



Supports de transmission

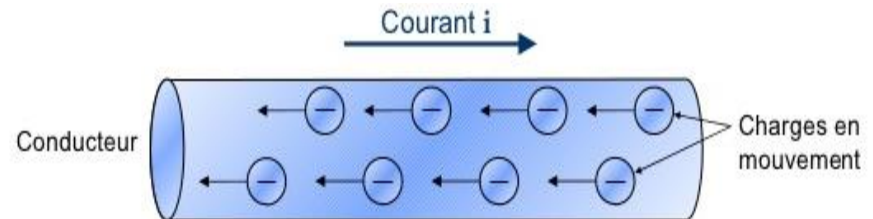
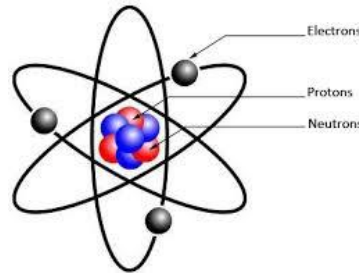
Filière SMP - Cycle Licence - Semestre 6



Grandeur physique agent de communication

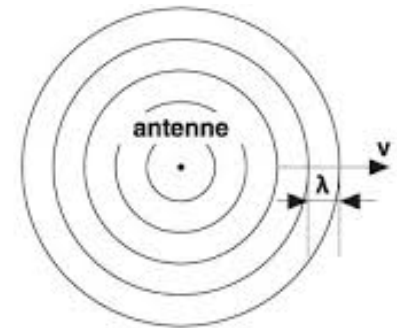
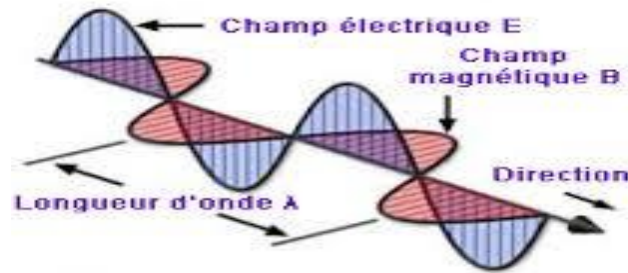
L'électron

➡ signaux électriques



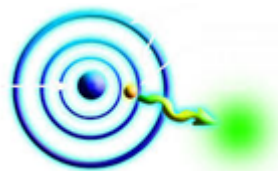
Les ondes électromagnétique

➡ ondes radio et micro-ondes



Le photon

➡ ondes lumineuses



Propagation guidée et non guidée

Propagation guidée

Propagation non-guidée



Câble

+

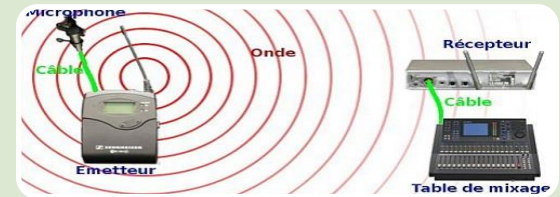
signal électrique



Fibre optique

+

faisceau lumineux



Air

+

onde électro-
magnétique

Types de supports de transmission

On classe généralement ces supports selon le type de grandeur physique qu'ils permettent de faire circuler :

Propagation guidée :

- Les **supports filaires** permettent de faire circuler une grandeur électrique sur un câble généralement métallique
- Les **supports optiques** permettent d'acheminer des informations sous forme lumineuse par réflexions multiples.

Propagation non guidée :

- Les **supports aériens** désignent l'air ou le vide, ils permettent la circulation d'ondes électromagnétiques ou radioélectriques diverses

Les supports filaires

- Câble coaxial :

Fil conducteur mono ou multi brins, entouré d'un isolant puis d'une tresse conductrice (ou feuille d'aluminium enroulée), le tout est enveloppé dans une gaine isolante et protectrice.

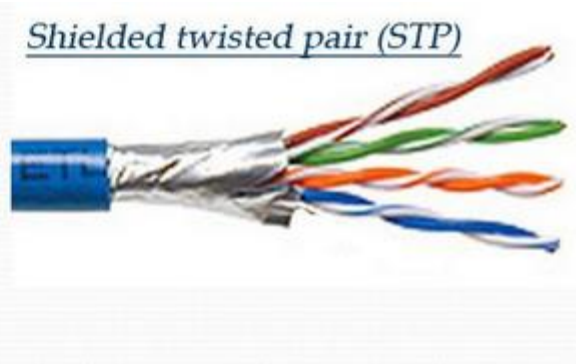
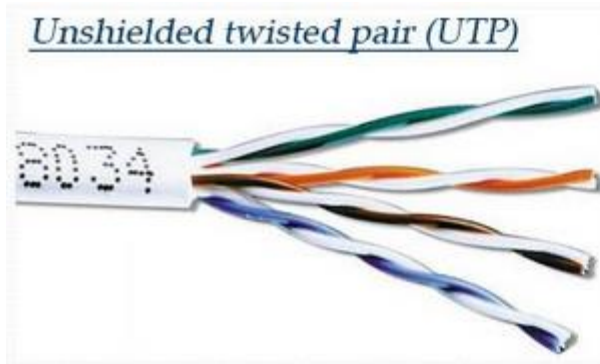


- débit : plusieurs centaines de Mbits/s voire 1 à 2 Gbits/s sur 1 km
- longueur maximale 500m
- réservé à des opérations de base (rigidité)
- coût moyen par nœud : peu coûteux mais,
- bonne protection contre les interférences et le bruit

Les supports filaires

- Paire torsadée non blindée UTP et blindée STP :

Deux conducteurs monobrins recouverts d'un isolant et torsadés l'un par rapport à l'autre. La paire torsadée blindée est entourée en plus d'un écran en aluminium (shield) de façon similaire à un câble coaxial.

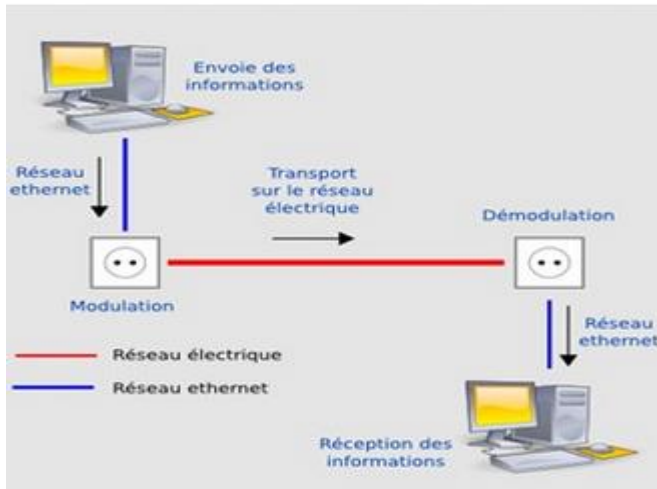


- flexibilité
- coût moyen par nœud : (STP) moyen, (UTP) le moins cher mais sensible aux bruits et interférences
- STP très utilisée (téléphone, réseaux locaux) mais,
- débit limité : < 100 Mbits/s
- longueur maximale 100m

Les supports filaires

- Courants porteurs en ligne (CPL) :

Le transfert du signal informatif se fait à travers les lignes d'alimentation électrique.

