

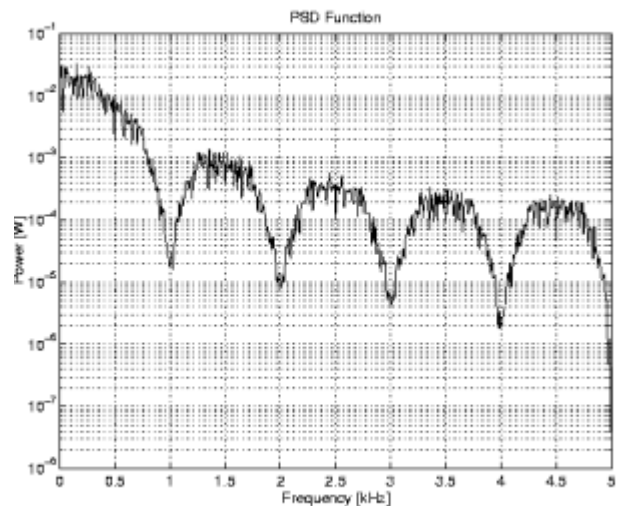
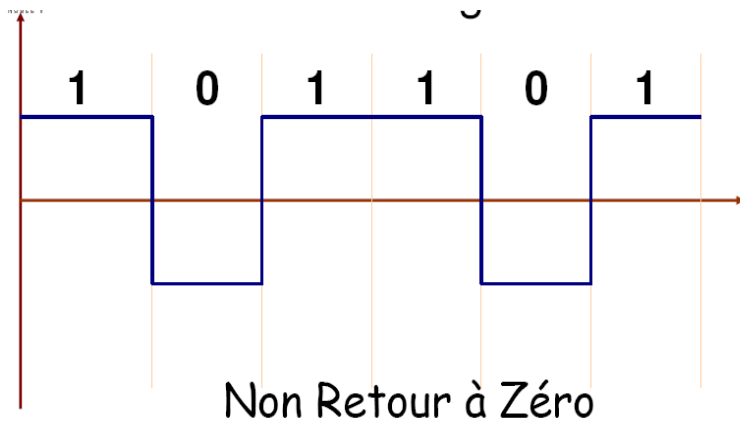
Chapitre 2 : communications numériques.

2) transmission d'un signal numérique en bande de base .

A) Différents codes en lignes :

Choisir un signal numérique en bande de base revient à :

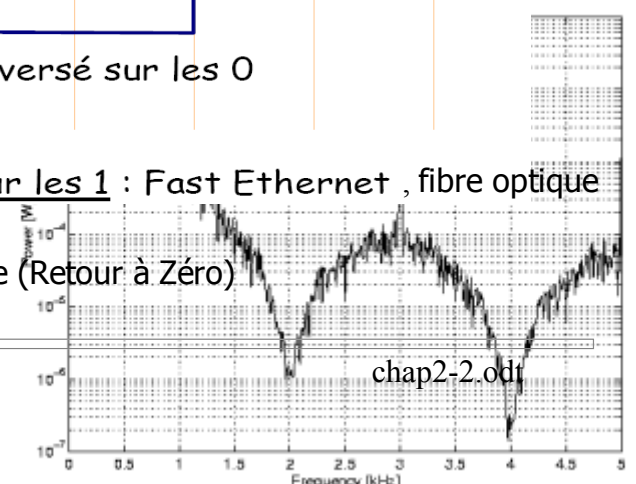
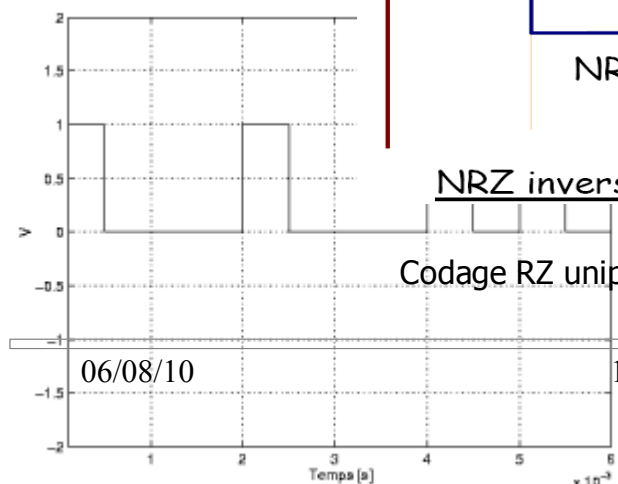
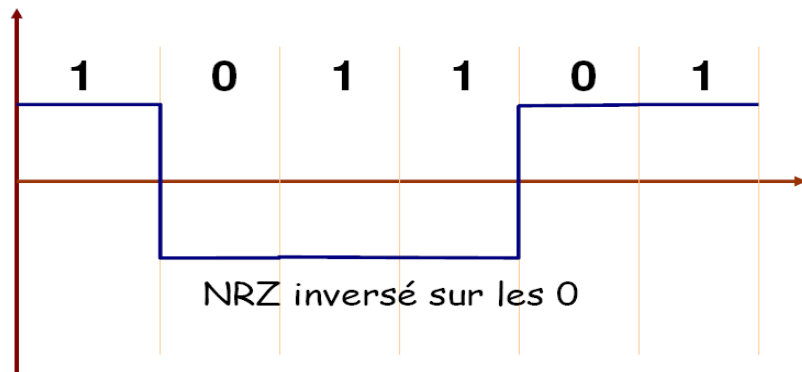
- choisir deux motifs différents pour représenter les éléments « 0 » ou « 1 ».
- choisir des motifs tels qu'on représente les transitions entre des « 0 » et des « 1 ».

