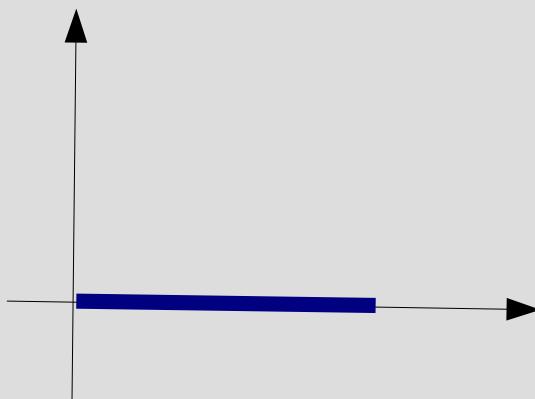
- NRZ Bipolaire (deux niveaux de tension)



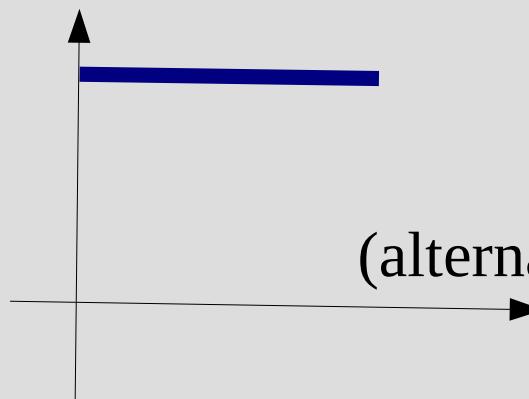
Code NRZ

Non Remise à Zéro

- NRZ AMI (alternatif)

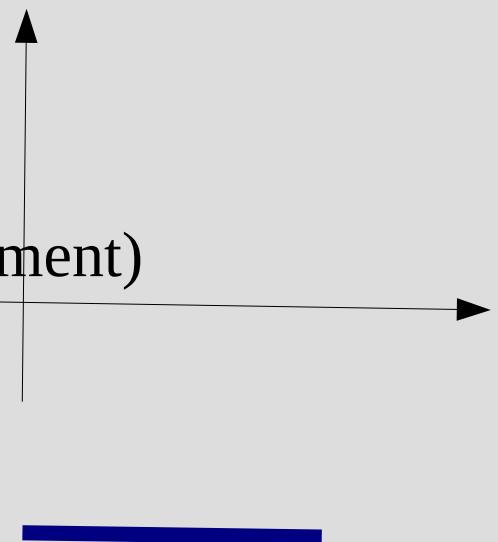


0



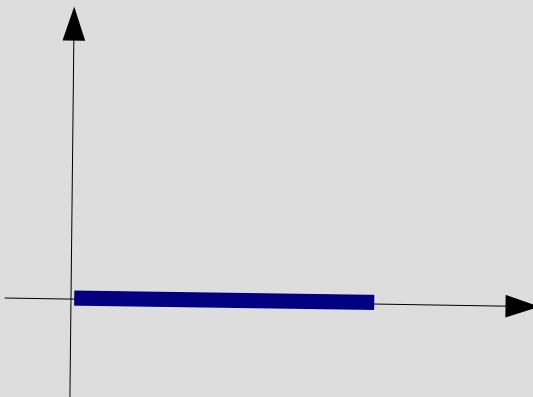
1

Ou
(alternativement)

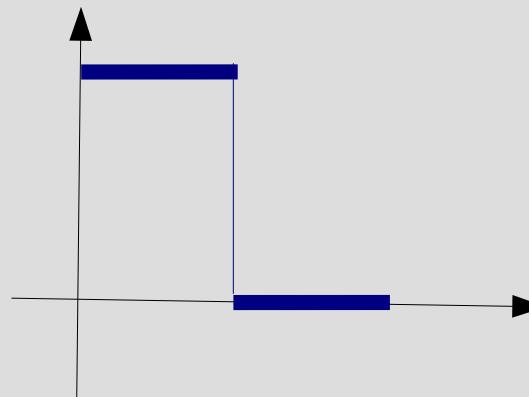


Code RZ Remise à Zéro

- RZ Unipolaire (un seul niveau de tension)