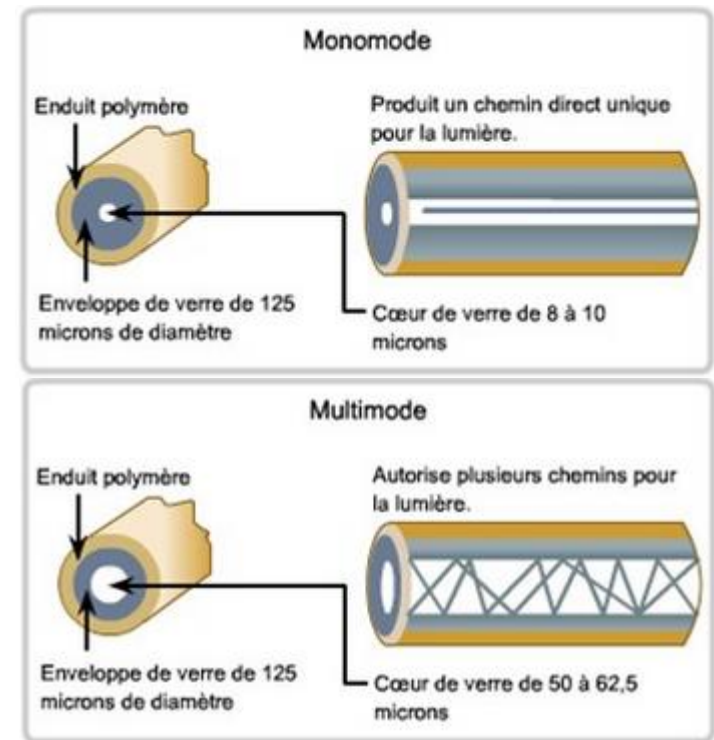
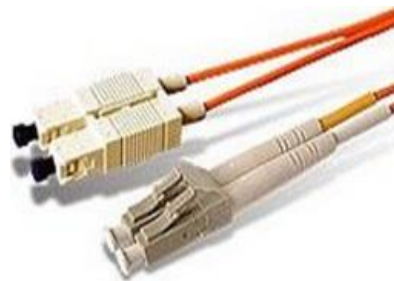
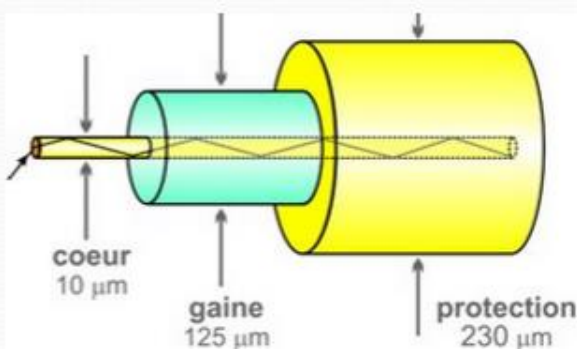


- pas nécessaire de réaliser une opération de câblage souvent coûteuse : le CPL utilise le réseau électrique existant
- peut coexister avec du Wi-Fi et du câblage Ethernet mais,
- débits (10 à 14 Mbps) non suffisants pour répondre à la forte utilisation de bande passante
- sécurité : n'est pas non plus le point fort du CPL
- distance maximale : de 200 voire 300 m

Les supports optiques

- **Fibre optique :**

Une fibre optique est un guide d'ondes cylindriques créé dans un matériau transparent (verre ou plastique) ayant la propriété de conduire la lumière.

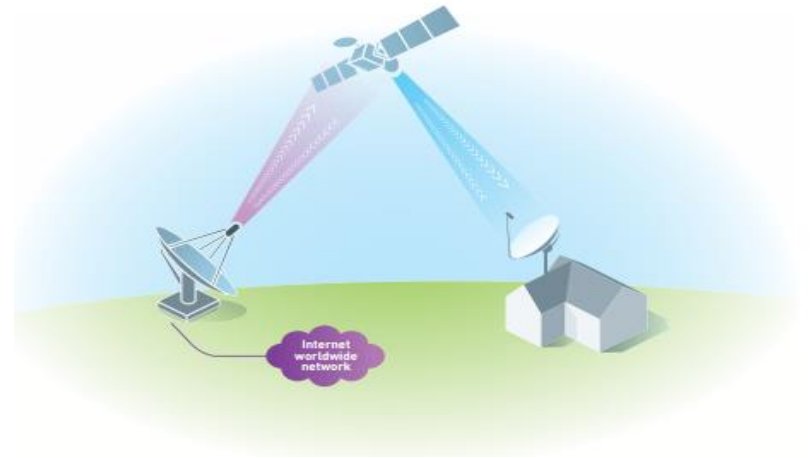
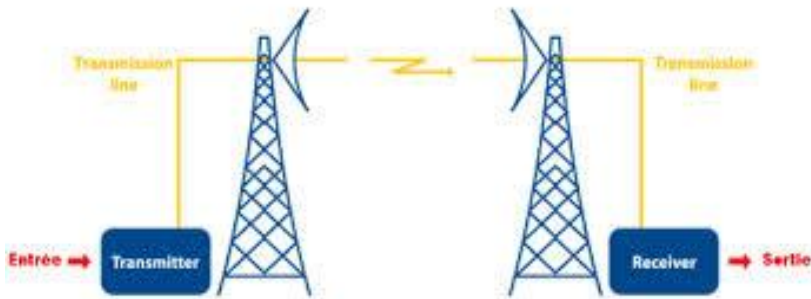


- coût moyen par nœud : le plus cher mais,
- légèreté, immunité au bruit, faible atténuation
- débit : > 100 Gbits/s
- longueur maximale : monomode 3000m, multimode 2000m

Les supports aériens

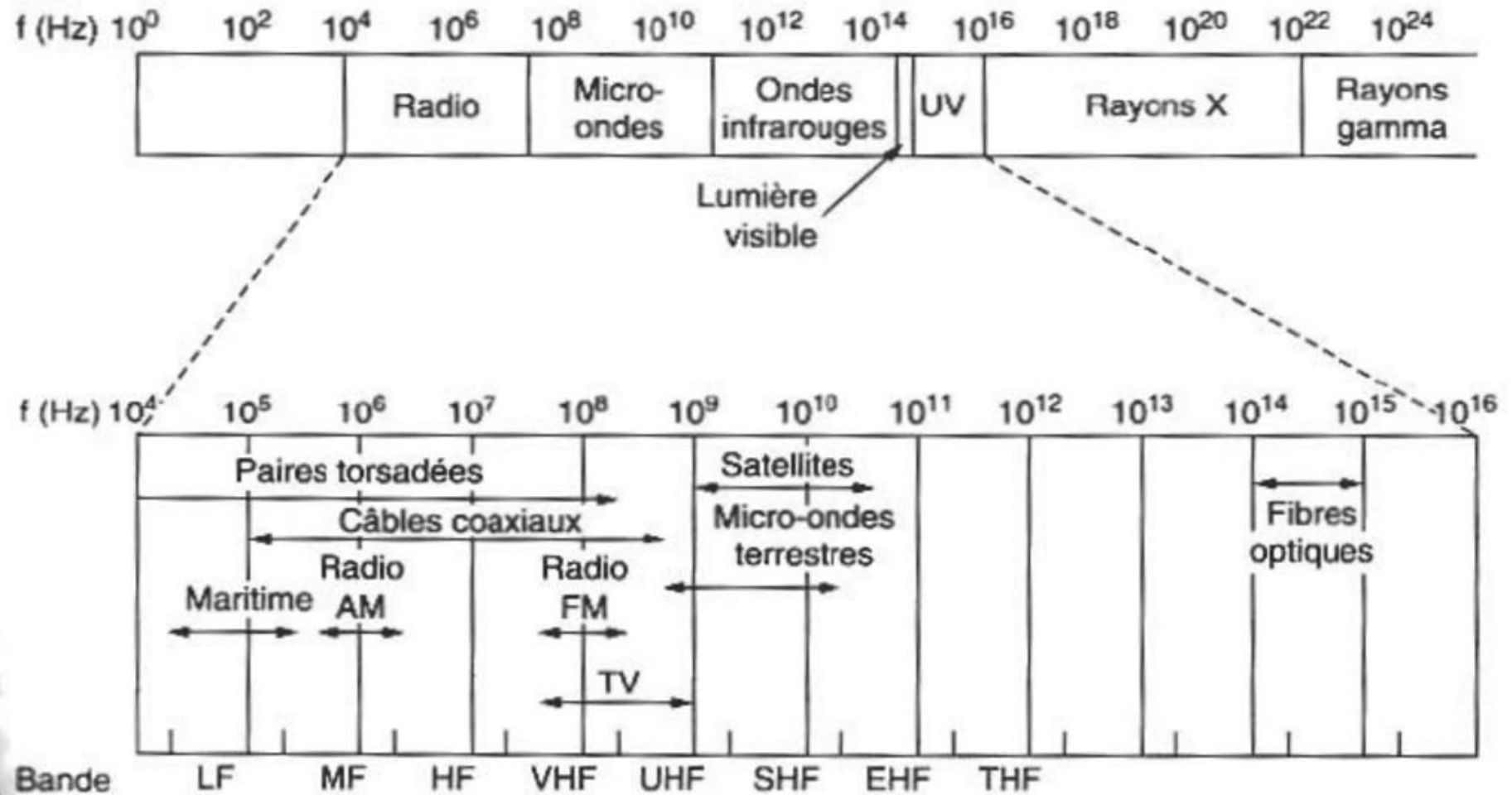
- Supports sans fil :