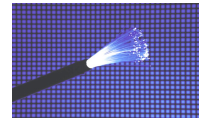


Caractéristiques :

- 
- 
- 
- 

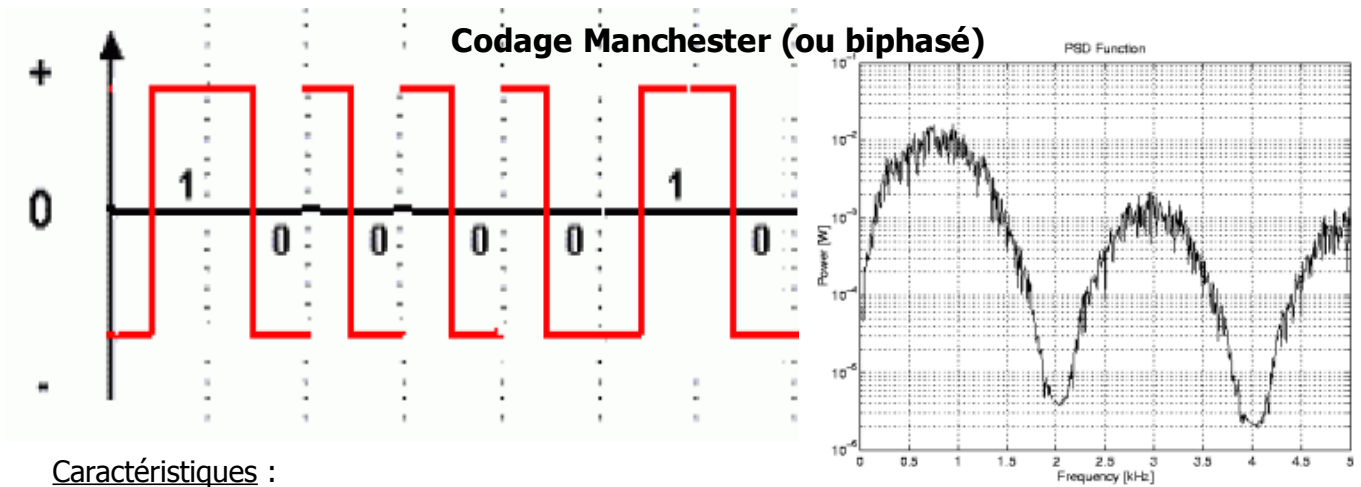
Variante du NRZ bipolaire :





Caractéristiques :