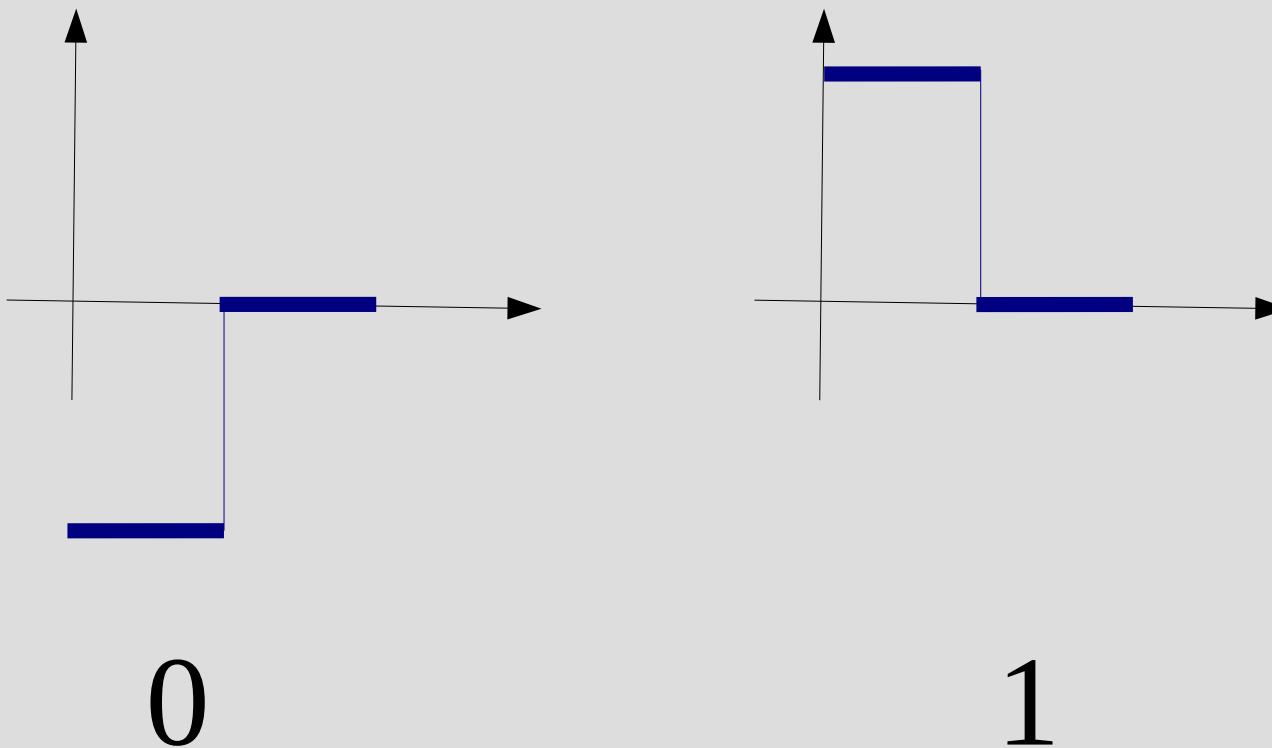
0



1

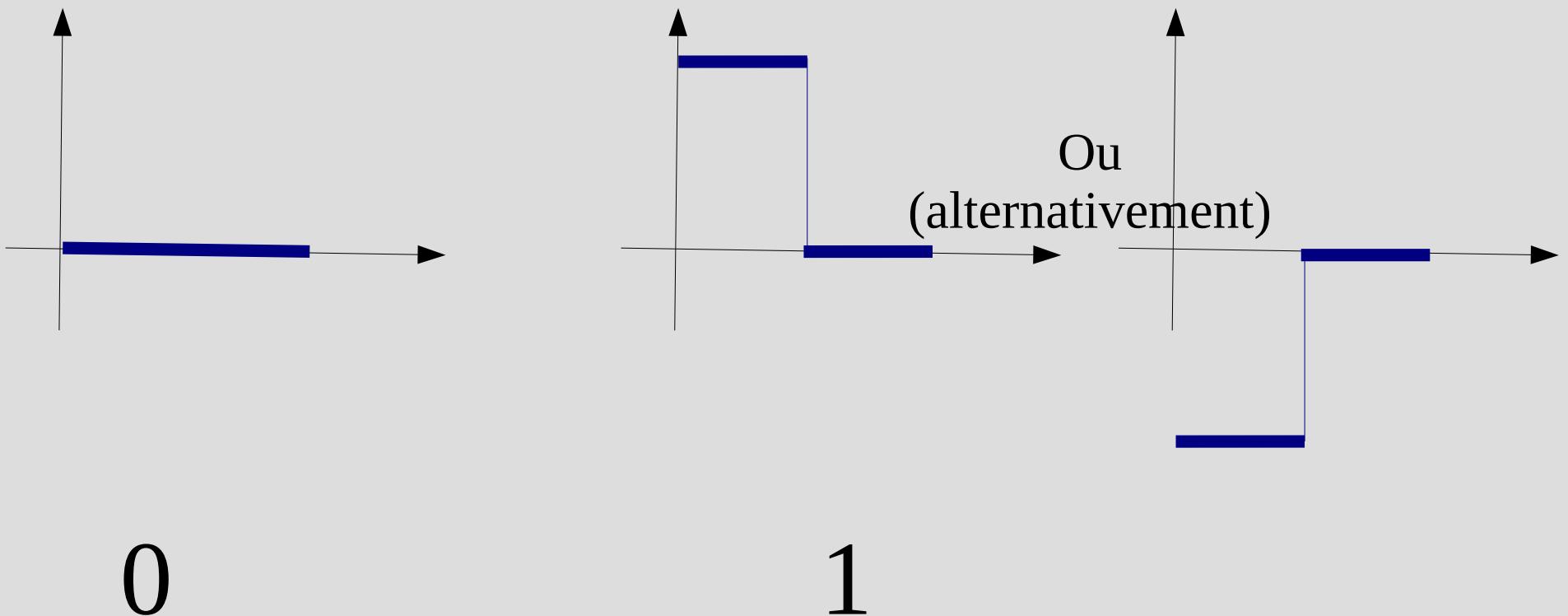
Code RZ Remise à Zéro

- RZ Bipolaire (deux niveaux de tension)



