

Plan : : Les méthodes de codage numérique en bande de base

3.1 Introduction

3.2 Codages binaires

3.2.1 Codage NRZ (Non Retour à Zéro)

3.2.2 Codage biphasé ou (Manchester)

3.2.3 Codage CMI (Code Mark Inversion)

3.3 Codages à trois niveaux (ternaires)

3.3.1 Codage RZ (Retour à Zéro)

3.3.2 Codage AMI (Alternate Mark Inversion),

3.4 Codages à multi niveaux

3.4.1 Codage à quatre niveaux (2B1Q)

3.5 Réception et régénération du signal numérique

3.5.1 Principe de la régénération

3.5.2 Circuits de récupération d'horloge

3.5.3 Diagramme de l'oeil

3.6 Conclusions

3.1 Introduction

- Adéquation entre le codage en bande de base et la bande passante du canal transmission.
- Critères à optimiser
 - Le débit doit être maximisé
 - Reconstitution du signal d'horloge à la réception.
 - Une bande passante s'étendant jusqu'au continu ($f=0$) implique des solutions électriques plus complexes

Choix d'un mode de codage

Plan : : Les méthodes de codage numérique en bande de base

3.1 Introduction

3.2 Codages binaires

3.2.1 Codage NRZ (Non Retour à Zéro)

3.2.2 Codage biphasé ou (Manchester)

3.2.3 Codage CMI (Code Mark Inversion)

3.3 Codages à trois niveaux (ternaires)

3.3.1 Codage RZ (Retour à Zéro)

3.3.2 Codage AMI (Alternate Mark Inversion),

3.4 Codages à multi niveaux

3.4.1 Codage à quatre niveaux (2B1Q)

3.5 Réception et régénération du signal numérique

3.5.1 Principe de la régénération

3.5.2 Circuits de récupération d'horloge

3.5.3 Diagramme de l'oeil

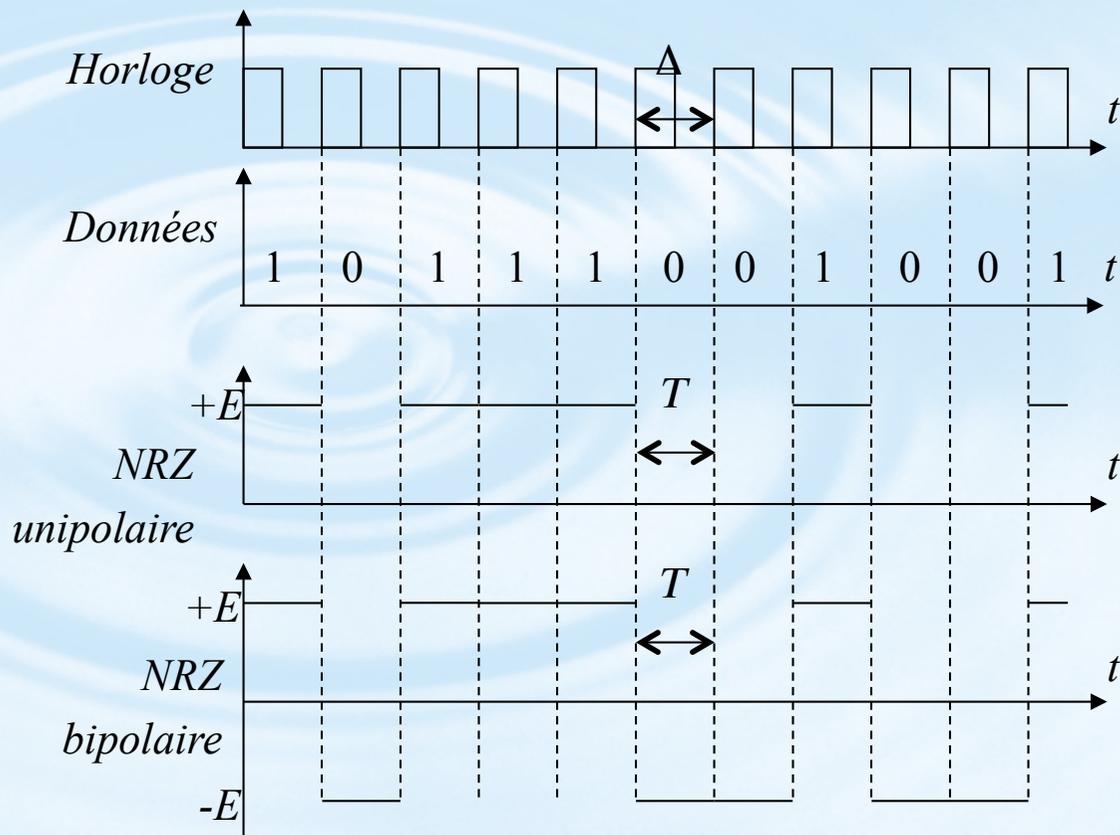
3.6 Conclusions

3.2.1 Codage NRZ

Principe

- Principe NRZ (Non Retour à Zéro)

Valeur logique	Tension unipol.	Tension bipolaire
« 0 »	0	-E
« 1 »	+E	+E



Remarque

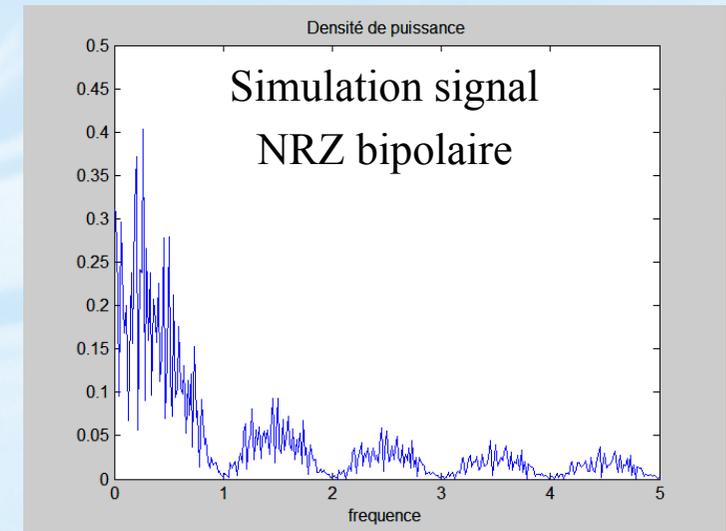
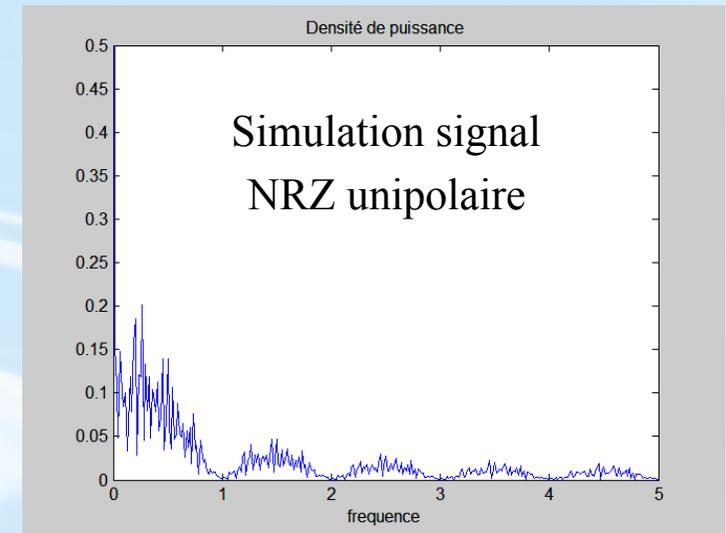
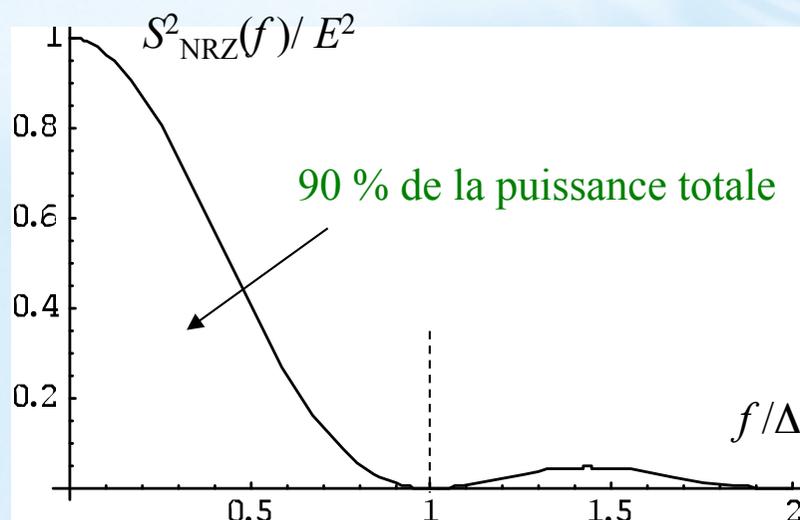
Codage utilisé usuellement par les circuits logiques

Exercice : Transmission NRZ de la chaîne « Do »

3.2.1 Codage NRZ

Spectre

- Densité spectrale de puissance d'une suite binaire aléatoire
 - Signal aléatoire → Spectre infini
 - de 0 à $1/\Delta$ → 90% de la puissance totale
 - Maximum de la puissance à $f=0$



3.2.1 Codage NRZ

Caractéristiques, pour & contre et applications

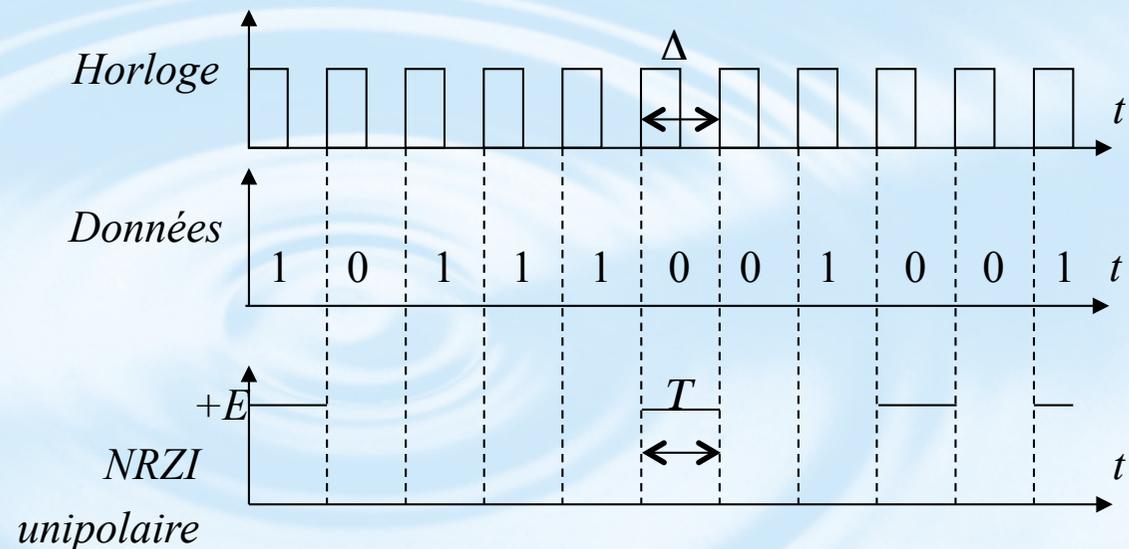
- Caractéristiques
 - Débit : $D = 1/\Delta$ ($v=2$ et $k=1$)
 - Bande passante : $BP = 1/\Delta$
- Avantages / Inconvénients
 - Simple à mettre en œuvre
 - Bon rapport S/N (en bipolaire)
 - Perte de la synchronisation sur les séquences de bits identiques
 - Le canal doit passer le continu
 - Nécessité de maintenir la polarité (repérer les fils)
- Applications
 - Normes V24, RS421, RS422, RS485