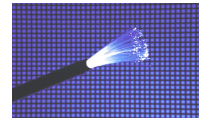
- 
- 
- 
- 



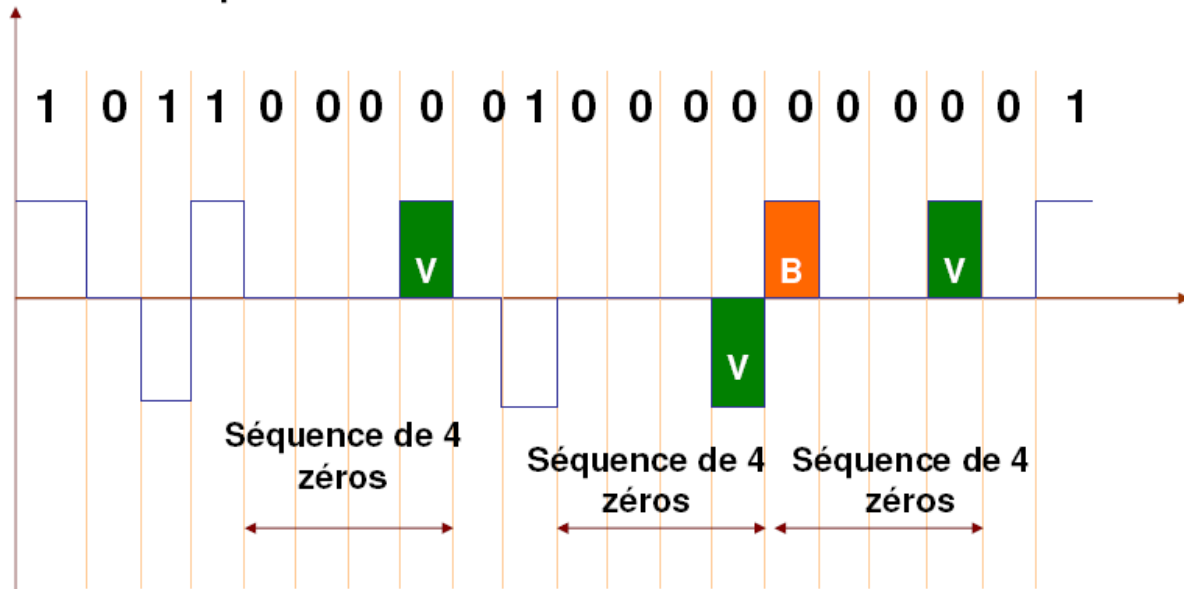
Caractéristiques :

- 
- 
- 
- 

»



- Solution au codage de longues suites de 0 :  
Exemple HDB3



Choix d'un code parmi d'autres : paramètres à considérer :

- la bande passante du support qui conditionne le débit.
- la sensibilité au bruit.
- les problèmes d'horloge.

Exemples d'utilisation des différents codes :

- NRZ bipolaire : liaisons RS422, RS485.
- Manchester : les transmissions de réseaux Ethernet en bande de base : 10Base5,..., Token Ring et les informations numériques du RDS (avant modulation de fréquence).
- HDB3 : réseau téléphonique numérique RTC.

### **B) Réception du signal et régénération du message numérique émis :**

Travail à effectuer :