Code RZ Remise à Zéro

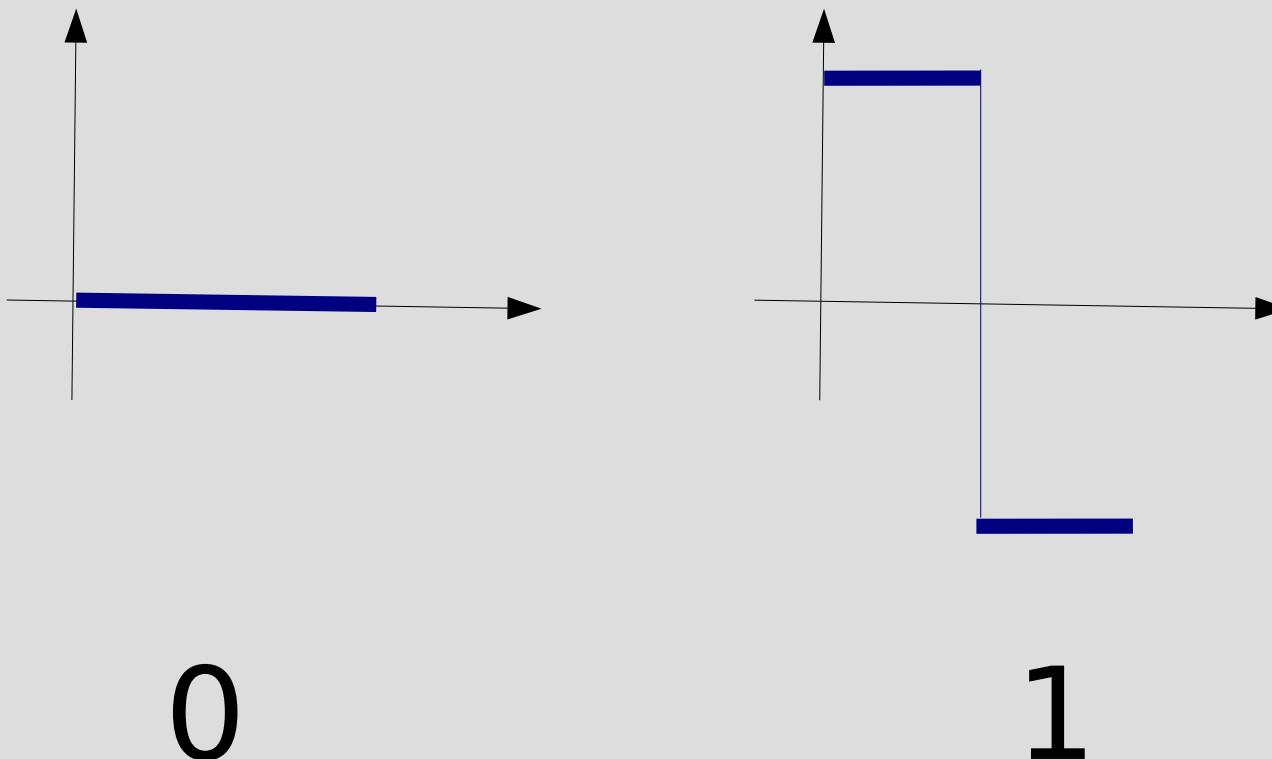
- RZ AMI (alternatif)