Ils transportent des signaux électromagnétiques à des fréquences radio ou micro ondes contenant l'information.



- coûts d'installation : faisceaux hertziens 10 x moins élevées / à la fibre optique en moyenne
- débit limité : jusqu'à 100Mbits/s
- mobilité
- facilité de déploiement mais,
- moins sécurisé
- sensibilité aux bruits et interférences
- portée : 50 à 100 Km (faisceaux hertziens), grande couverture géographique (Satellite)

Spectre électromagnétique et les bandes associées



Choix d'un support de transmission

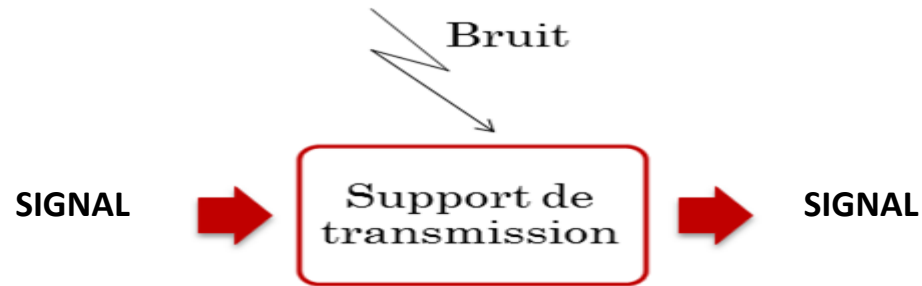
Le choix du support physique de transmission est une tâche très importante qui doit prendre en compte plusieurs critères parmi les quels on note :

- Distance maximum entre émetteur et récepteur
- Type de transmission (analogique ou numérique)
- Débit maximum supporté par la ligne de transmission
- Immunité au bruit
- Nature et volume des informations échangées (données, voix, image, vidéo ...)
- Connectique (type de connecteur ...)
- Coût
- ...

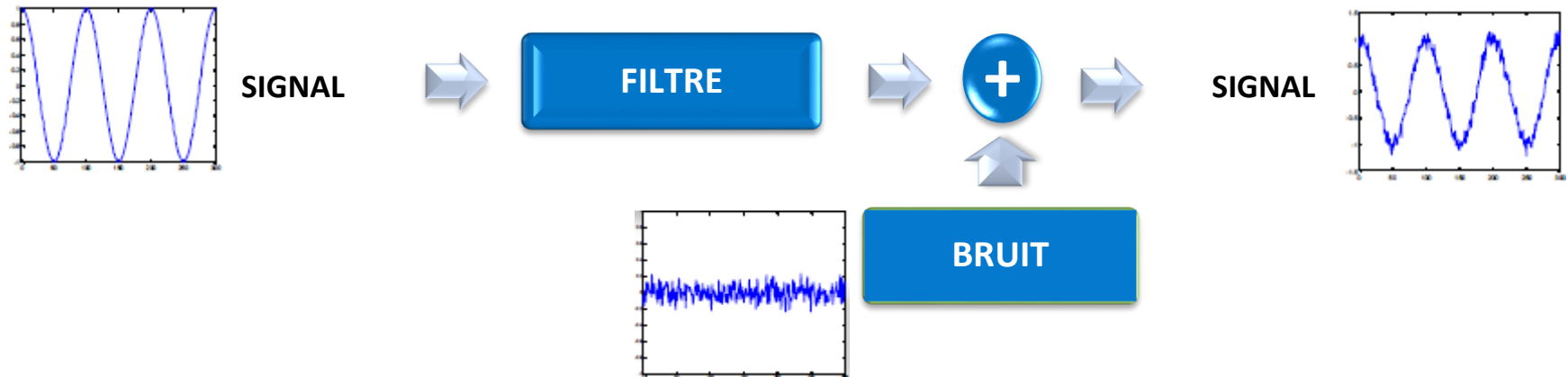
Exemples

Type	Bande passante	Utilisation
Paire torsadée	> 100 KHz	Téléphone, LAN
Câble coaxial	> 100 MHz	Télévision, LAN, MAN
Fibre optique	> 1 GHz	LAN, MAN, WAN
Faisceaux hertzien	Variable	LAN, MAN
Satellites	X canaux (> 10 MHz)	WAN

Modélisation d'un support de transmission



≡



Définition et types de bruit

Le bruit est un signal perturbateur provenant du canal lui même ou de son environnement externe. Il a un comportement aléatoire et vient s'ajouter au signal véhiculant les informations provoquant ainsi les erreurs de transmission.

Bruit blanc :

Sa puissance est répartie uniformément dans toute la bande passante du support de transmission.

- Issu surtout de l'agitation thermique des électrons dans le conducteur électrique.

Bruit impulsif :

Sous forme de tensions perturbatrices de valeur élevée et de durée brève.

Les sources de bruit impulsif sont nombreuses, on cite par exemple :

- La diaphonie : une influence mutuelle indésirable entre signaux utiles transmis sur des conducteurs voisins.
- Les brusques variations de courant sur les lignes d'alimentations électriques.
- Phénomènes atmosphériques, solaires, ou autres

Affaiblissement au niveau du canal de transmission

- Un support de transmission atténue l'amplitude du signal qui le traverse.
- ➡ Perte de l'énergie du signal pendant sa propagation sur le support,

Longueur du canal ↗

Perte de l'énergie ↗

- Mesure : atténuation = $\frac{P_s}{P_e}$

P_s : puissance du signal à la sortie du support de transmission

P_e : puissance du signal à l'entrée du support de transmission.

- Il est courant d'exprimer l'atténuation en décibels (dB) sous la forme : $10 \log_{10} \frac{P_s}{P_e}$

Déphasage dû au canal de transmission

- Le déphasage implique un retard du signal reçu par rapport au signal émis dû au temps de propagation de ce signal de l'émetteur vers le récepteur.
- Phénomènes d'atténuation et de retardement subis par un signal sinusoïdal :

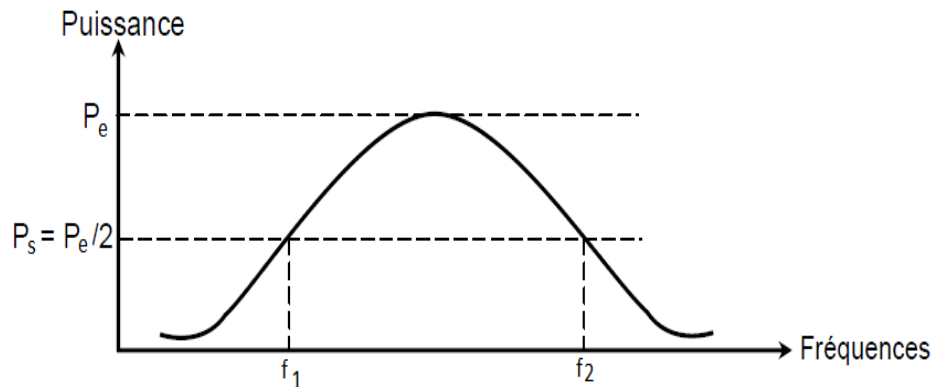


Bande passante d'un canal de transmission

Caractéristique essentielle d'un support de transmission, comportement similaire à un filtre : ne laisse passer qu'une bande limitée de fréquences.