- 
- 
- 
-

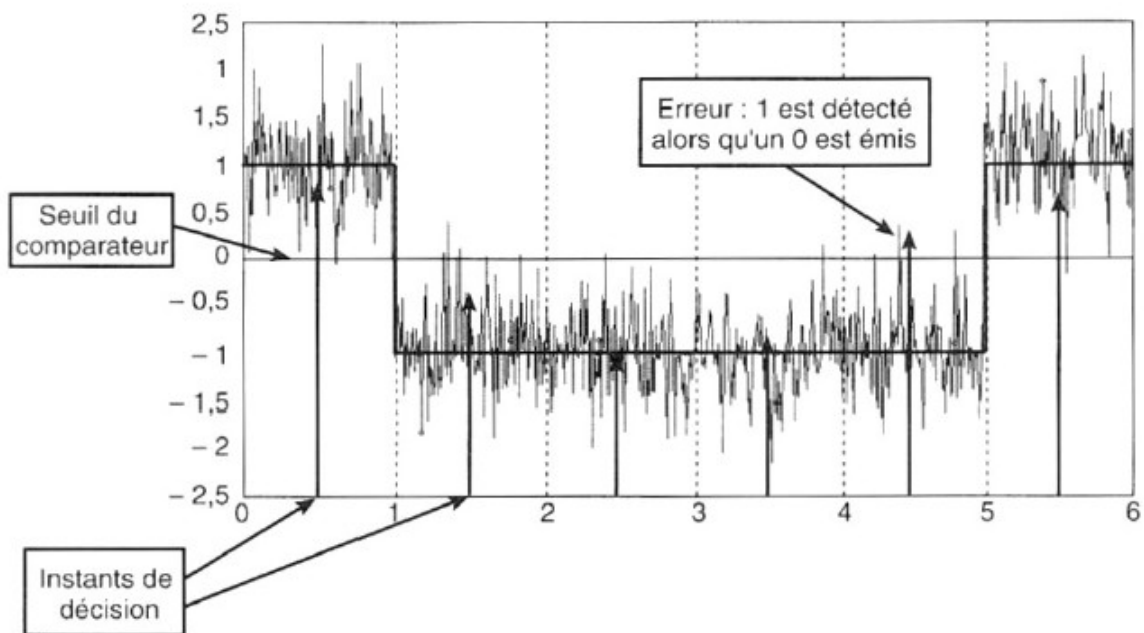
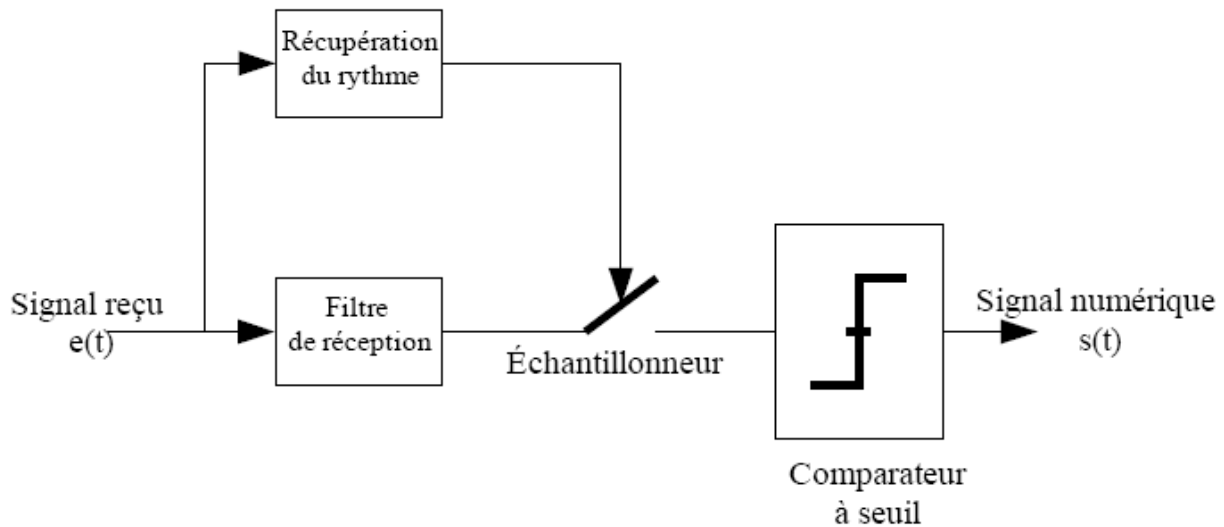
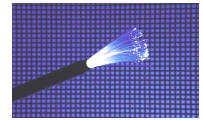


figure 8: Erreur sur une réception

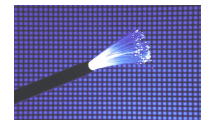
Le dispositif de récupération du rythme permet de fixer les instants de décision de l'échantillonneur. La récupération de rythme sera d'autant plus facile que le signal possède beaucoup de transition.