Code Biphasé

Changement de niveau de tension pendant l'ITE

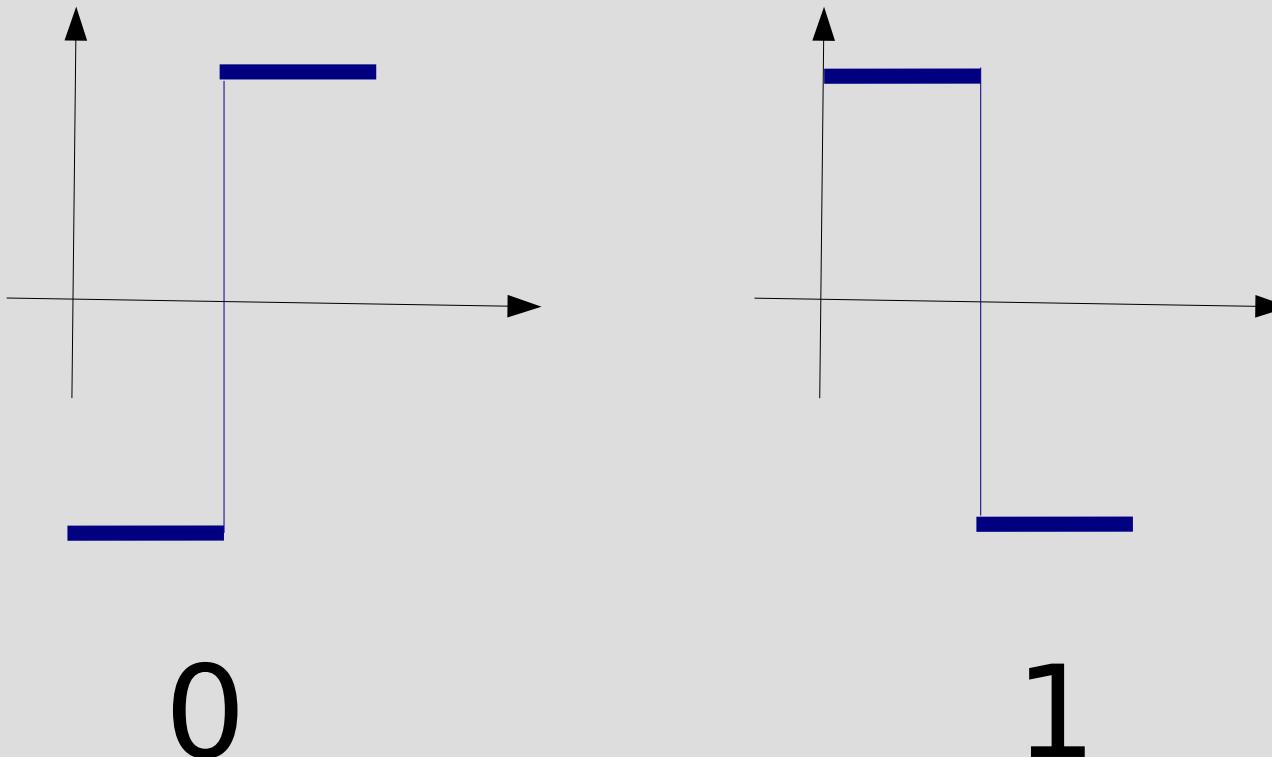
- Biphasé Unipolaire



Code Biphasé

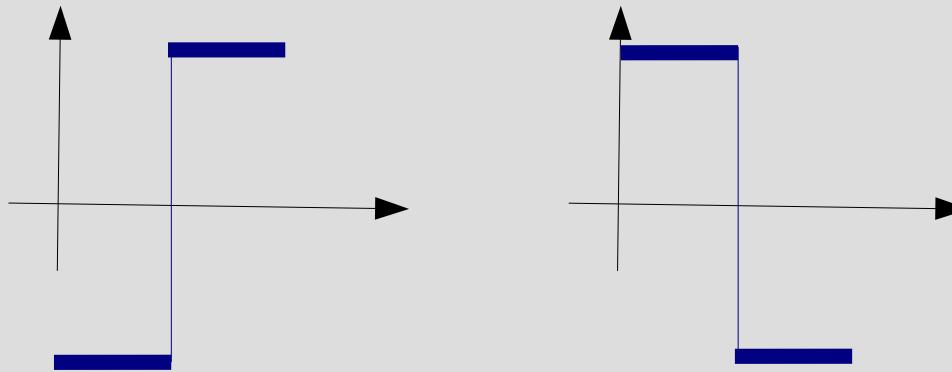
Changement de niveau de tension pendant l'ITE

- Biphasé Bipolaire (Manchester)



Code à mémoire Manchester Différentiel

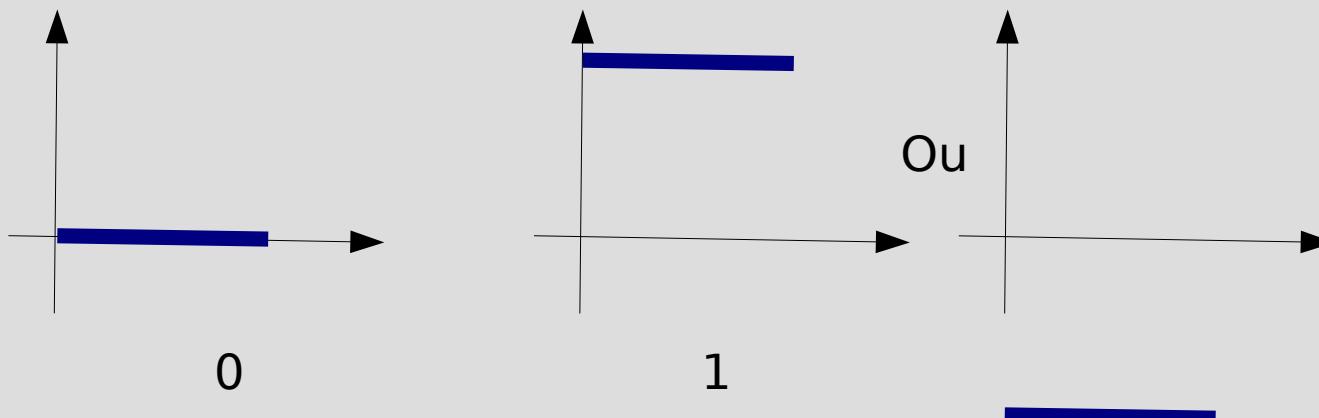
- A partir du code Manchester :



- 0 : même symbole que l'ITE précédent ;
- 1 : symbole opposé au symbole de l'ITE précédent.

Code à mémoire HDB3

- A partir du code NRZ AMI :



- Mais si 4 zéros d'affilé : B00V.

Code à mémoire HDB3

- Bit de bourrage :
 - s'assure que la valeur moyenne du signal codé est nulle ;
 - il vaut 0, -5 ou +5 de manière à ce que la valeur moyenne du signal, après lui, soit nulle.
- Bit de viol :
 - permet au récepteur de reconnaître la suite de 4 zéros ;
 - viole l'alternance ;
 - donc identique au dernier symbole non nul.