3.2.1 Codage NRZ

Variante NRZI

- Principe NRZI (No Return to Zero Inverted on Space)

Valeur logique	Tension unipol.
« 0 »	Inversion
« 1 »	Maintien



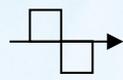
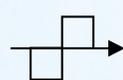
- Codage binaire par présence ou absence de front
- Le spectre du codage NRZI est identique à celui d'un signal NRZ
- Intérêt : La polarité peut être modifiée

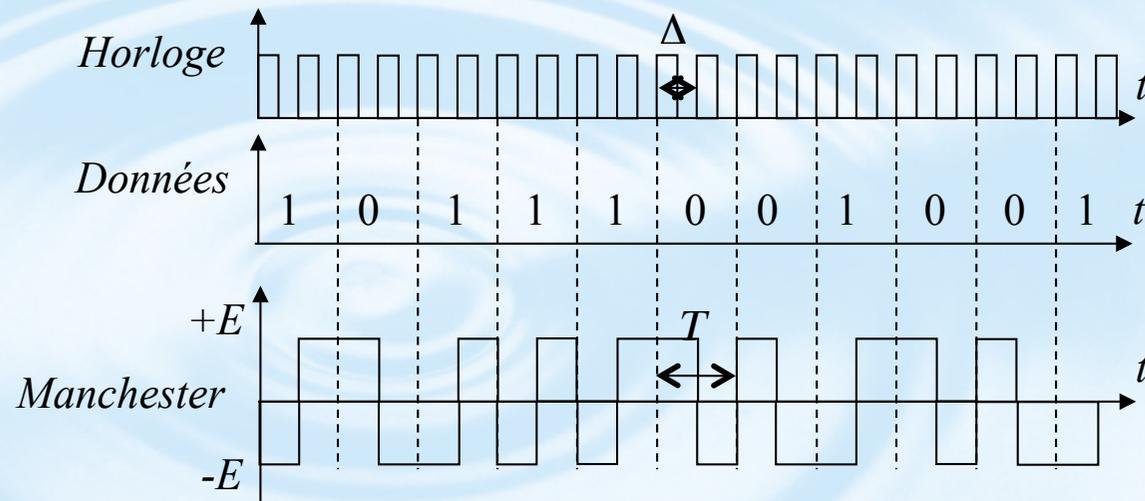
Exercice : Transmission NRZI de la chaîne « Do »

3.2.2 Codage Manchester

Principe

- Principe Manchester (ou diphassé)

Valeur logique	Tension bipolaire
« 0 »	
« 1 »	



Remarque

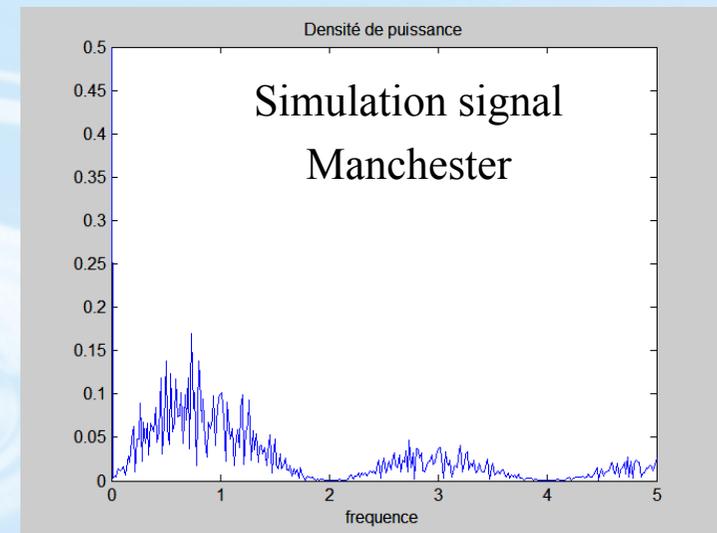
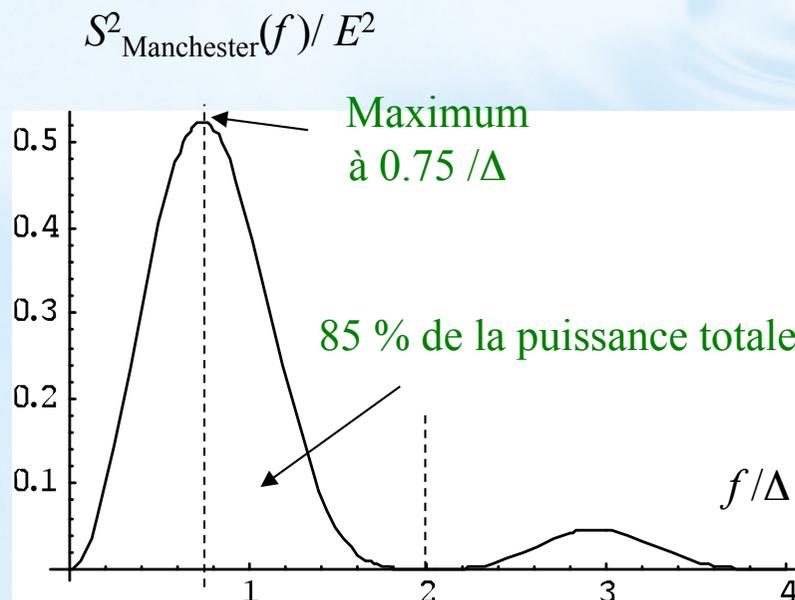
Fronts pour chaque valeur binaire

Analogue à une modulation de phase

Exercice : Transmission Manchester de la chaîne « Do »

3.2.2 Codage Manchester Spectre

- Densité spectrale de puissance d'une suite binaire aléatoire
 - de 0 à $2/\Delta \rightarrow 85\%$ de la puissance totale
 - Pas de composante continue
 - Maximum de la puissance à $f = 0,75/\Delta$



3.2.2 Codage Manchester

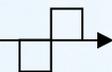
Caractéristiques, pour & contre et applications

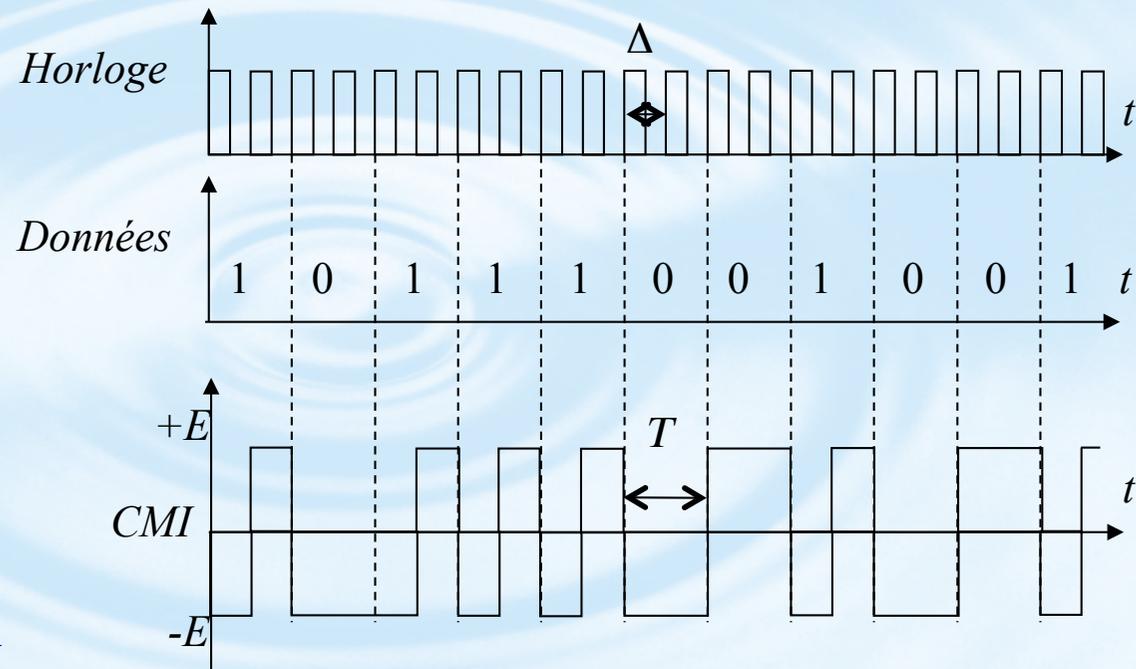
- **Caractéristiques**
 - Débit : $D = 1/2\Delta$ ($v=2$ et $k=2$)
 - Bande passante : $BP = 2/\Delta$
- **Avantages / Inconvénients**
 - Présence front de synchronisations
 - Le canal ne doit pas passer le continu
 - Bande passante doublée
 - Nécessité de maintenir la polarité (repérer les fils)
- **Applications**
 - Les transmissions de réseaux Ethernet en bande de base : 10Base5, 10Base2, 10BaseT, 10BaseFL, Token Ring.
 - Les informations numériques du RDS (avant modulation de fréquence).

3.2.3 Codage CMI

Principe

- Principe codage CMI (Code Mark Inversion)

Valeur logique	Tension bipolaire
« 0 »	-E ou +E
« 1 »	



Remarque

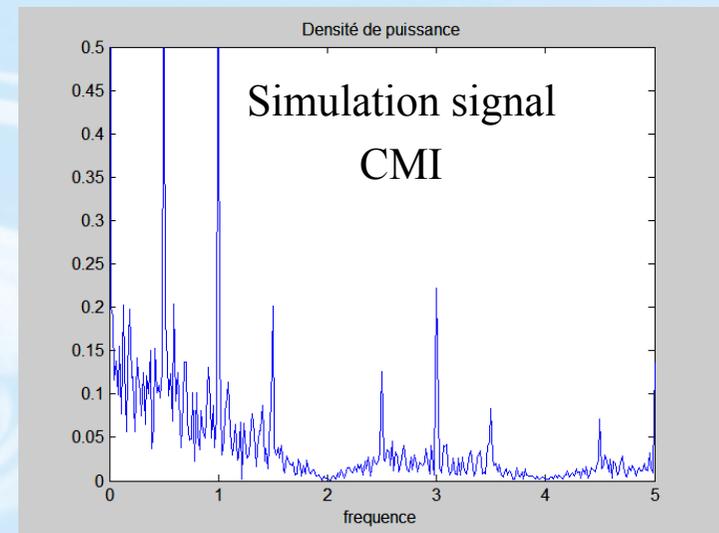
Mixte « Manchester » et NRZI.

Exercice : Transmission CMI de la chaîne « Do »

3.2.3 Codage CMI

Spectre

- Densité spectrale de puissance d'une suite binaire aléatoire
 - de 0 à $2/\Delta$ → 80 % de la puissance totale
 - Pas de composante continue
 - Maximum de la puissance à $f = 0,4/\Delta$



3.2.3 Codage CMI

Caractéristiques, pour & contre et applications

- **Caractéristiques**
 - Débit : $D = 1/2\Delta$ ($v=2$ et $k=2$)
 - Bande passante : $BP = 2/\Delta$
- **Avantages / Inconvénients**
 - Présence front de synchronisations
 - Le canal ne doit pas passer le continu
 - Bande passante doublée
- **Applications**
 - Le mode CMI se rencontre sur les multiplexeurs de lignes coaxiales et de fibres optiques.