Par exemple en codage NRZ unipolaire, une longue suite de « 0 » ( ou de « 1 ») peut interrompre la récupération. Sur un code Manchester ou RZ bipolaire le risque est moins grand

Le comparateur à seuil  $V$  est tel que :

si  $x(t_0) > V$ ,  $s(t_0)$  correspondra à un « 1 »

si  $x(t_0) < V$ ,  $s(t_0)$  correspondra à un « 0 »



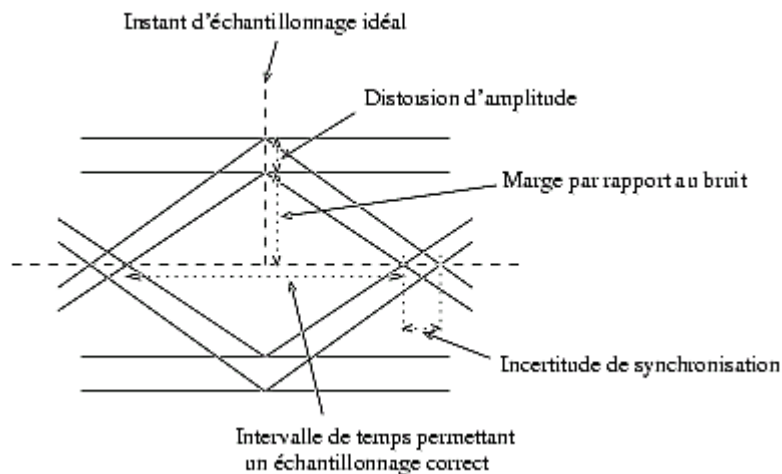
### C) Mesure de la qualité d'une transmission numérique : le diagramme de l'oeil.

Si l'on superpose les symboles successifs par paires sur un oscilloscope, on obtient le diagramme de l'oeil. Ce diagramme permet de vérifier expérimentalement l'effet d'une limitation de la bande passante. Mais il permet aussi de mesurer plus généralement la qualité du signal reçu.

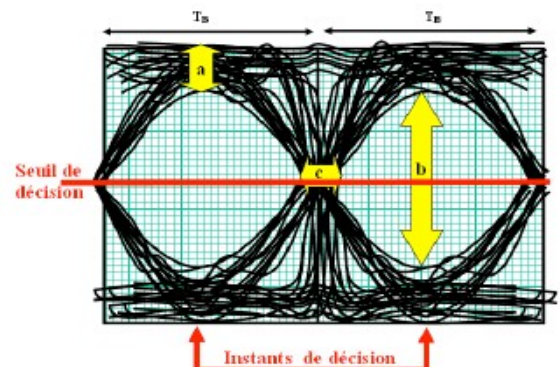
Réalisation du diagramme de l'oeil :

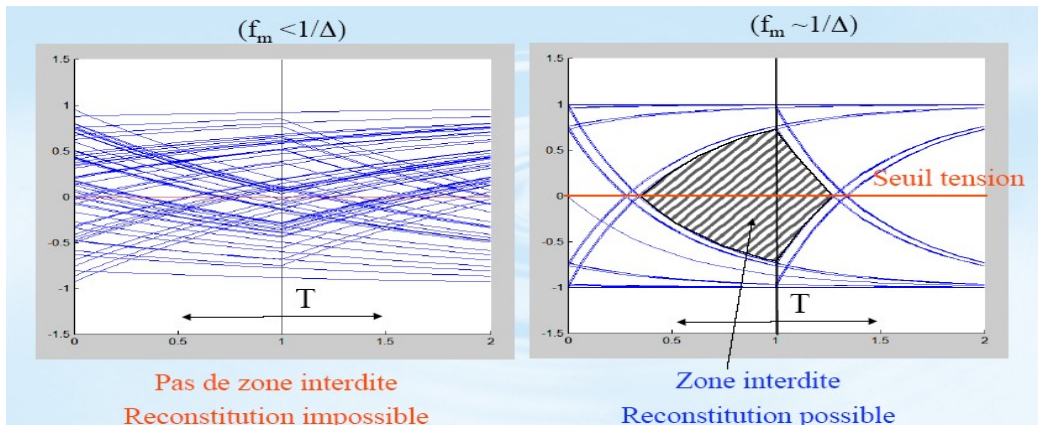
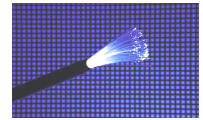


La figure ci-dessous montre toute une série de paramètres observables. Le principe général est que plus l'aire centrale est grande, plus la qualité du signal reçu est bonne. La **largeur** est liée à la facilité à synchroniser et différencier les échantillons successifs alors que la **hauteur** du lobe central traduit le rapport d'énergie entre le signal original et le bruit de canal.