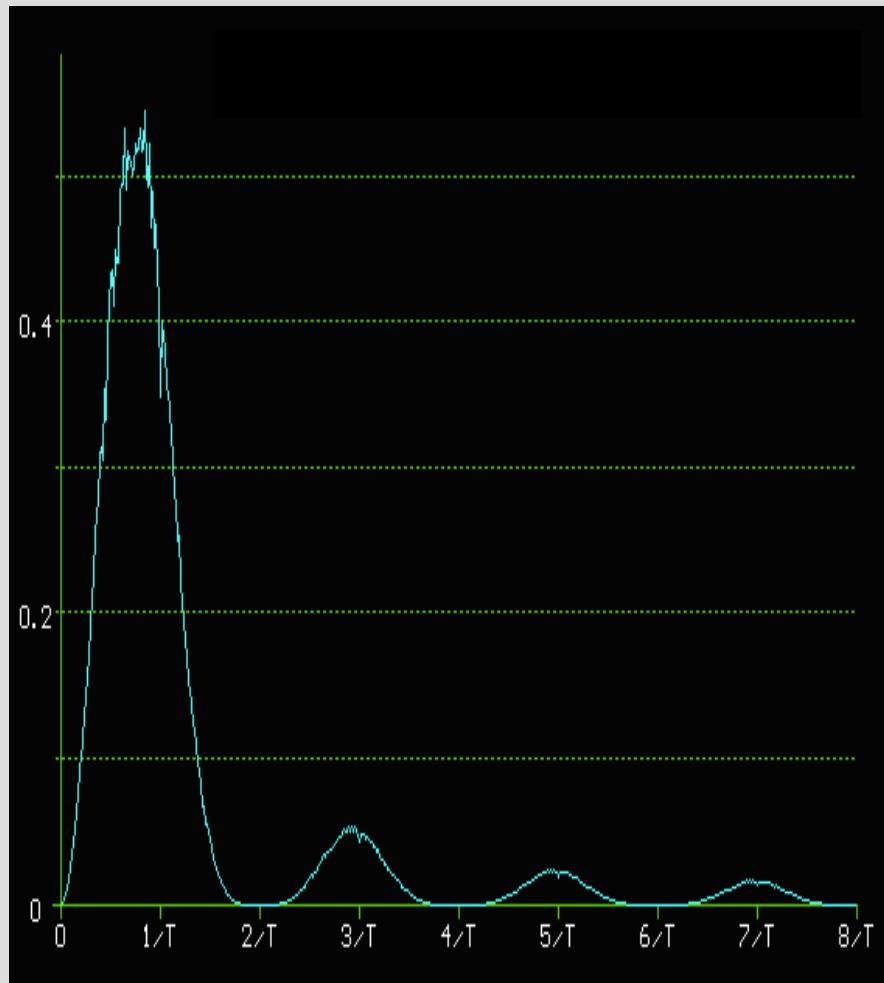
Code à mémoire Miller

- 0 :
 - pas de transition au milieu de l'ITE ;
 - au début de l'ITE, conserve le même niveau de tension si le symbole précédent était un 1 ;
 - ne le conserve pas sinon.
- 1 :
 - transition au milieu de l'ITE ;
 - au début de l'ITE, conserve le même niveau de tension que le symbole précédent.

Quel code choisir ?

- Nécessité au récepteur de reconstituer le signal d'horloge associé aux données ;
- Choisir une rapidité de modulation adaptée au canal.

Densité spectrale de différents codes



- Code Manchester
- Pas d'énergie à $f = 0$;
- De l'énergie pour $f = R$;
- OS plus large.

Codes Utilisés

- NRZ AMI : ligne DS1/T1
- Manchester : liaison Ethernet 10Base5, 10Base2
- Miller : RFID
- HDB3 : RNIS

Valence

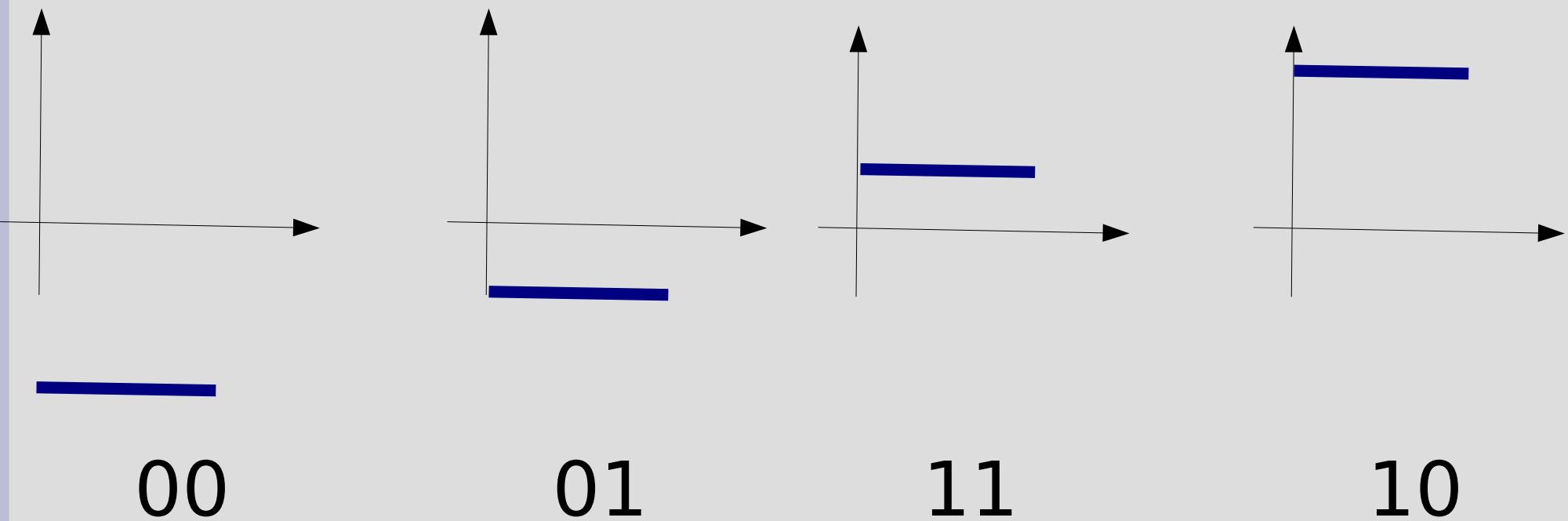
- On peut regrouper les bits par paquet !
- On transmet alors des symboles qui correspondent à des paquets de n bits.
- On transmet 2^n symboles différents.