Plan : : Les méthodes de codage numérique en bande de base

3.1 Introduction

3.2 Codages binaires

3.2.1 Codage NRZ (Non Retour à Zéro)

3.2.2 Codage biphasé ou (Manchester)

3.2.3 Codage CMI (Code Mark Inversion)

3.3 Codages à trois niveaux (ternaires)

3.3.1 Codage RZ (Retour à Zéro)

3.3.2 Codage AMI (Alternate Mark Inversion),

3.4 Codages à multi niveaux

3.4.1 Codage à quatre niveaux (2B1Q)

3.5 Réception et régénération du signal numérique

3.5.1 Principe de la régénération

3.5.2 Circuits de récupération d'horloge

3.5.3 Diagramme de l'oeil

3.6 Conclusions

3.3.1 Codage RZ

Principe

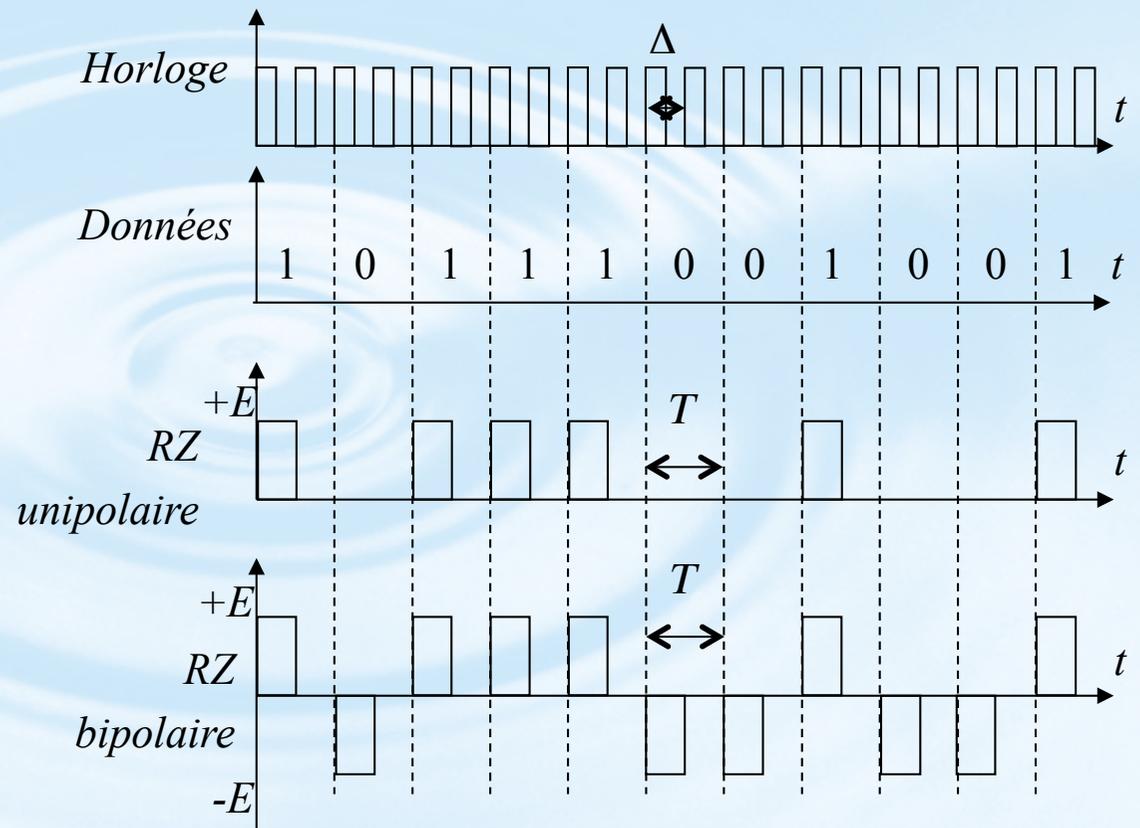
- Principe RZ (Retour à Zéro)

Valeur logique	Tension unipol.	Tension bipolaire
« 0 »	0	-E et 0
« 1 »	+E et 0	+E et 0

Remarque

Introduction de front

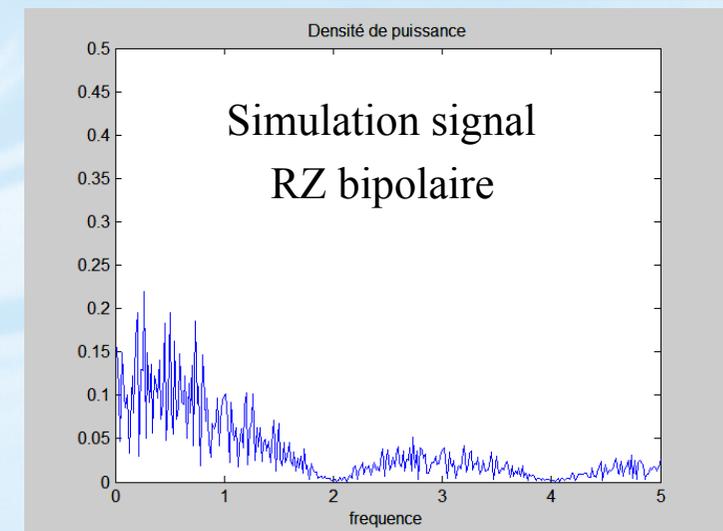
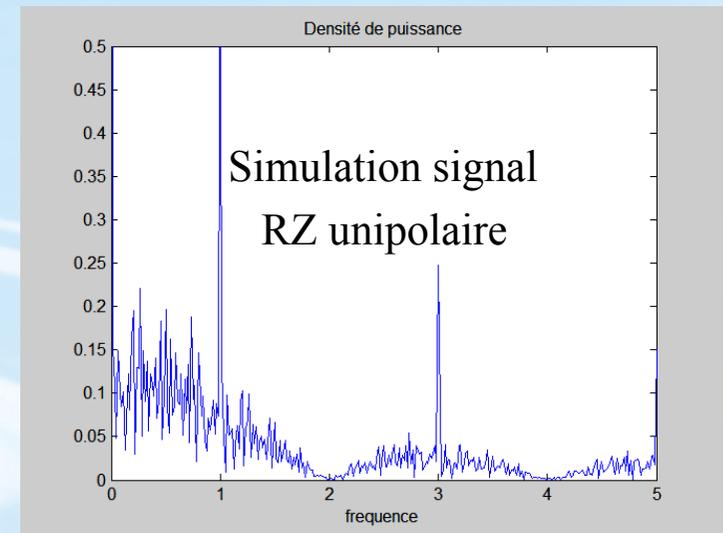
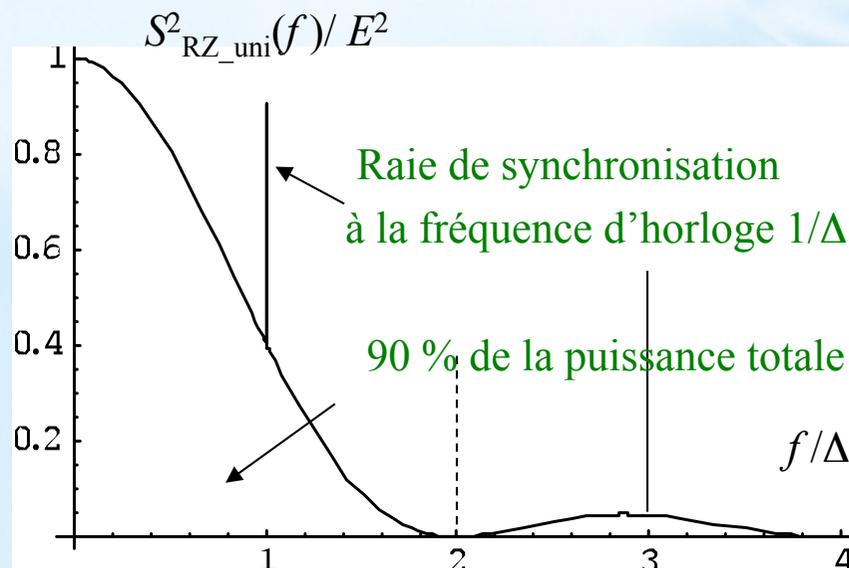
Le codage RZ bipolaire fait apparaître 3 tensions (+E, 0, -E)



Exercice : Transmission RZ de la chaîne « Do »

3.3.1 Codage RZ Spectre

- Densité spectrale de puissance d'une suite binaire aléatoire
 - de 0 à $2/\Delta \rightarrow 90\%$ de la puissance totale
 - Maximum de la puissance à $f = 0$



3.3.1 Codage RZ

Caractéristiques, pour & contre et applications

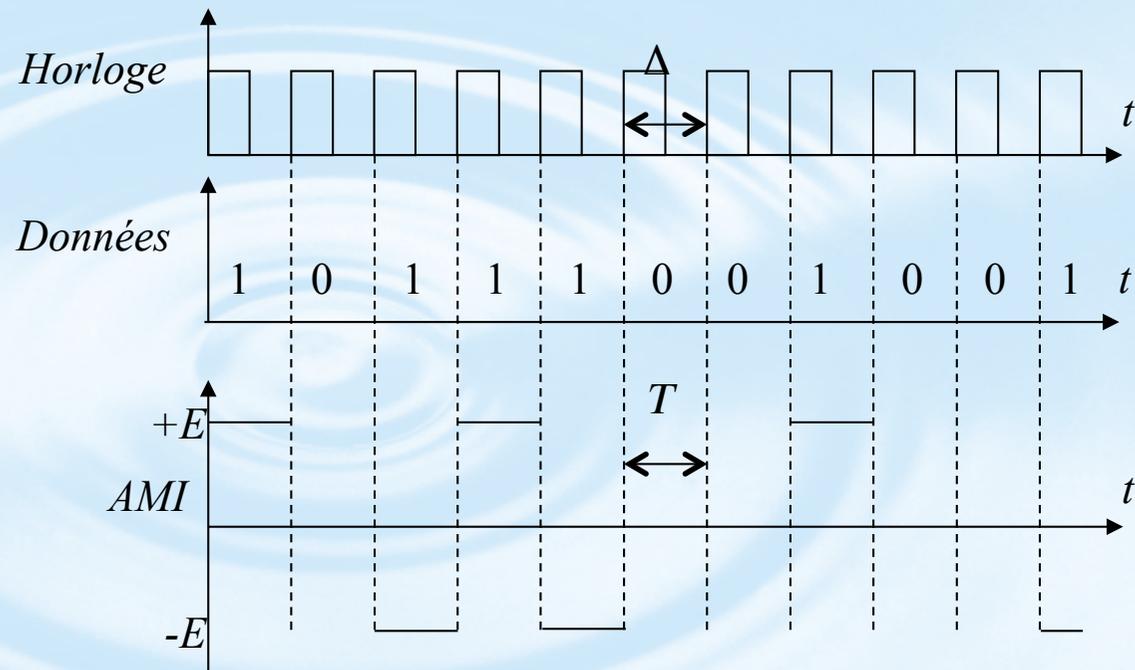
- Caractéristiques
 - Débit : $D = 1/2\Delta$ ($v=2$ et $k=2$)
 - Bande passante : $BP = 2/\Delta$
- Avantages / Inconvénients
 - Présence front de synchronisations (bipolaire ou raies spectrales à $1/\Delta$)
 - Bande passante doublée
 - Rapport S/N réduit (trois niveaux)
 - Perte de la synchronisation sur les séquences de bits identiques
 - Le canal doit passer le continu
 - Nécessité de maintenir la polarité (repérer les fils)