Dans la pratique : $W = [f_1, f_2]$ est appelé bande passante à -3dB :

$$10 \log_{10} \frac{P_s}{P_e} = -3dB$$



Bande
passante
faible

(~1 MHz)

Bande
passante
grande

(~1 GHz)

Bande
passante
élevée

(~ des 10
GHz)

Bande
passante très
élevée

(~100 THz)

Exemple des effets d'un canal de transmission

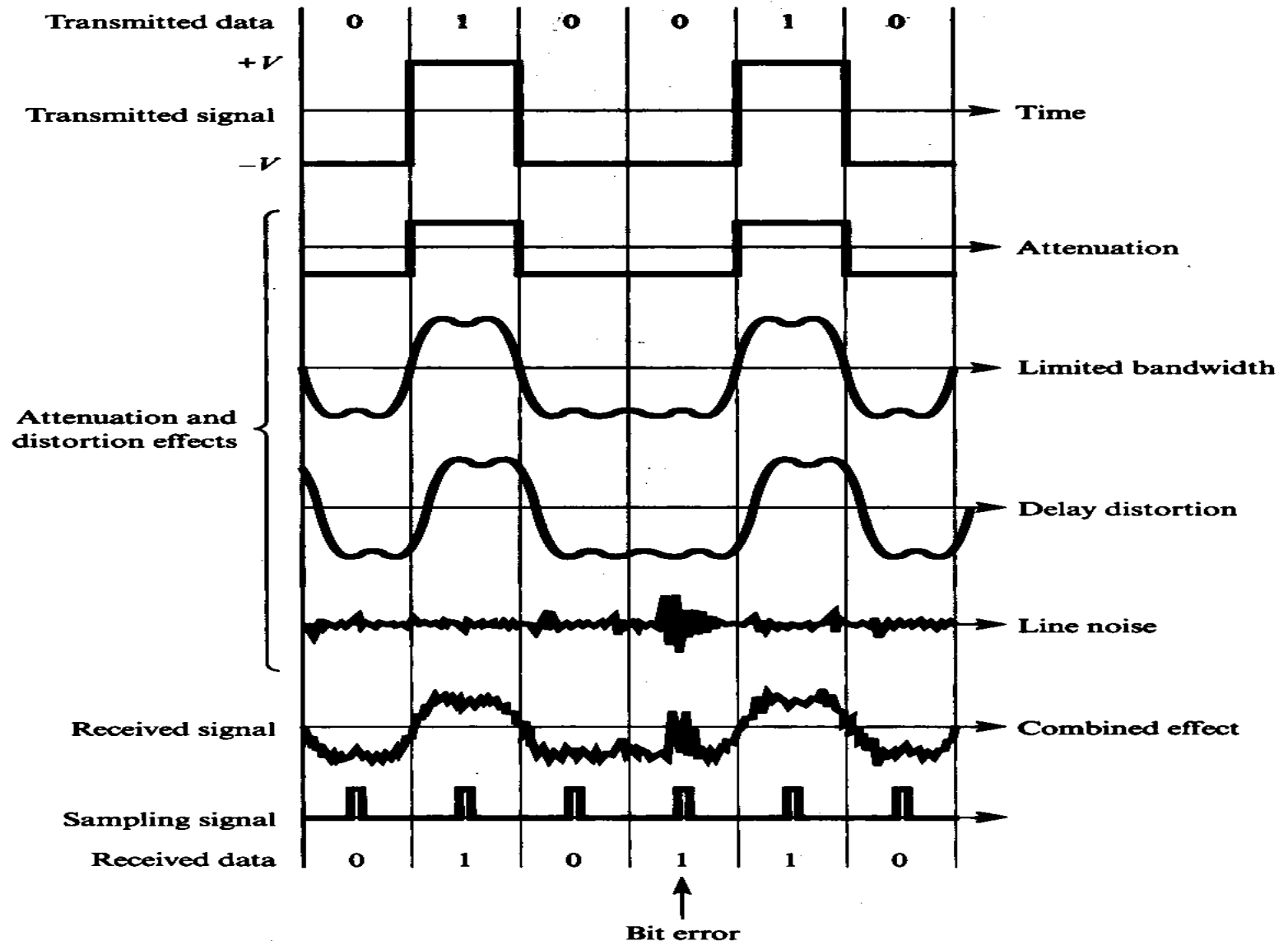
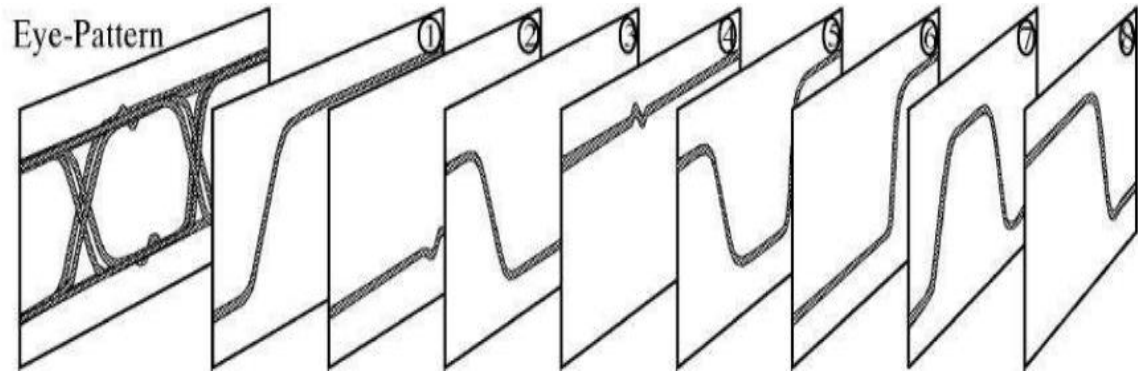
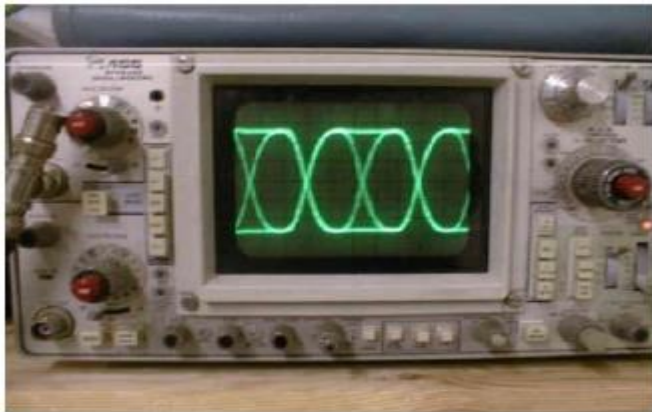


Diagramme de l'œil

Le diagramme de l'œil est un outil graphique permettant de visualiser la présence d'IES affectant une communication et de qualifier la qualité du signal numérique reçu :

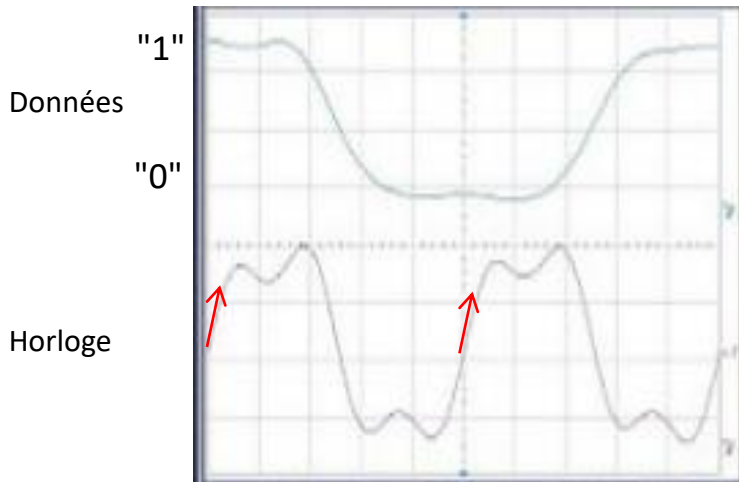


- Si l'on superpose les symboles successifs par paires sur un oscilloscope, on obtient le diagramme de l'œil.