Valence

- Valence : nombre de symboles différents.
- $V = 2^n$.
- Alors $D = n R$.

Exemple

- $n = 2 ; V = 4 ; D = 2R.$



III

Transmission en bande transposée, les modulations numériques

Objectifs

- La modulation a pour rôle d'**adapter l'occupation spectrale** du signal à la Bande Passante du canal sur lequel il sera transmis.
- C'est donc de transformer le signal en bande de base en un signal dont l'occupation spectrale est centrée autour d'une fréquence haute adaptée aux transmissions en espace libre.

Objectifs

- Pour adapter l'occupation spectrale du signal, il faut déplacer son spectre vers les hautes fréquences, pour cela on va chercher à transformer le signal « carré » en signal « sinusoïdal ».

Principe

- L'opération de modulation d'un signal devra conserver l'information contenue dans le message originel, afin de pouvoir le reconstituer en réception, lors de l'opération inverse appelée démodulation.

Définitions

- **Onde porteuse** : signal support de l'information
- **Signal modulant** : signal qui porte l'information
- **Signal modulé** : signal transmis

Onde porteuse

- $p(t) = A \cos (2\pi f_P t + \varphi_P)$
- Les paramètres modifiables sont :
 - A l'amplitude,
 - f_P la fréquence,
 - φ_P la phase.

Différentes modulations numériques

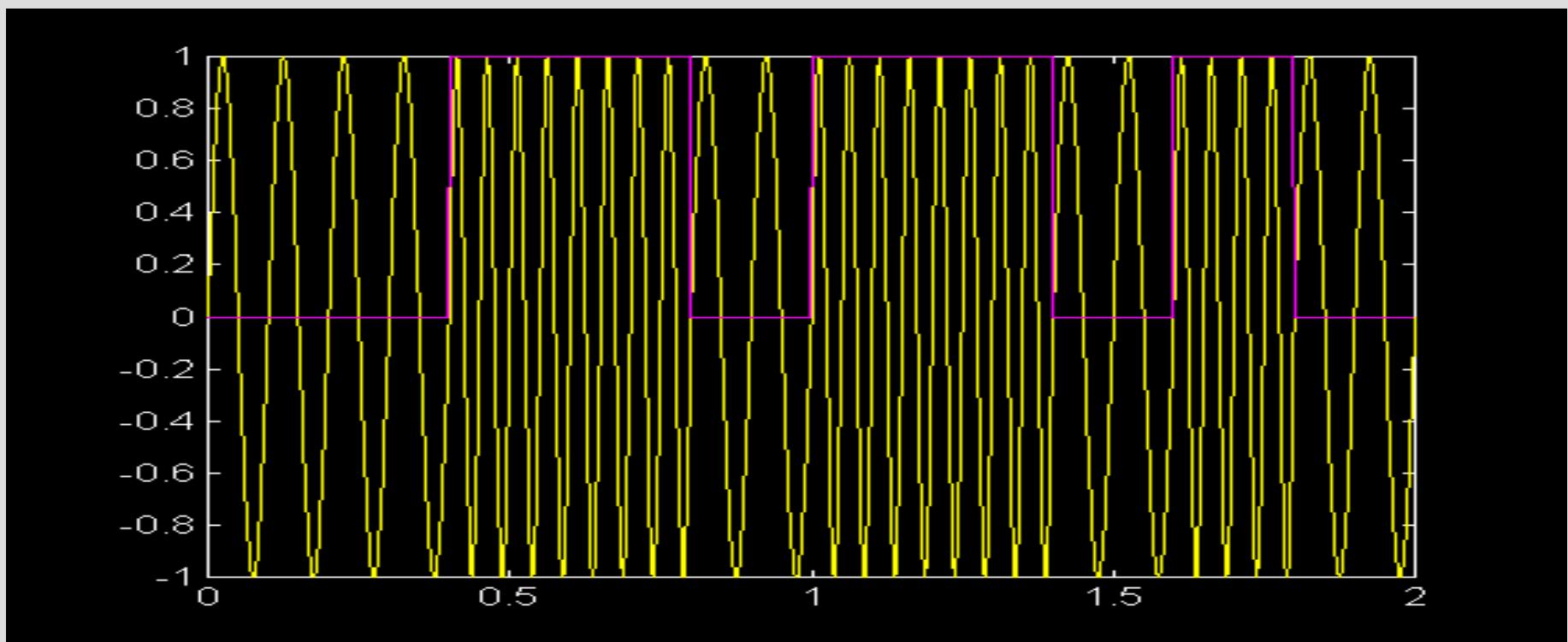
- **Modulation FSK** : Frequency Shift Keying ;
Modulation par Déplacement de Fréquence ;
- **Modulation ASK** : Amplitude Shift Keying ;
Modulation par Déplacement d'Amplitude ;
- **Modulation PSK** : Phase Shift Keying ;
Modulation par Déplacement de Phase ;
- **Modulation A+PSK** :
Modulation par Déplacement d'Amplitude et
de Phase.

Modulation FSK

- **Principe** : On transmet une sinusoïde d'amplitude constante et dont la fréquence varie selon la valeur des bits à transmettre.