3.3.2 Codage AMI

Principe

- Principe codage à trois niveaux AMI (Alternate Mark Inversion),

Valeur logique	Tension bipolaire
« 0 »	0
« 1 »	-E ou +E



Remarque

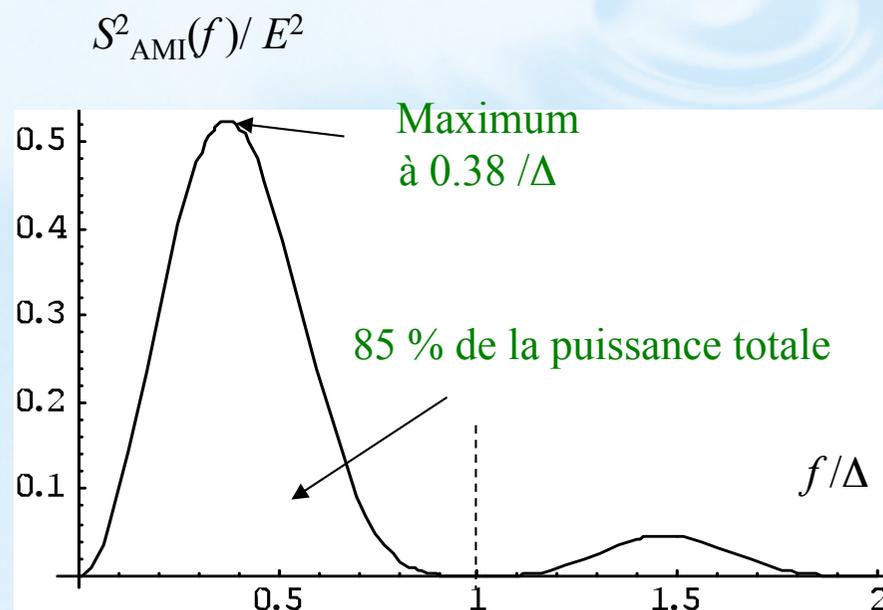
Codage NRZ + présence de front.

Exercice : Transmission AMI de la chaîne « Do »

3.3.2 Codage AMI

Spectre

- Densité spectrale de puissance d'une suite binaire aléatoire
 - de 0 à $1/\Delta$ → 85 % de la puissance totale
 - Pas de composante continue
 - Maximum de la puissance à $f = 0,38/\Delta$



3.3.2 Codage AMI

Caractéristiques, pour & contre et applications

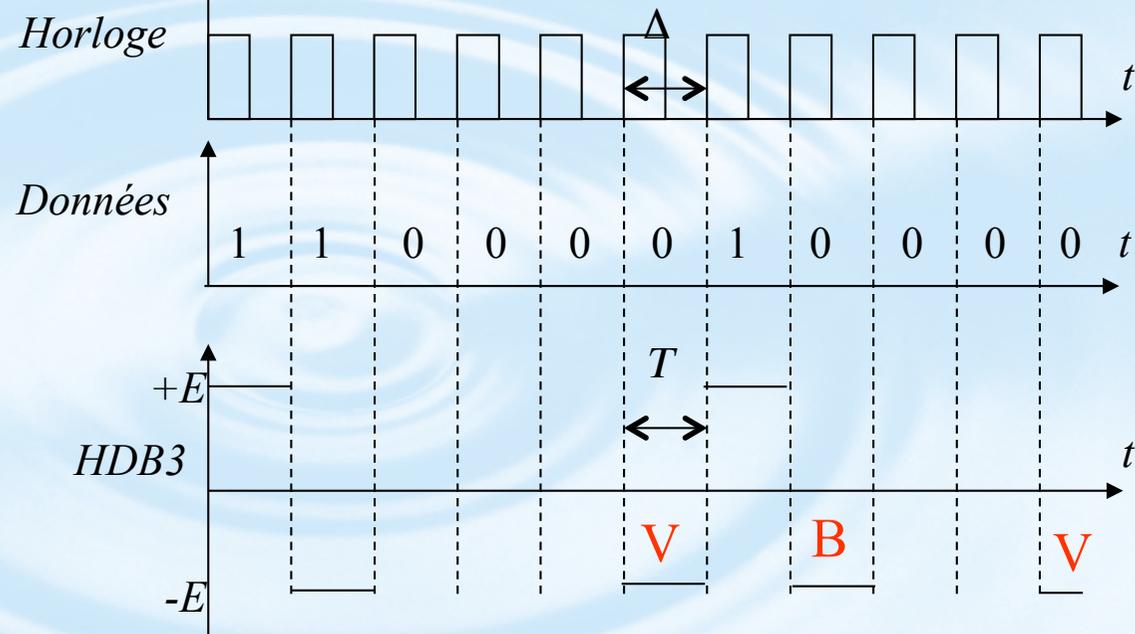
- Caractéristiques
 - Débit : $D = 1/\Delta$ ($v=2$ et $k=1$)
 - Bande passante : $BP = 1/\Delta$
- Avantages / Inconvénients
 - Le canal ne doit pas passer le continu
 - Risque de pertes de synchronisations
- Applications
 - Anciennes liaisons téléphoniques numériques comme les systèmes de téléphonie numérique PCM.

3.3.2 Codage AMI

Variante HDB3

- Principe variante AMI avec introduction d'impulsions pour les séquences de n bit à « 0 »

Valeur logique	Tension bipolaire
« 0 »	0 si < 3 bits
« 1 »	-E ou +E



Violation du code AMI

« 0000 » codée par « 000V » valeur moyenne nulle sinon « B00V »

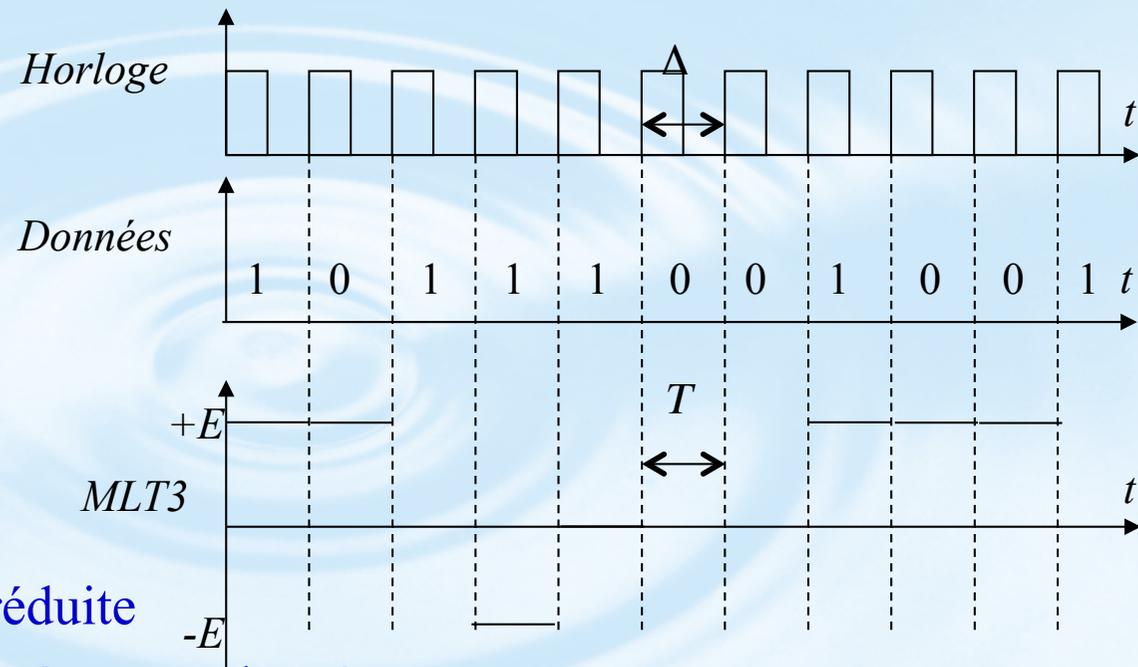
Exercice : Transmission HDB3 de la chaîne « Do »

3.3.2 Codage AMI

Variante MLT3

- Principe variante AMI mais changement sur 3 niveaux

Valeur logique	Tension bipolaire
« 0 »	inchangé
« 1 »	transition



Remarque

Variations moins rapides soit BP réduite

Pertes synchronisation sur longue séquence de « 0 »

Applications : Fast Ethernet (100BaseTX, 100BaseT4)

Exercice : Transmission MLT3 de la chaîne « Do »