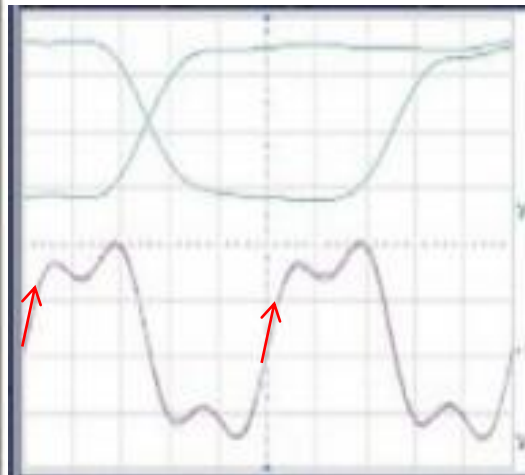
Diagramme de l'œil

Exemple :

Acquisition de la séquence de données 101
sur front montant de l'horloge



Acquisition de 2 séquences
superposées 101 et 011



Acquisition en répétitif de séquences
superposées donne naissance au
diagramme de l'œil

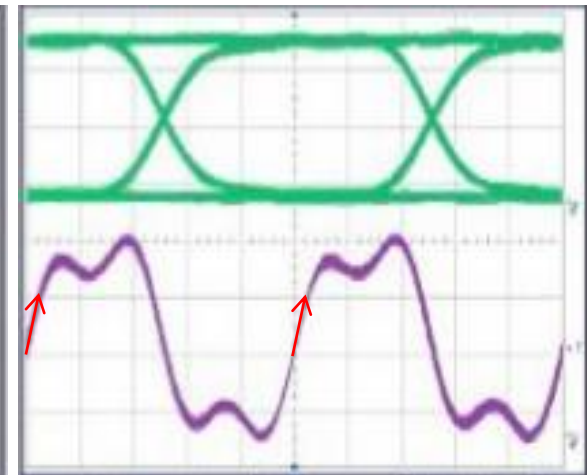
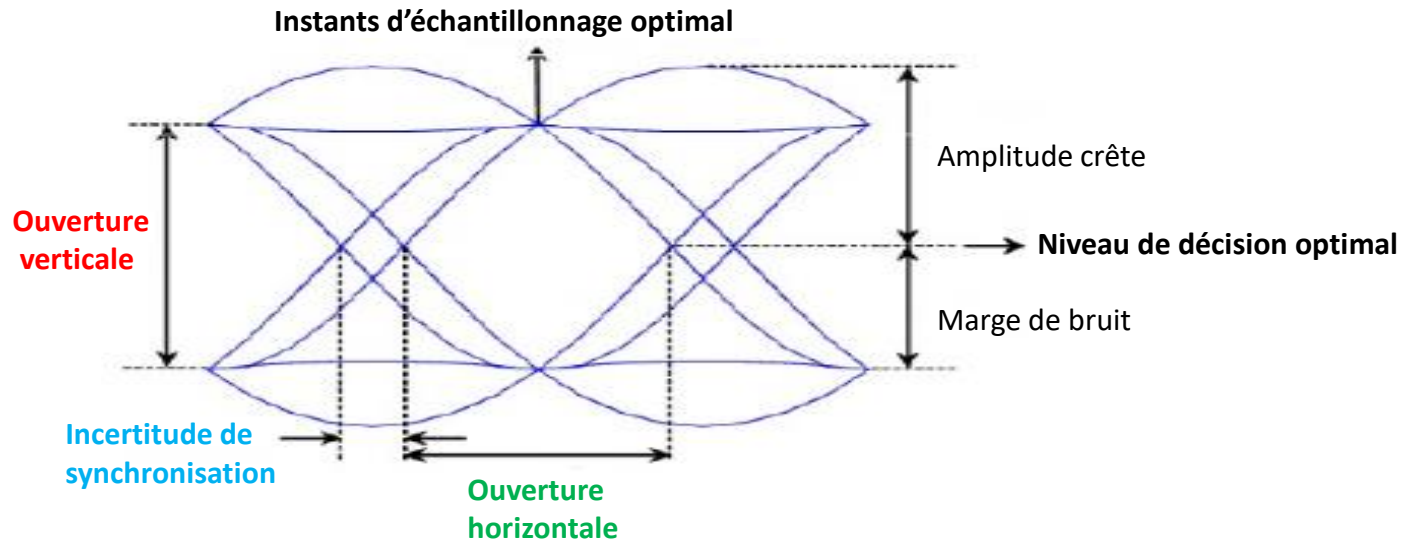


Diagramme de l'œil

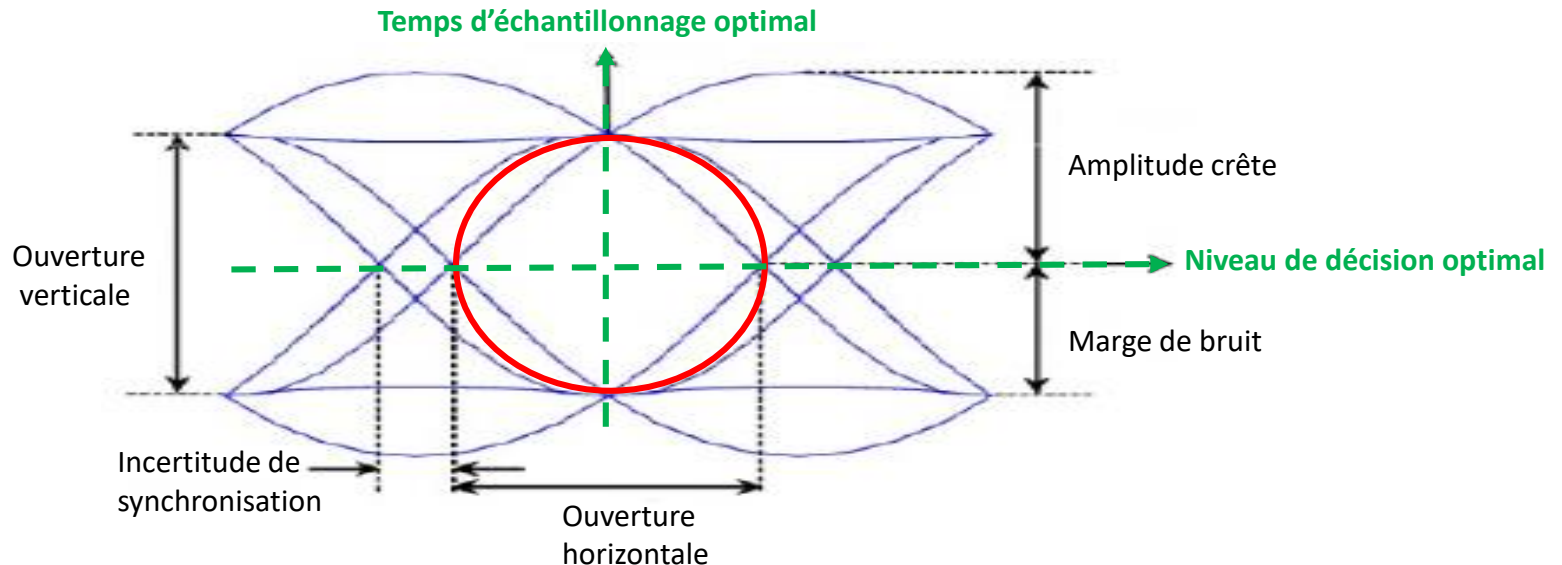
Le diagramme de l'œil met en évidence :



- une **ouverture verticale** (immunité au bruit),
- une **ouverture horizontale** (immunité au déphasage de l'horloge : intervalle de temps permettant un échantillonnage correct),
- une **incertitude de synchronisation** (amplitude de la gigue d'horloge du point de passage par zéro : effet produit lorsque les différents cycles de l'horloge passent par 0 à des instants différents).