Pour un canal de bande passante donnée, plus le débit augmente, plus l'oeil a tendance à se fermer. Le risque d'erreur augmente donc. En présence de bruit, les contours sont moins nets et l'ouverture se réduit, là aussi le risque d'erreur augmente.





**Interférence entre symboles (IES)** (en anglais ISI « inter symbols interference »)

La principale influence du canal de transmission sur le signal numérique va être l'étalement des impulsions. Cet étalement est lié à  $T_s$  (durée d'un symbole) et à la bande passante  $B$  du canal. La figure ci-dessous montre le phénomène d'interférence entre symboles

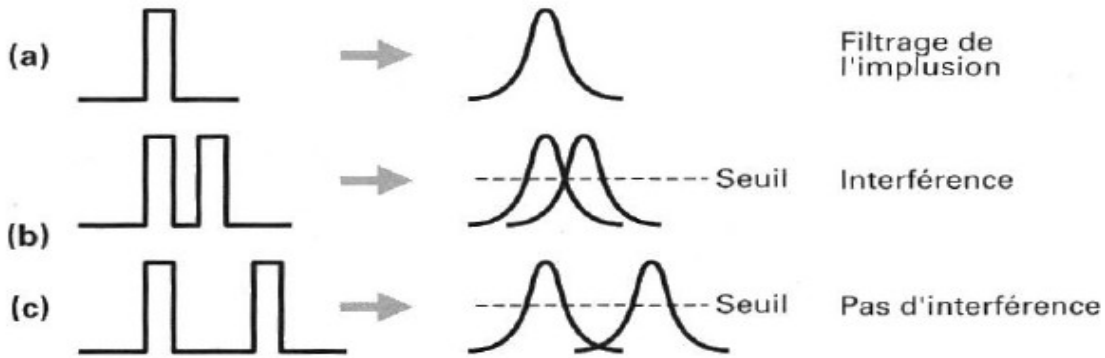


figure 11: IES

**Critère de Nyquist:**

On montre que la condition pour obtenir en réception un signal sans IES il faut que la condition

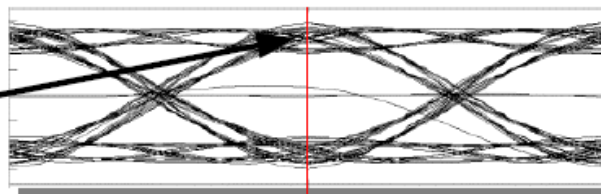
suivante soit respectée :  $B \geq \frac{1}{2 \cdot T_s}$  soit en fonction de la rapidité  $R = \frac{1}{T_s}$  :  $B \geq \frac{R}{2}$ .

Remarque: Ce critère est à rapprocher du théorème de Shannon pour l'échantillonnage.

La présence d'IES est visible sur le diagramme de l'œil

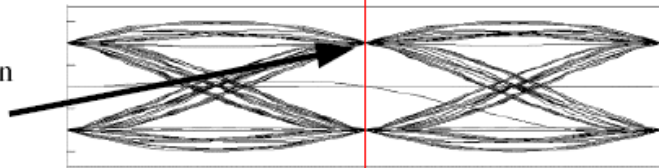
Transmission avec IES:

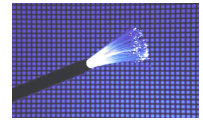
les courbes ne se croisent pas en un même point à l'ouverture maximale de l'œil