Plan : : Les méthodes de codage numérique en bande de base

3.1 Introduction

3.2 Codages binaires

3.2.1 Codage NRZ (Non Retour à Zéro)

3.2.2 Codage biphasé ou (Manchester)

3.2.3 Codage CMI (Code Mark Inversion)

3.3 Codages à trois niveaux (ternaires)

3.3.1 Codage RZ (Retour à Zéro)

3.3.2 Codage AMI (Alternate Mark Inversion)

3.4 Codages à multi niveaux

3.4.1 Codage à quatre niveaux (2B1Q)

3.5 Réception et régénération du signal numérique

3.5.1 Principe de la régénération

3.5.2 Circuits de récupération d'horloge

3.5.3 Diagramme de l'oeil

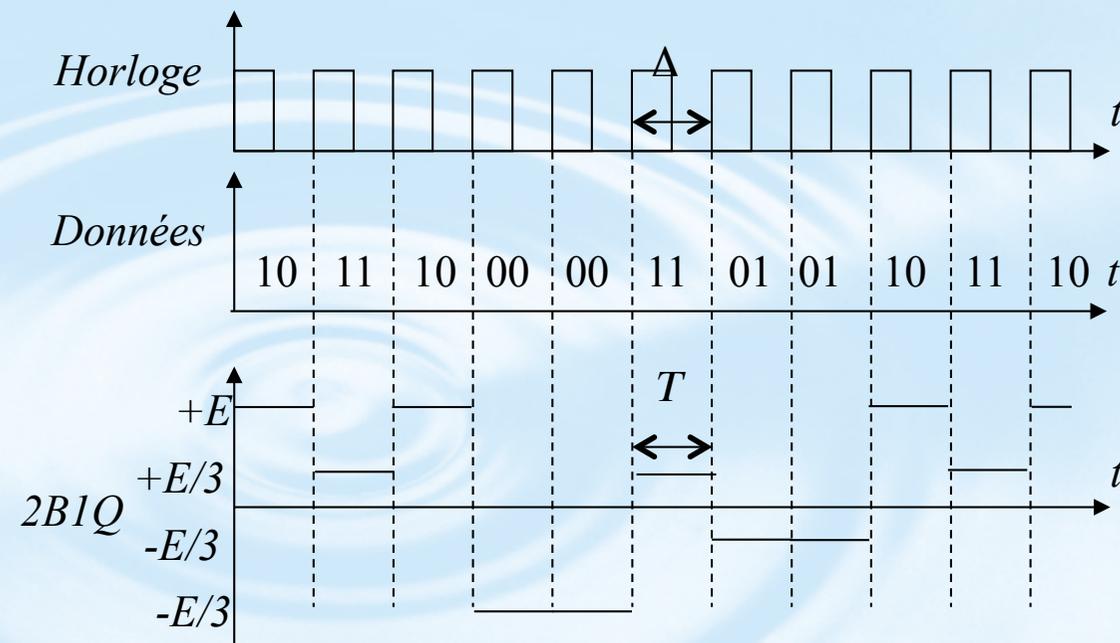
3.6 Conclusions

3.4.1 Codage 2BQ1

Principe

- Principe codage à quatre niveaux

<i>Bits</i>	<i>Tension</i>
00	-E
01	-E/3
11	+E/3
10	+E



Remarque

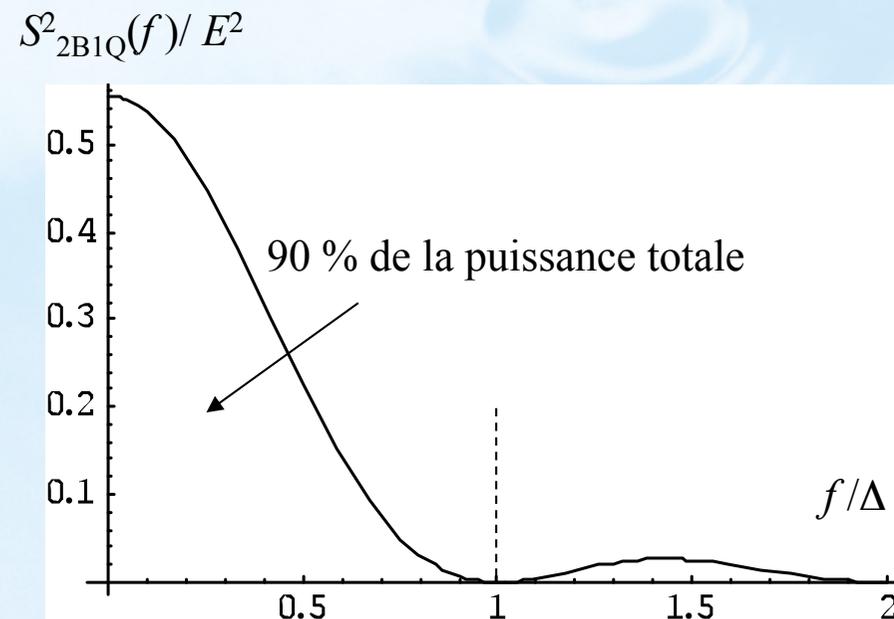
Transmission simultanée de deux bits .

Exercice : Transmission 2B1Q de la chaîne « Do »

3.4.1 Codage 2BQ1

Spectre

- Densité spectrale de puissance d'une suite binaire aléatoire
 - de 0 à $1/\Delta$ → 90% de la puissance totale
 - Maximum de la puissance à $f = 0$



3.4.1 Codage 2BQ1

Caractéristiques, pour & contre et applications

- Caractéristiques
 - Débit : $D = 2/\Delta$ ($v=4$ et $k=1$)
 - Bande passante : $BP = 1/\Delta$
- Avantages / Inconvénients
 - Débit doublé
 - Rapport S/N détérioré
 - Perte de la synchronisation sur les séquences de bits identiques
 - Le canal doit passer le continu
 - Nécessité de maintenir la polarité (repérer les fils)
- Applications
 - RNIS

Plan : : Les méthodes de codage numérique en bande de base

3.1 Introduction

3.2 Codages binaires

3.2.1 Codage NRZ (Non Retour à Zéro)

3.2.2 Codage biphasé ou (Manchester)

3.2.3 Codage CMI (Code Mark Inversion)

3.3 Codages à trois niveaux (ternaires)

3.3.1 Codage RZ (Retour à Zéro)

3.3.2 Codage AMI (Alternate Mark Inversion),

3.4 Codages à multi niveaux

3.4.1 Codage à quatre niveaux (2B1Q)

3.5 Réception et régénération du signal numérique

3.5.1 Principe de la régénération

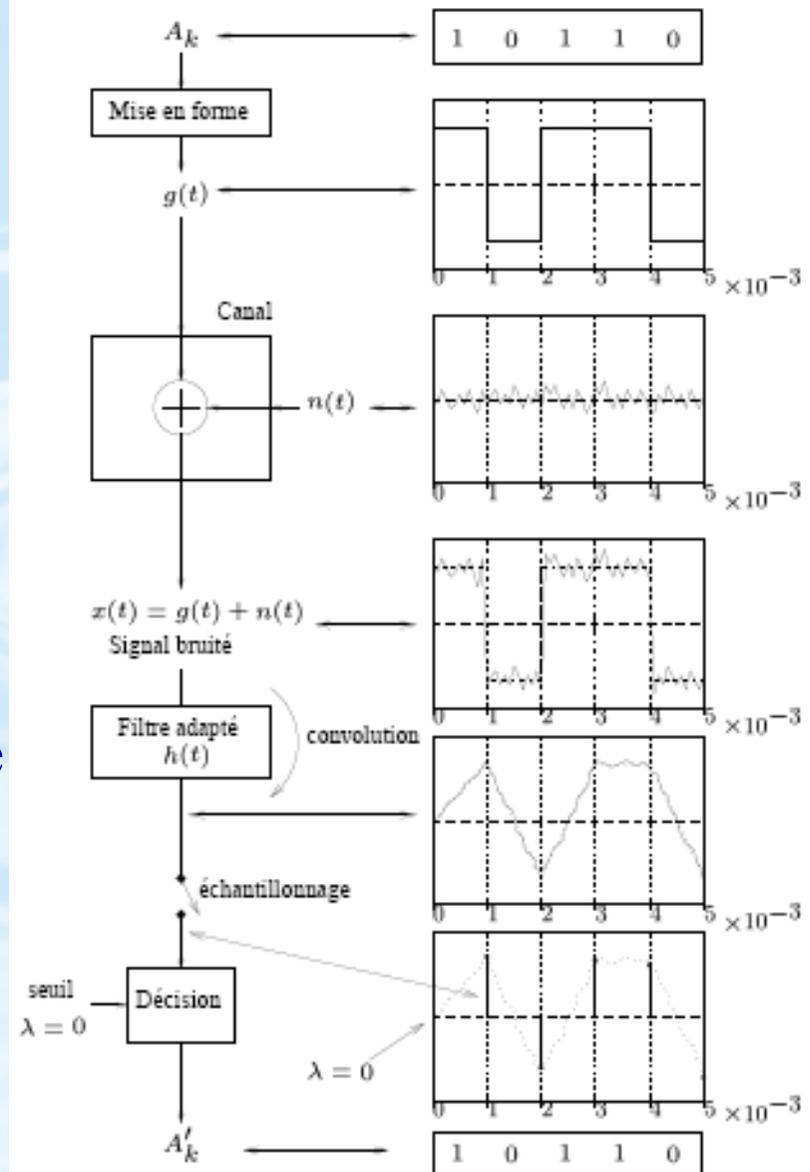
3.5.2 Circuits de récupération d'horloge

3.5.3 Diagramme de l'oeil

3.6 Conclusions

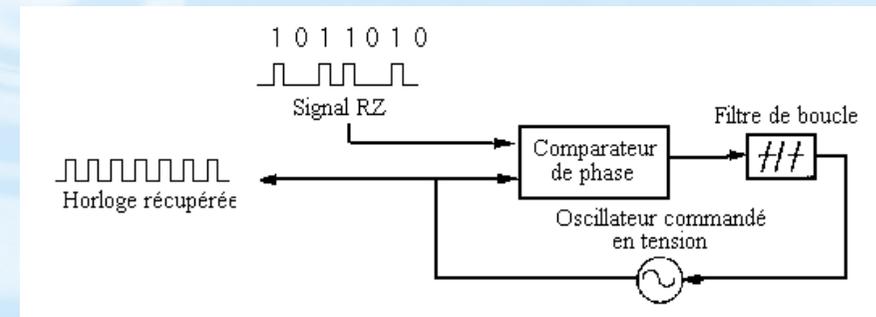
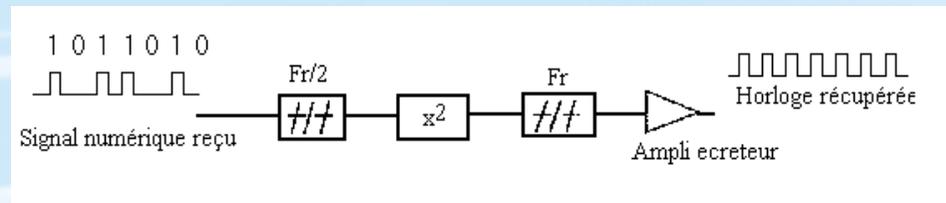
3.5.1 Principe de la régénération

- La régénération du signal numérique à partir du signal électrique reçu nécessite 4 opérations
 - Filtrer le bruit
 - Reconstituer l'horloge
 - Retrouver les différents niveaux de codage dans le signal atténué et bruité à l'aide de seuils de tensions
 - Définir des instants d'échantillonnage



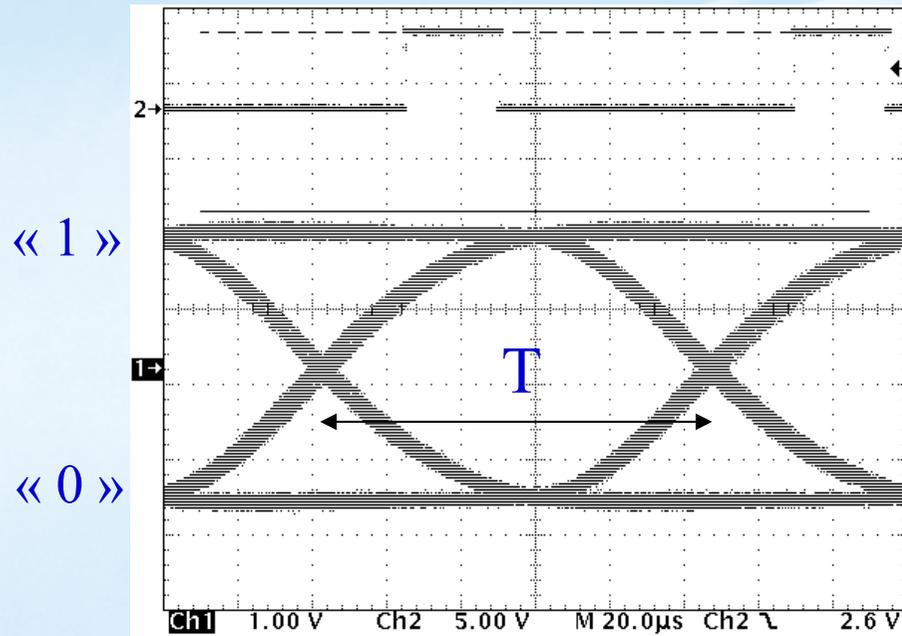
3.5.2 Reconstitution du signal d'horloge

- Horloge locale au récepteur synchronisée sur les fronts
- Récupération de la raie spectrale de l'horloge par filtrage
- Reconstitution de l'horloge à l'aide d'une PLL