Diagramme de l'œil

Le principe général est que plus l'aire centrale (fenêtre d'observation) est grande, plus la qualité du signal reçu est bonne :



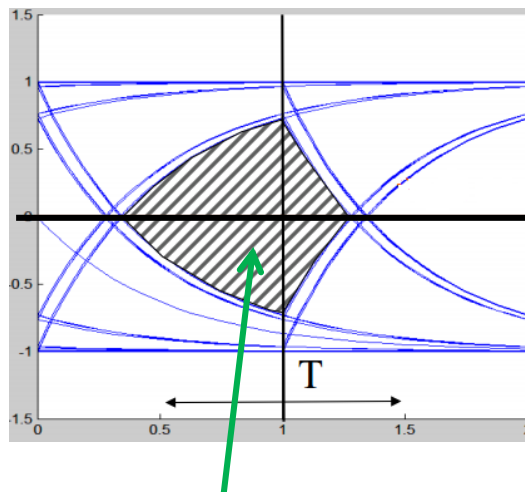
- La largeur est liée à la facilité à synchroniser et différencier les échantillons successifs
- La hauteur du lobe central traduit le rapport d'énergie entre le signal original et le bruit de canal.
- La largeur de la fenêtre d'observation est la durée d'un symbole (T)

Diagramme de l'œil

Influence du canal :

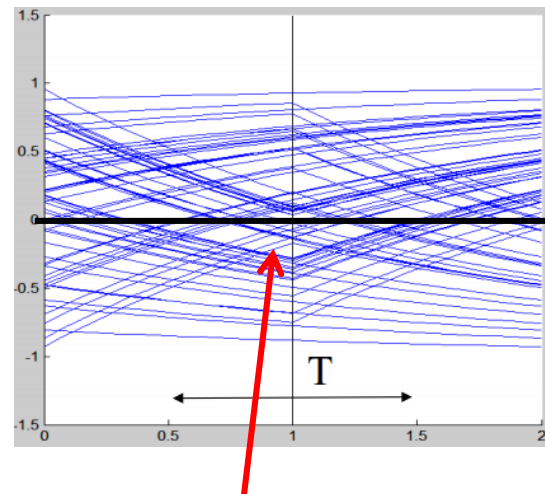
Modèle du canal \equiv filtre passe bas de fréquence de coupure f_c

$$f_c \sim 1/T$$



Fenêtre d'observation (œil)
 \Rightarrow Reconstitution possible

$$f_c < 1/T$$



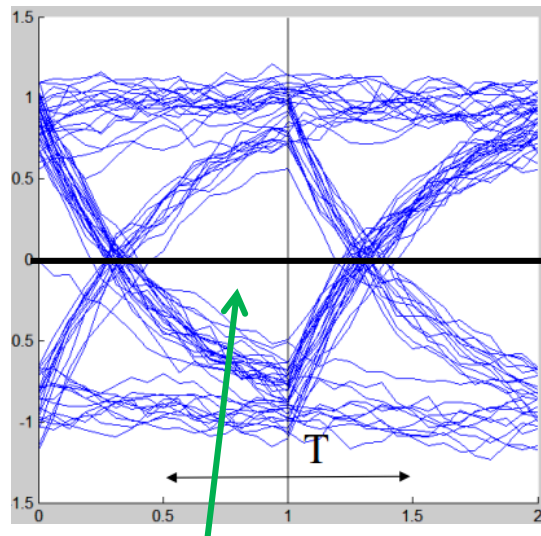
Pas de fenêtre d'observation
 \Rightarrow Reconstitution impossible

Diagramme de l'œil

Influence du bruit sur le canal :

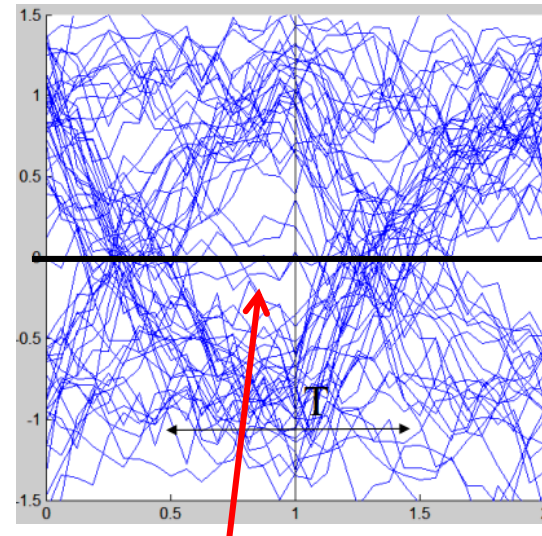
En présence de bruit, les contours sont moins nets et l'ouverture se réduit

SNR 20 dB



Fenêtre d'observation (œil)
⇒ Reconstitution possible

SNR 10 dB

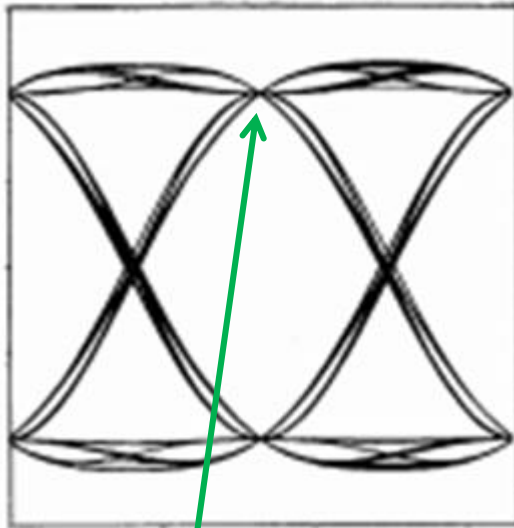


Pas de fenêtre d'observation
⇒ Reconstitution impossible

Diagramme de l'œil

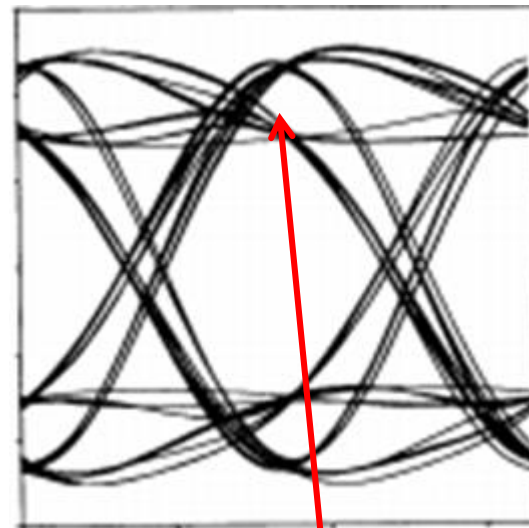
Influence de l'interférence entre symboles IES :