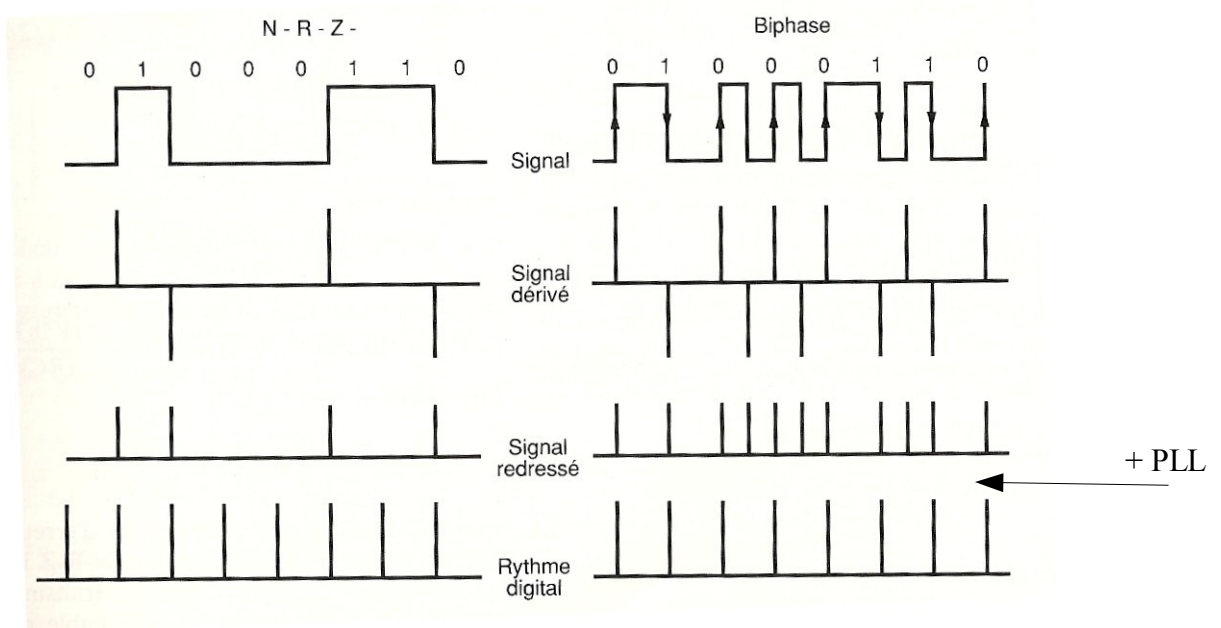
Transmission sans IES:

les courbes se croisent en un même point





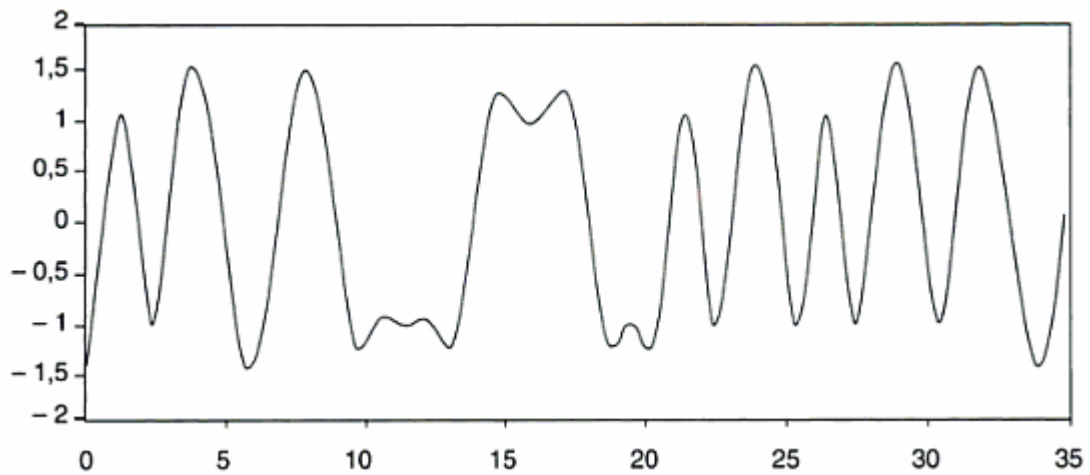
Récupération du rythme digital :



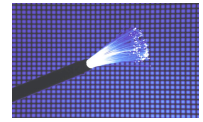
Filtre de réception :

Filtre idéal :

Exemple d'une suite binaire filtrée par un filtre passe-bas idéal de fréquence de coupure  $1/(2.T_s)$  :



Problème : impossible à réaliser physiquement.