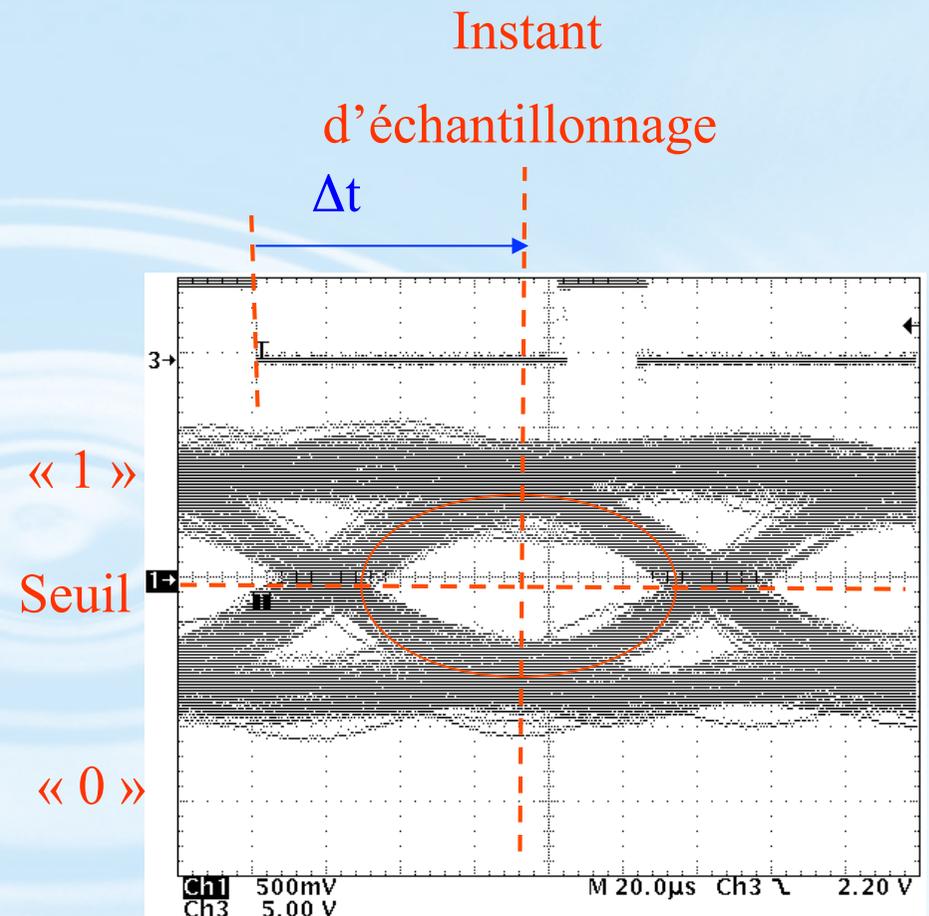


3.5.3 Seuils de tension et instants d'échantillonnage

- Diagramme de l'œil



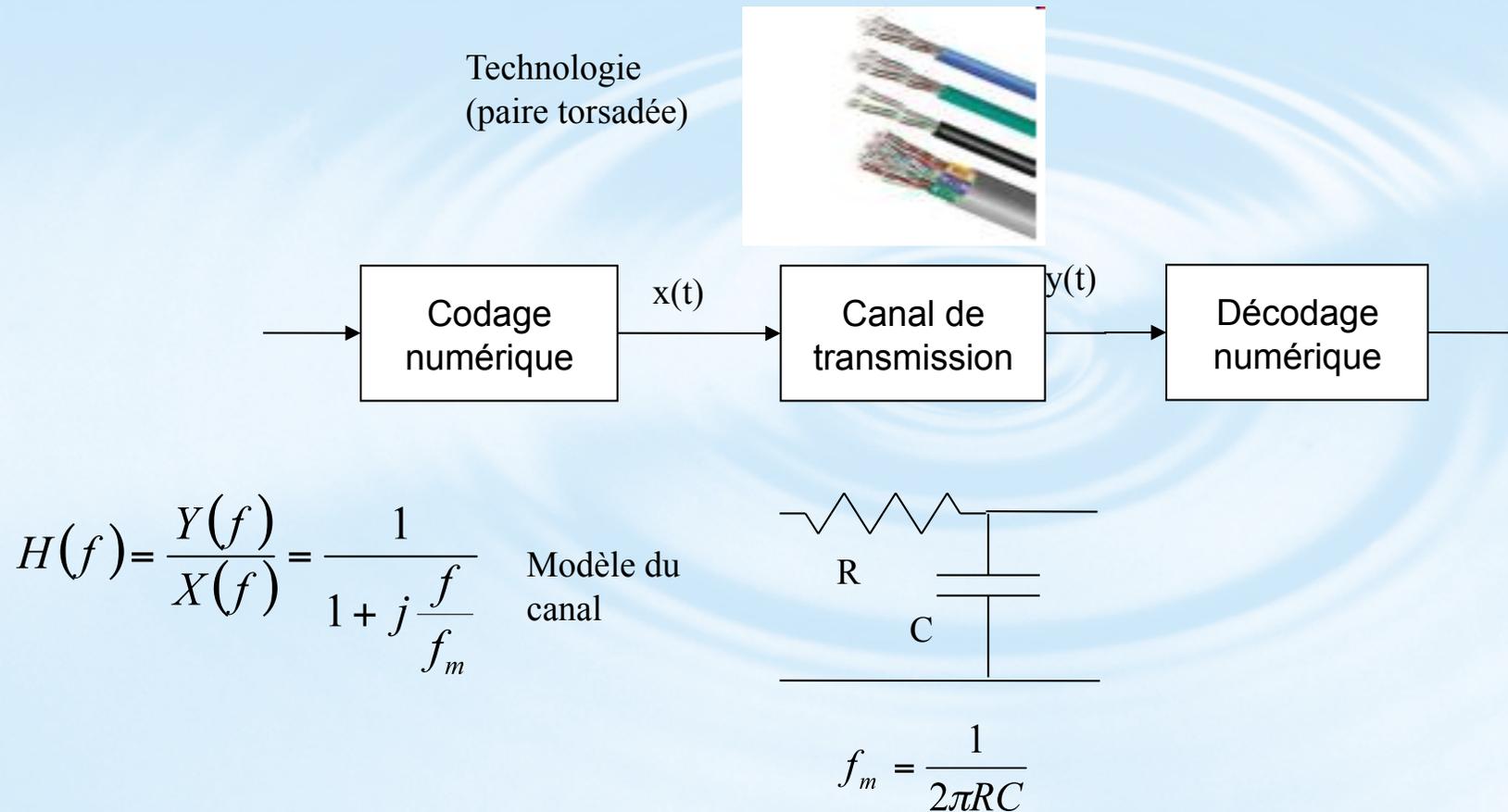
Signal émis



Signal reçu

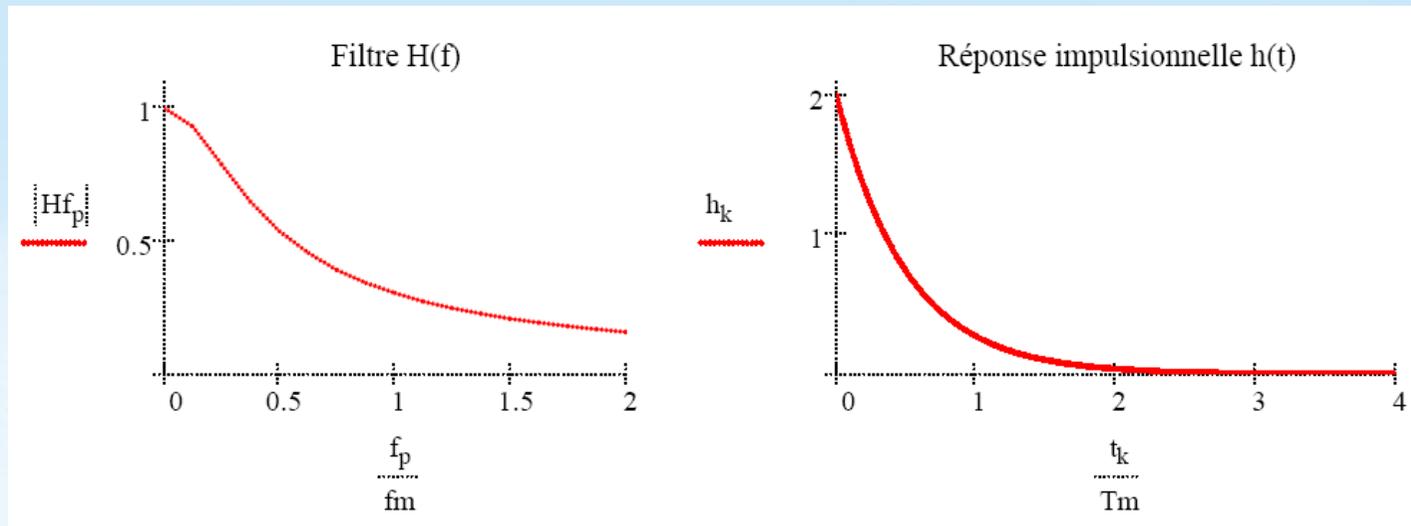
3.5.3 Exemple diagramme de l'œil

- Transmission numérique filaire sur une paire torsadée

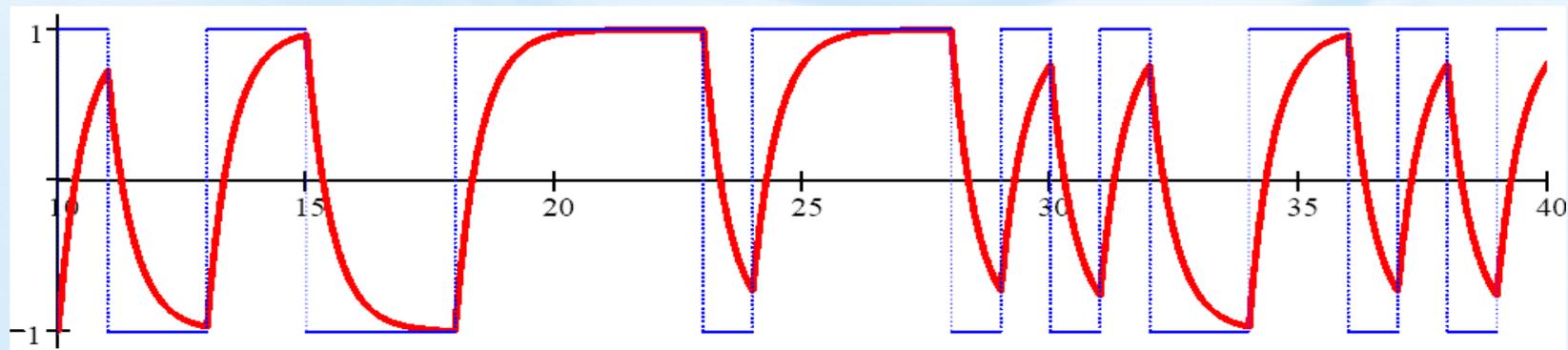


3.5.3 Exemple diagramme de l'œil

- Réponse du canal (en fréquence et en temporelle)

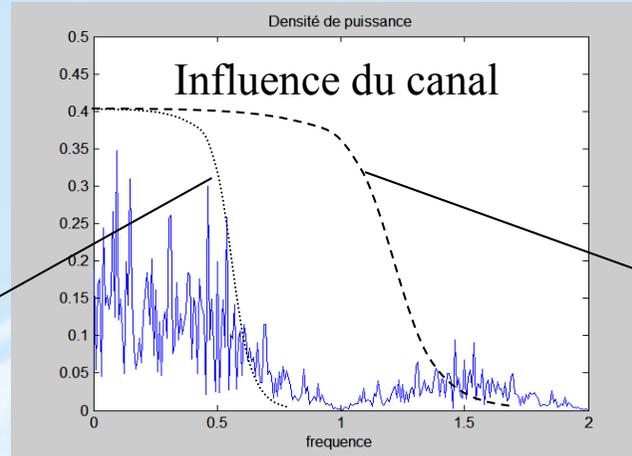
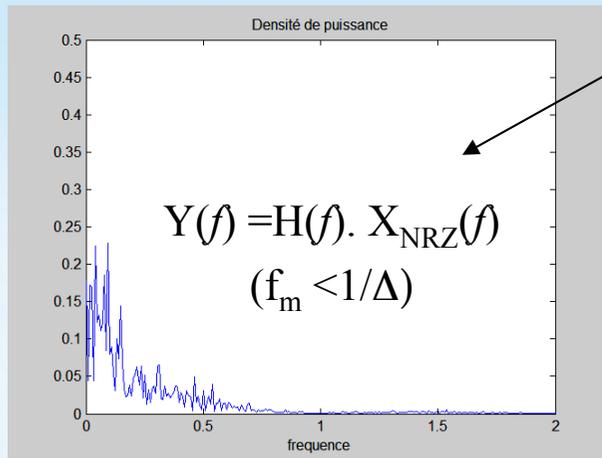