sans IES



Les courbes se croisent en un même point à l'ouverture maximale de l'œil

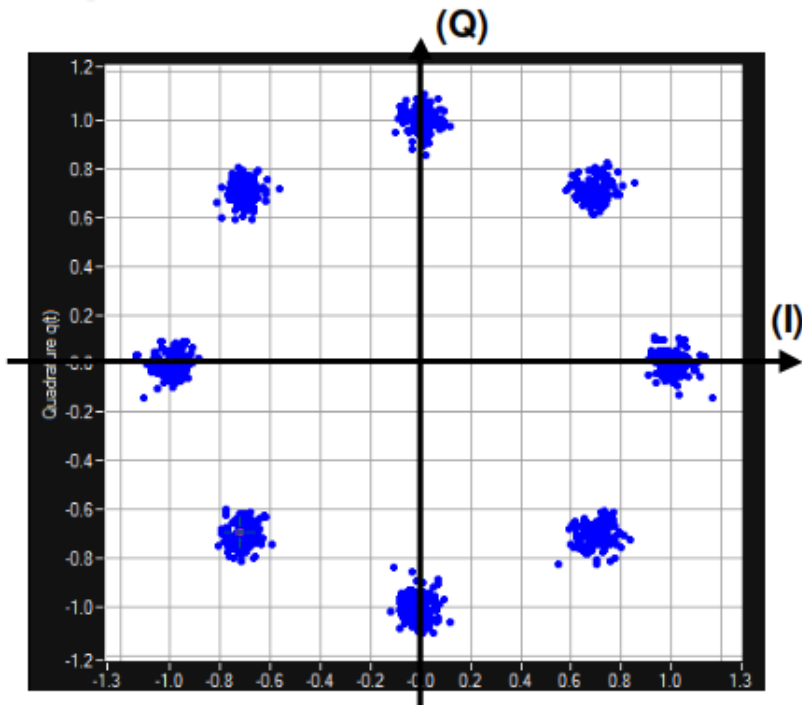
avec IES



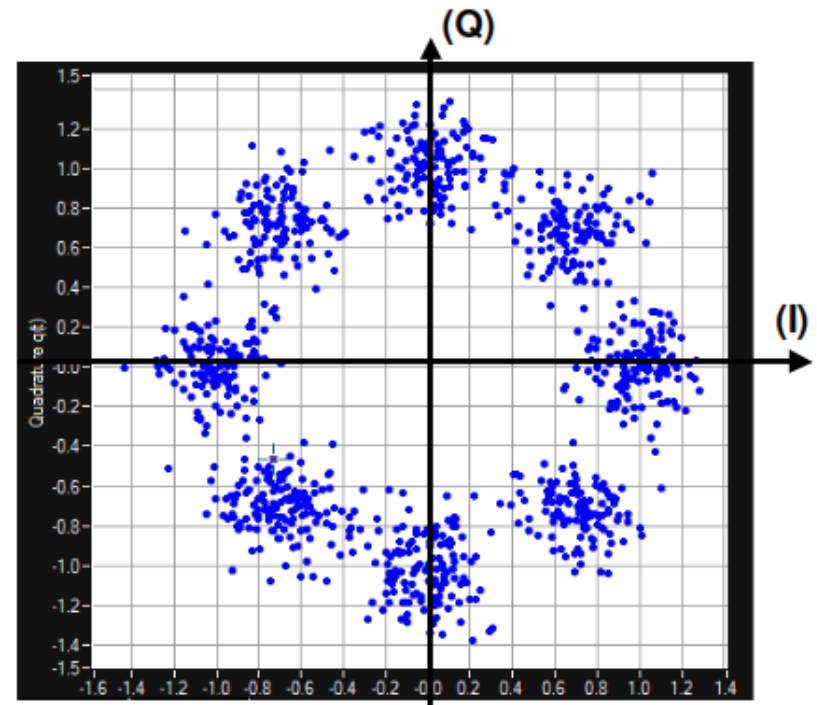
Les courbes ne se croisent pas en un même point

Influence du bruit sur les constellations

Exemple 8PSK- $\pi/8$ bruitée : fluctuation de l'amplitude et de la phase

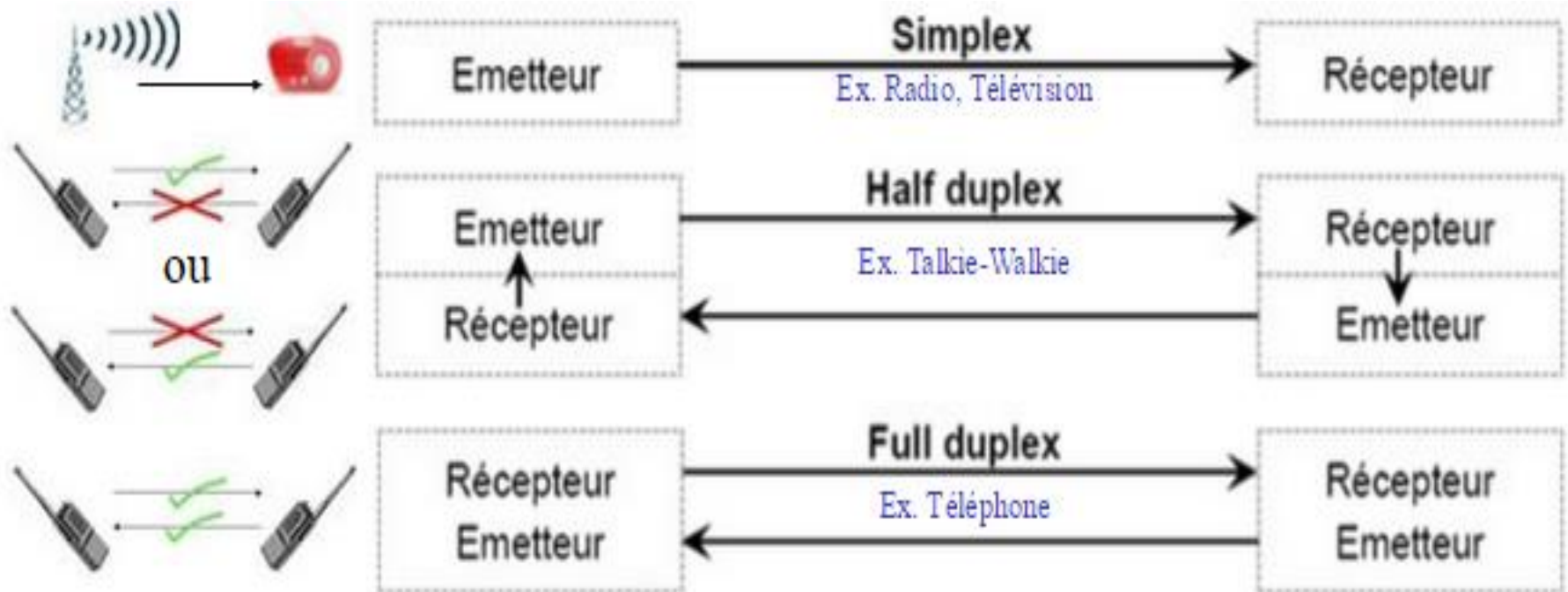


Constellation 8PSK avec rapport signal bruit de 25dB
les différents états sont bien séparés