Modulation FSK

- **Principe** : On transmet une sinusoïde d'amplitude constante et dont la fréquence varie selon la valeur des bits à transmettre.



Modulation FSK

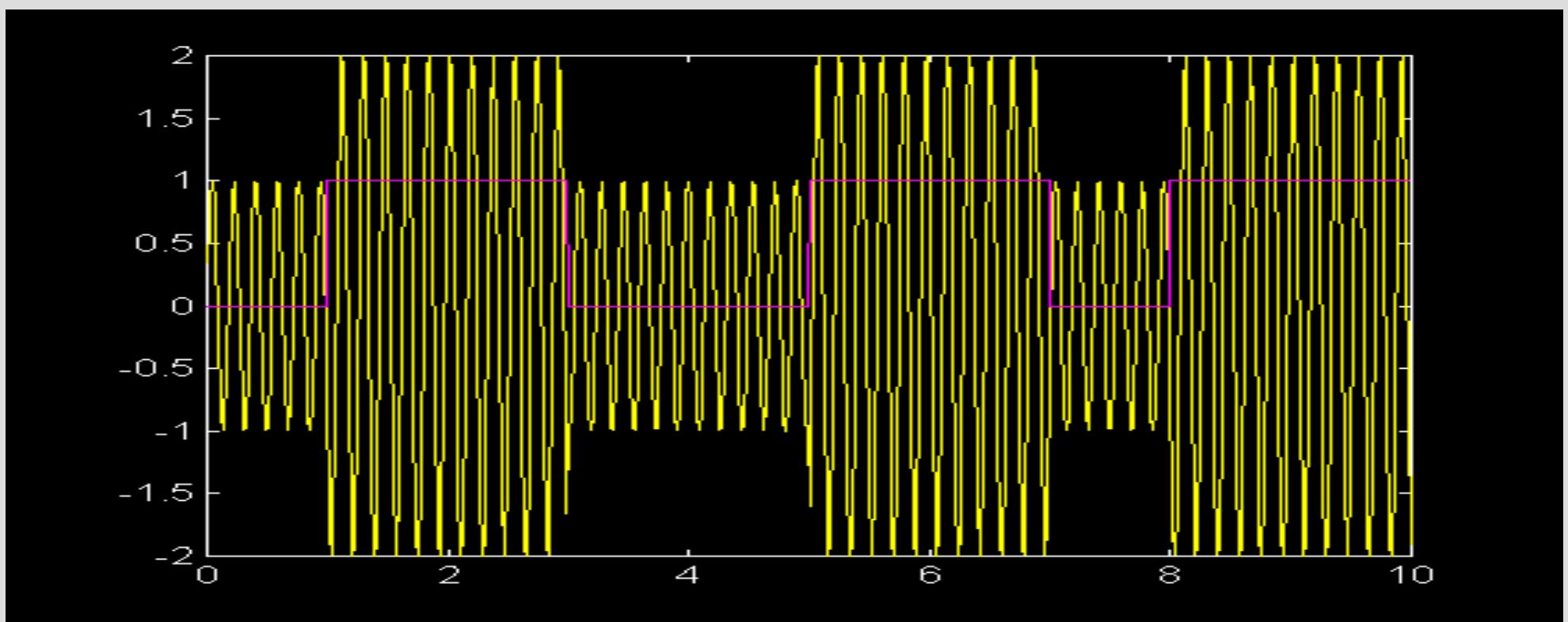
- Modulation :
 - commutateur + différents oscillateurs,
 - OCT commandé par un CNA en paliers (pas de discontinuité de phase) ;
- Démodulation :
 - PLL,
 - filtrage passe-bande.

Modulation ASK

- **Principe** : On transmet une sinusoïde de fréquence constante et dont l'amplitude varie selon la valeur des bits à transmettre.

Modulation ASK

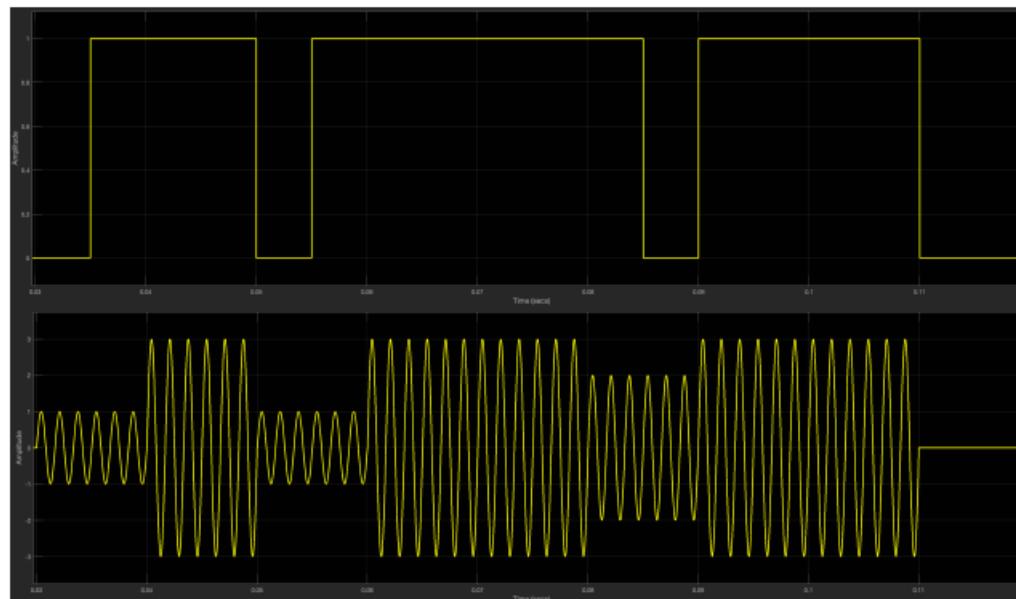
- **Principe** : On transmet une sinusoïde de fréquence constante et dont l'amplitude varie selon la valeur des bits à transmettre.