- Signaux dans le cas d'une modulation NRZ

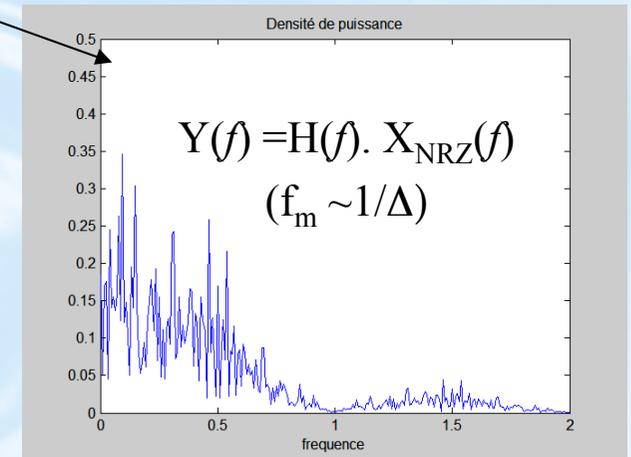


3.5.3 Exemple diagramme de l'œil

$H(f) (f_m < 1/\Delta)$

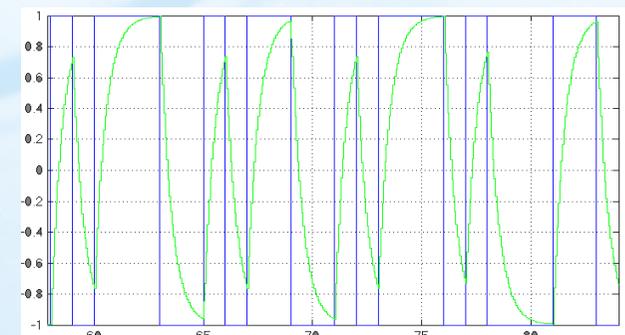
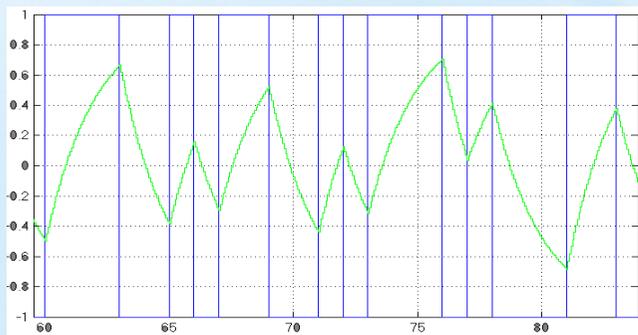


$H(f) (f_m \sim 1/\Delta)$



Spectre signal NRZ

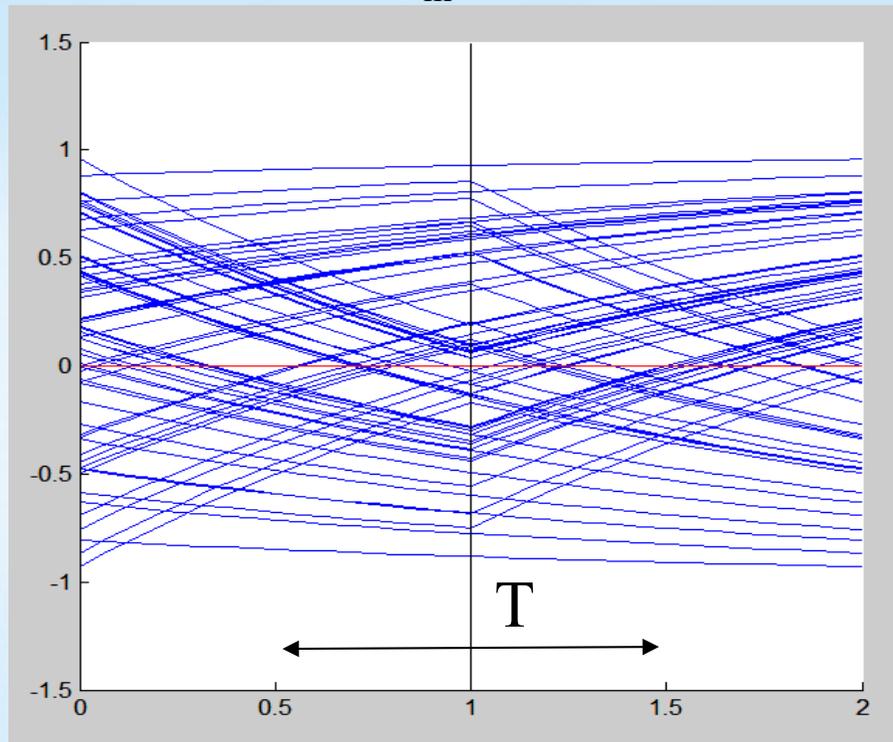
Domaine fréquentiel



3.5.3 Exemple diagramme de l'œil

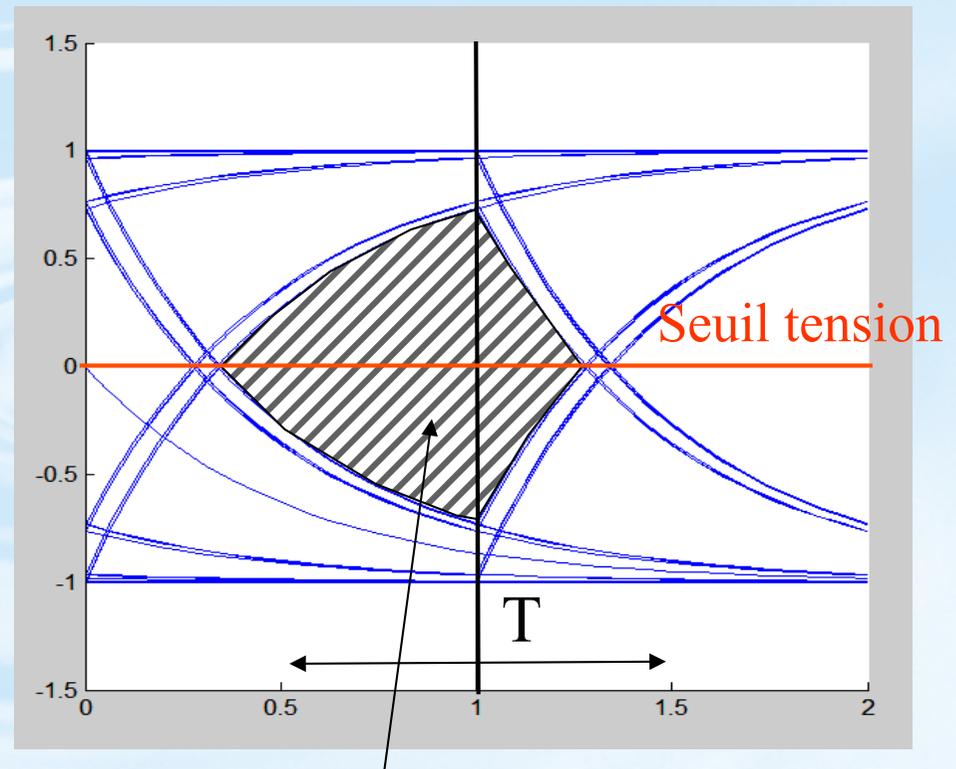
- La fenêtre d'observation est la durée d'un symbole (T)

$$(f_m < 1/\Delta)$$



Pas de zone interdite
Reconstitution impossible

$$(f_m \sim 1/\Delta)$$

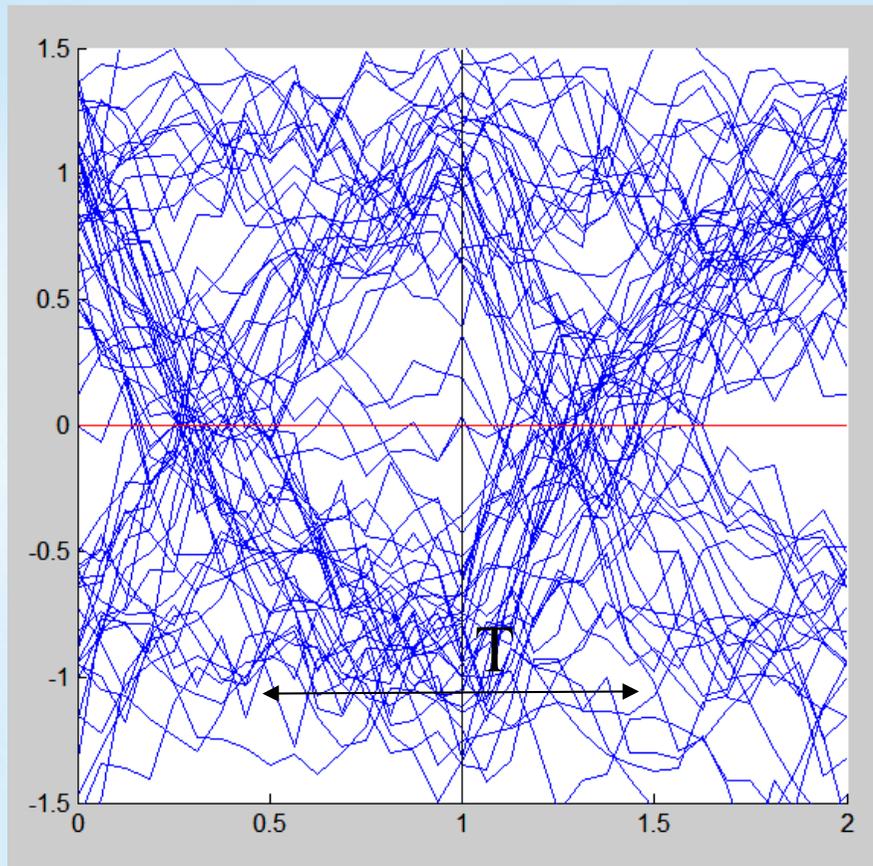


Zone interdite
Reconstitution possible

3.5.3 Exemple diagramme de l'œil

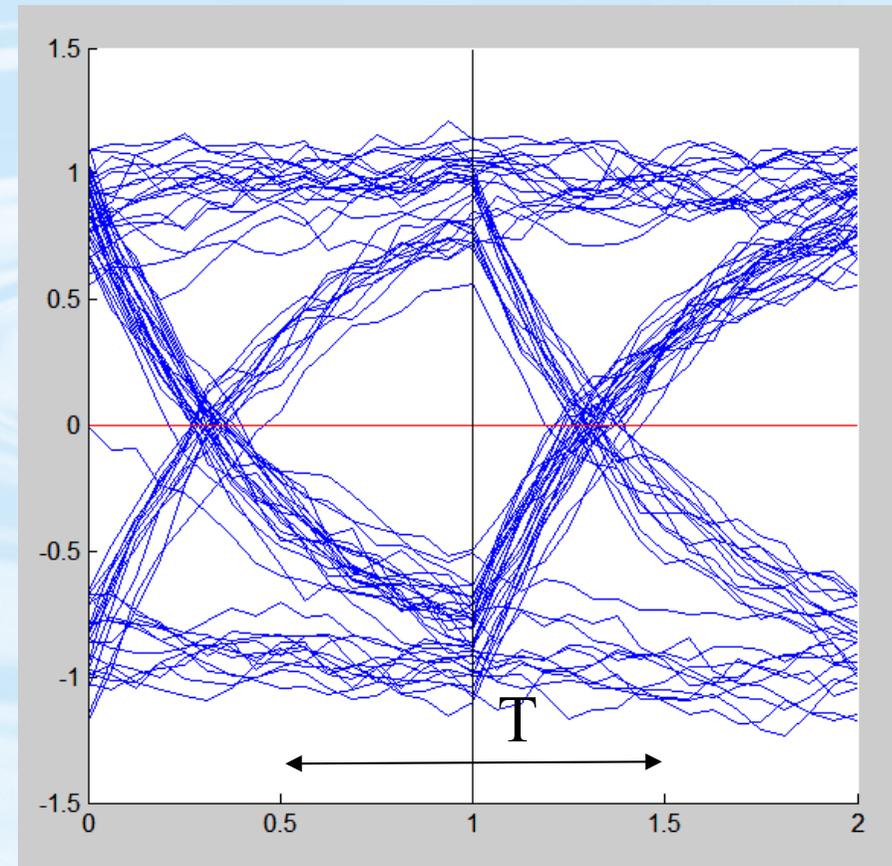
- Influence du bruit sur le canal

SNR 10 dB



Reconstitution impossible

SNR 20 dB



Reconstitution possible

3.5.3 Exemple diagramme de l'œil

- Codage multi niveaux (exemple 2B1Q)