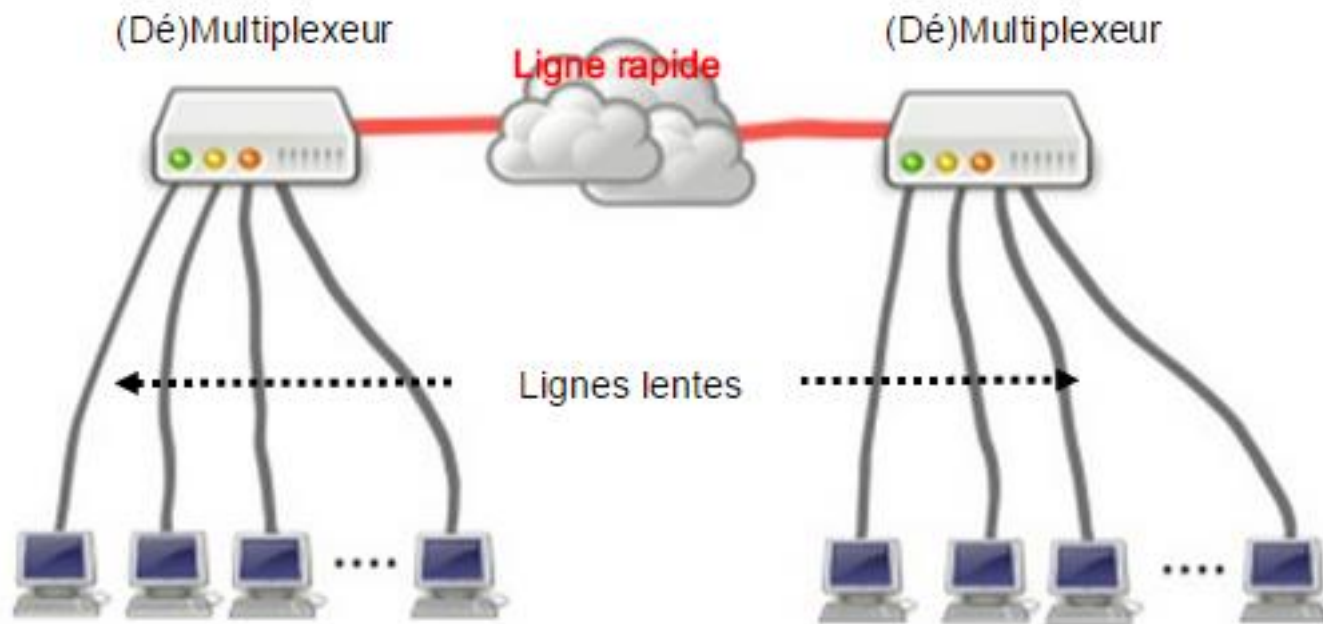
Constellation 8PSK avec rapport signal bruit de 15dB
la différenciation des états est difficile

Transmission simplex, duplex ou full duplex



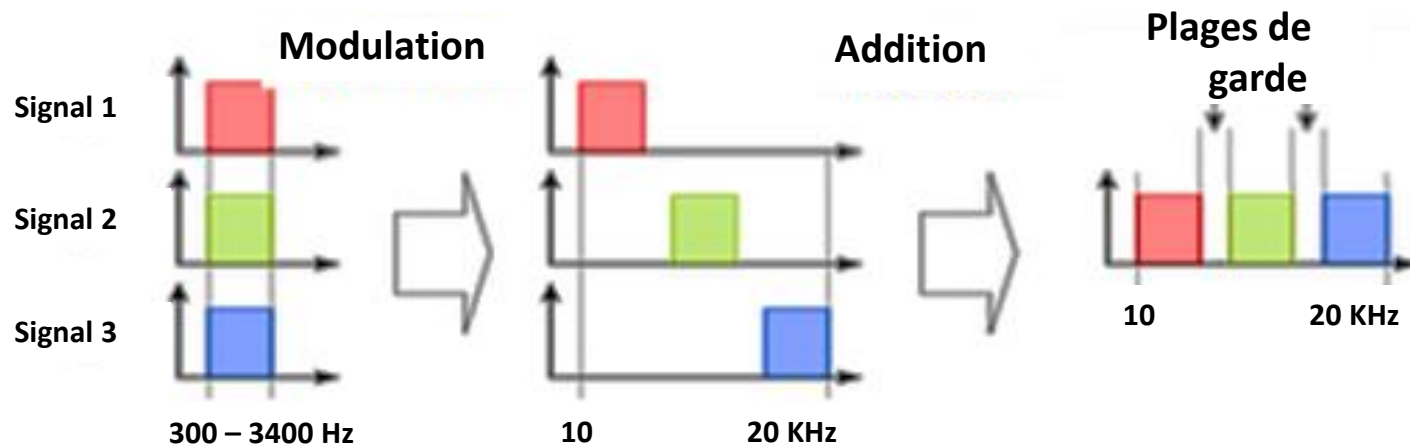
Notion de Multiplexage / Démultiplexage

L'objectif est de mieux utiliser la capacité et la bande passante d'un support de transmission donné :



Notion de Multiplexage / Démultiplexage

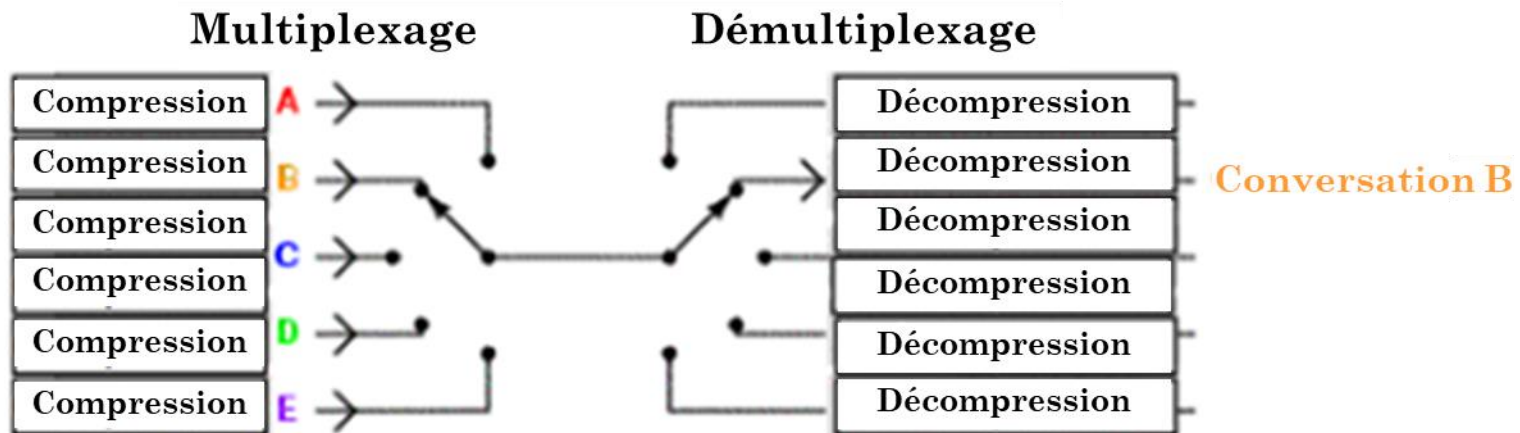
Multiplexage fréquentiel :



- Les données de chaque canal lent sont transmises sur une portion de la bande passante du canal rapide.
- Nécessité d'une opération de modulation / démodulation au niveau de chaque sous-canal (canal lent).

Notion de Multiplexage / Démultiplexage

Multiplexage temporel :



- Les données de chaque canal lent sont transmises pendant une fraction du temps sur toute la bande passante du canal rapide.
- Nécessité d'une opération de compression / décompression des données de chaque sous-canal (canal lent).

Notion de Multiplexage / Démultiplexage

Multiplexage codé :



- Les différents canaux lents (sous-canaux) sont codés chacun avec un identifiant unique avant d'être envoyés simultanément sur le canal à haut débit.
- A la réception le décodeur aiguille chaque message selon son code.

Récapitulatif

- Les supports de transmission sont très variés (paires torsadées, câbles coaxiaux, fibre optique, sans fil...).
- La bande passante et le taux d'erreur sont les principales caractéristiques d'un support.
- À chaque extrémité, des modems (modulateurs-démodulateurs de signaux analogiques) ou des codecs (codeurs-décodeurs de signaux numériques) transmettent des signaux adaptés à la nature du support.
- Les techniques de transmission de données (en bande de base ou en bande transposée) adaptent au mieux les signaux aux caractéristiques des supports. Les techniques et les interfaces sont normalisées au niveau international.