Modulation ASK

- On peut augmenter la valence !

Exemple de mapping pour une 4ASK	
Symboles numériques	Symboles de modulation a_k
00	0
01	1
10	2
11	3



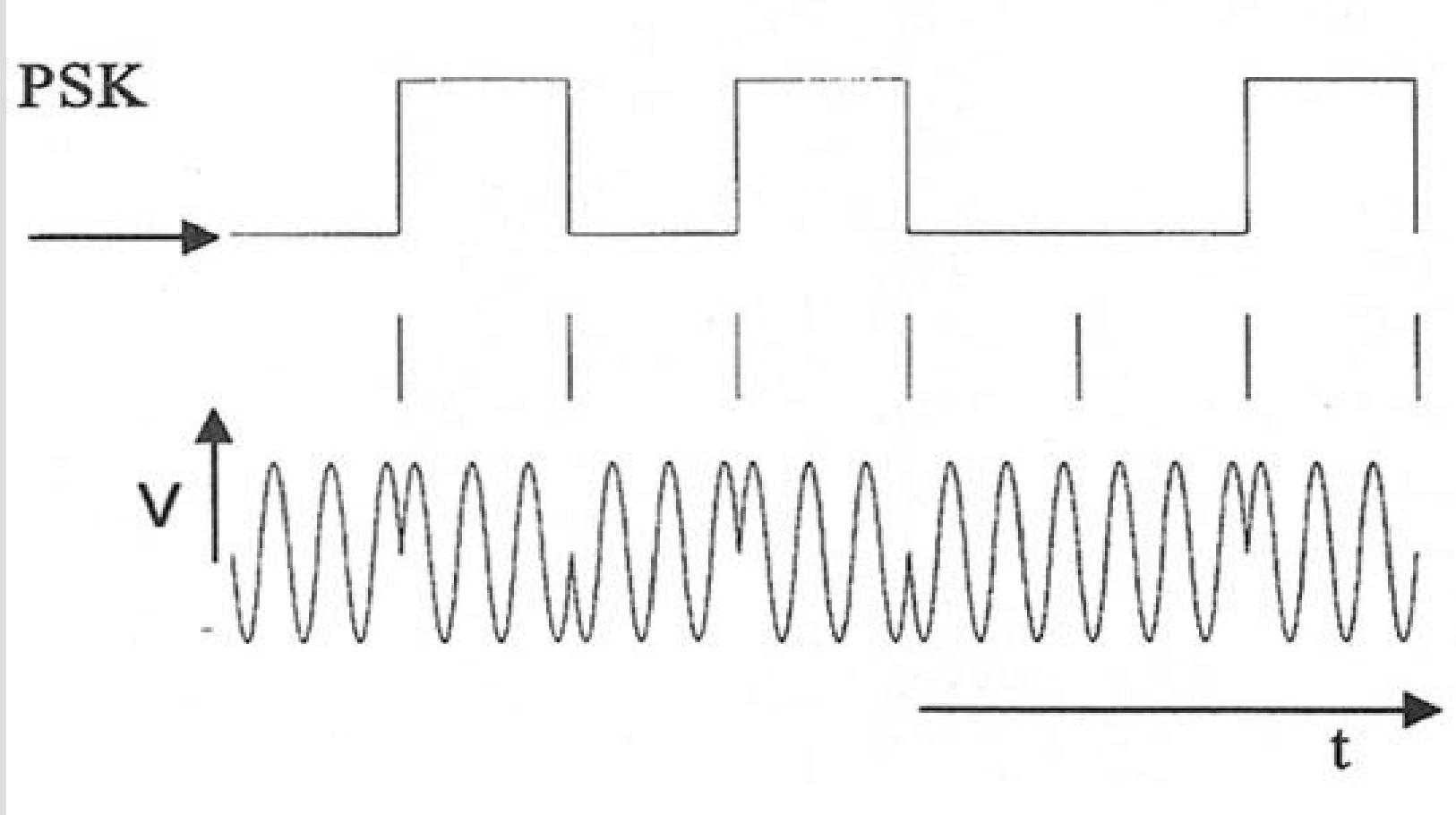
Modulation ASK

- Modulation :
 - multiplication du signal codé par la porteuse
- Démodulation :
 - détection d'enveloppe,
 - multiplication par la porteuse + filtre passe-bas

Modulation PSK et DPSK

- Elle consiste à transmettre une sinusoïde de fréquence f_p et d'amplitude A constantes dont **on fait varier la phase** d'un angle fixé selon la valeur des bits à transmettre.
- **PSK** : Différence de phase par rapport à une horloge de référence ;
- **DPSK** : Différence de phase par rapport à l'ITE précédent.

Modulation PSK



Modulation 4-PSK

Exemple de mapping pour une 4PSK

Symboles numériques	Symboles de modulation ϕ_k
00	$\pi/4$
01	$3\pi/4$
10	$7\pi/4$
11	$5\pi/4$