En pratique, on utilise un filtre en cosinus surélevé (raised cosine) :

$$P(f) = \begin{cases} p(0)T_s & \text{pour } 0 \leq |f| < \frac{1-\alpha}{2T_s} \\ \frac{p(0)T_s}{2} \left[ 1 - \sin\left(\frac{\pi T_s}{\alpha} \left(f - \frac{1}{2T_s}\right)\right) \right] & \text{pour } \frac{1-\alpha}{2T_s} \leq |f| < \frac{1+\alpha}{2T_s} \\ 0 & \text{pour } \frac{1+\alpha}{2T_s} \leq |f| \end{cases}$$

$\alpha$  est le paramètre de roll off (compris entre 0 et 1).

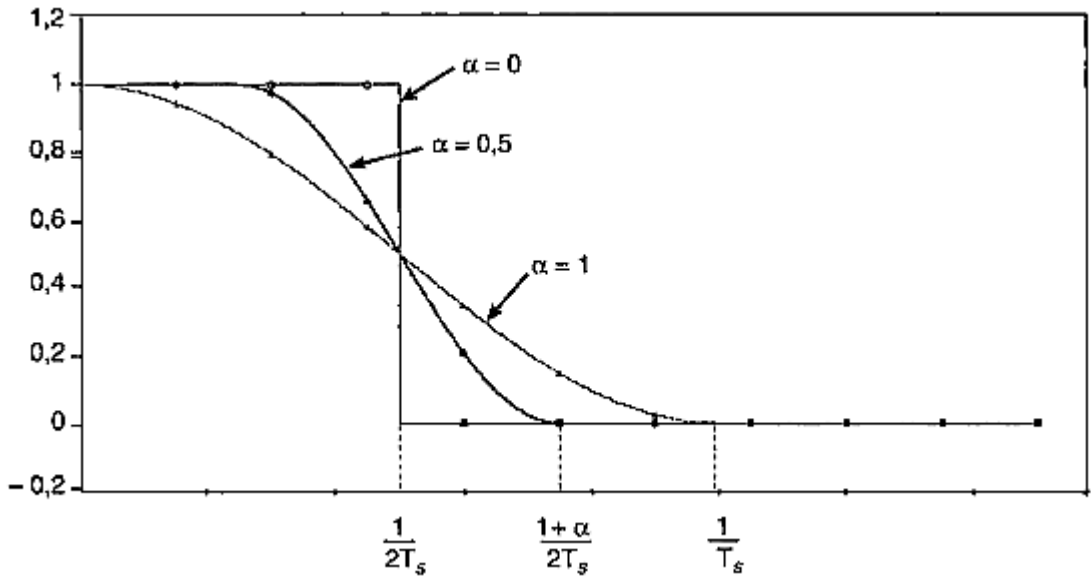


Diagramme de l'œil pour  $\alpha = 0,5$

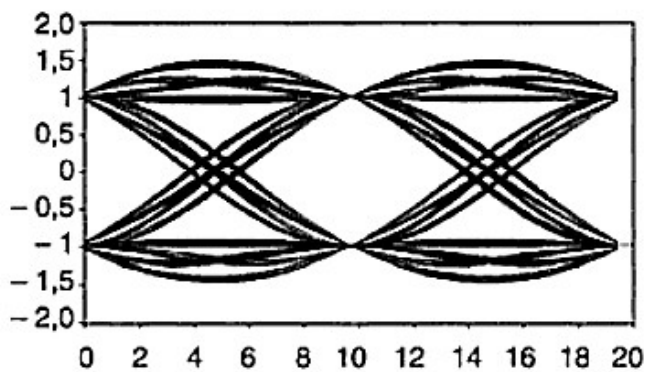


Diagramme de l'œil pour  $\alpha = 1$