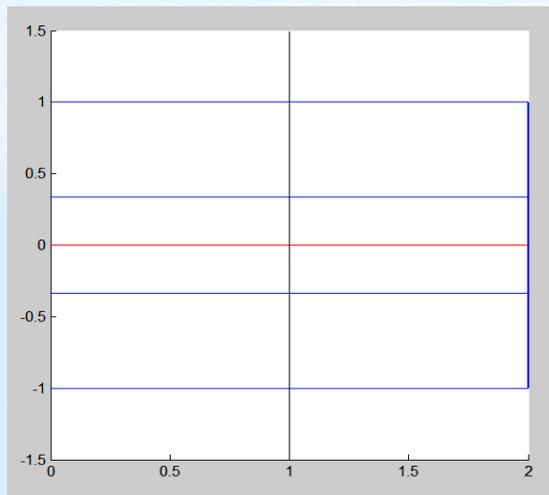
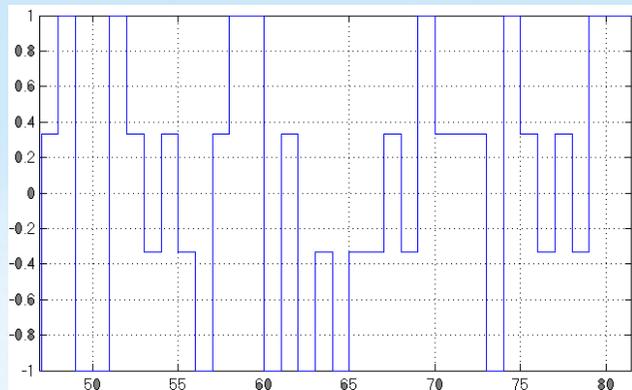


Diagramme de l'œil de référence (en entrée)

$$(f_m \sim 1/\Delta)$$

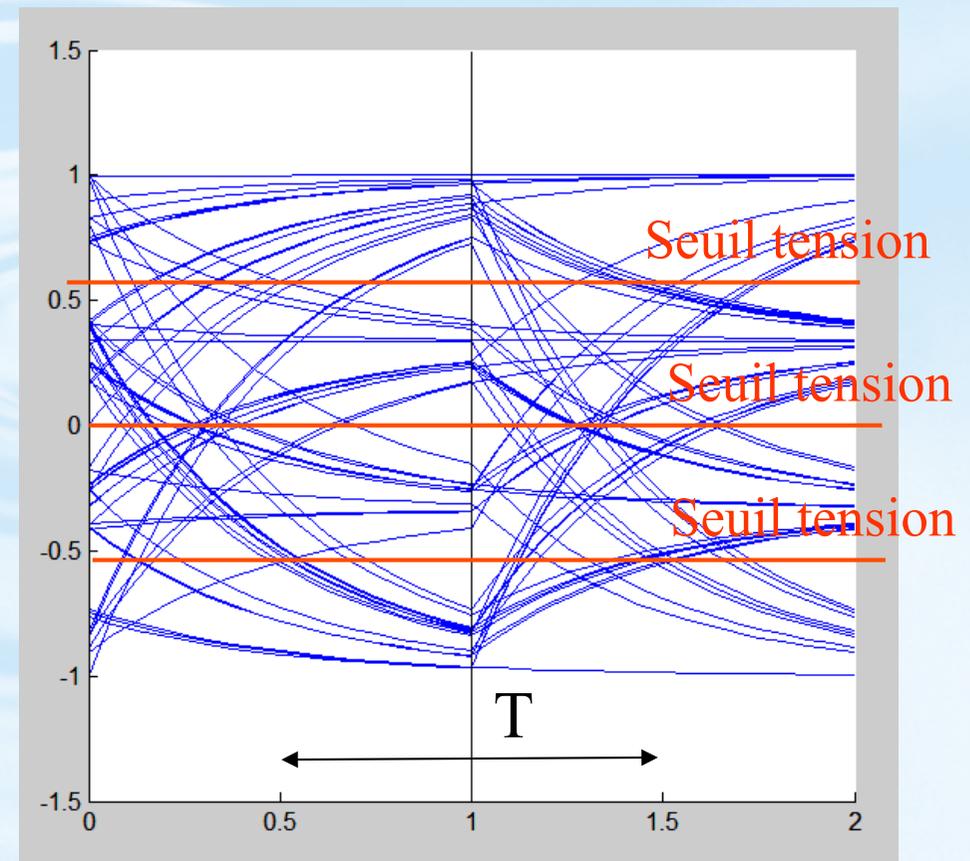
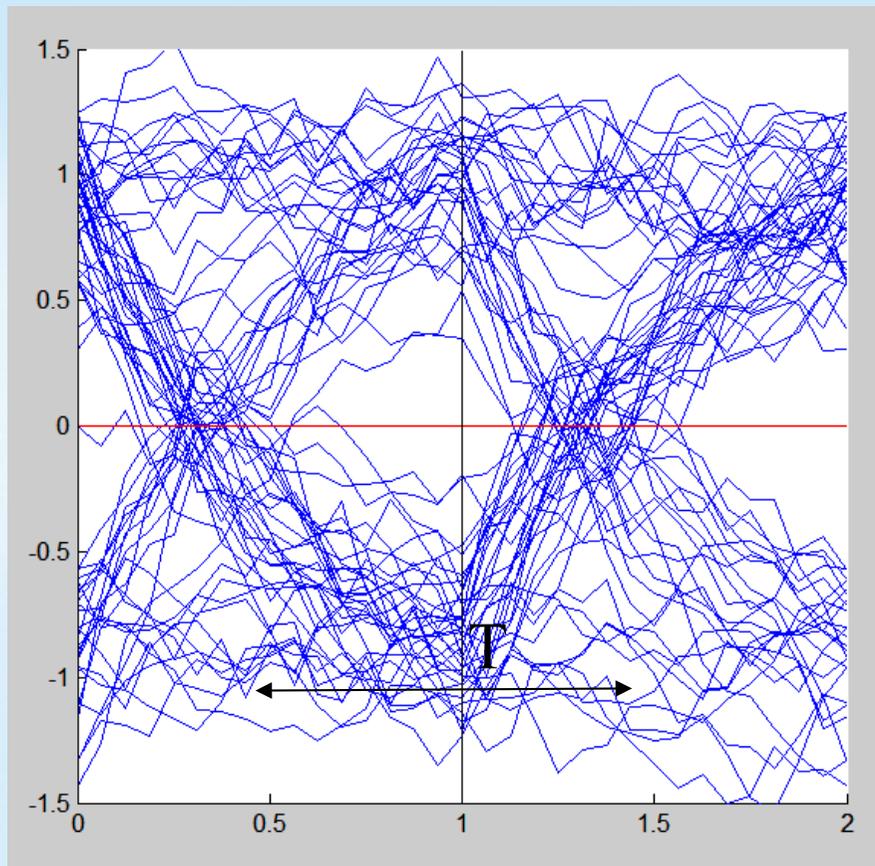


Diagramme de l'œil en sortie ³⁶

3.5.3 Exemple diagramme de l'œil

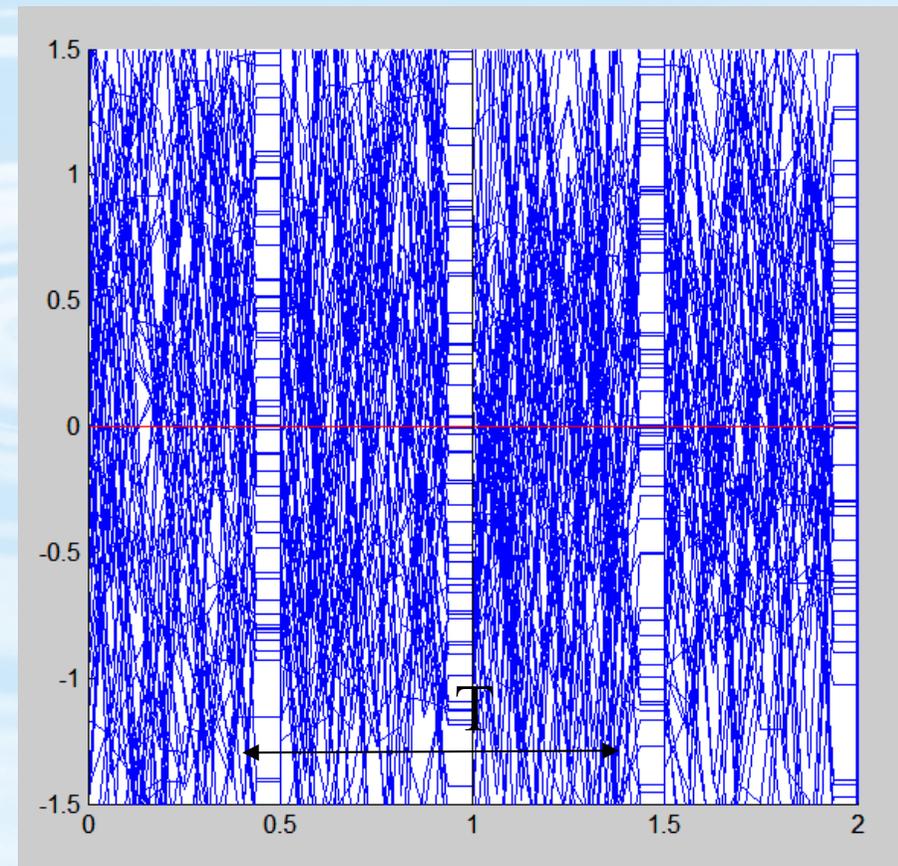
- Influence du choix de codage sur bruit dans canal (SNR 15 dB)

Codage NRZ



Reconstitution possible

Codage 2B1Q



Reconstitution impossible 37

Plan : : Les méthodes de codage numérique en bande de base

3.1 Introduction

3.2 Codages binaires

3.2.1 Codage NRZ (Non Retour à Zéro)

3.2.2 Codage biphasé ou (Manchester)

3.2.3 Codage CMI (Code Mark Inversion)

3.3 Codages à trois niveaux (ternaires)

3.3.1 Codage RZ (Retour à Zéro)

3.3.2 Codage AMI (Alternate Mark Inversion),

3.4 Codages à multi niveaux

3.4.1 Codage à quatre niveaux (2B1Q)

3.5 Réception et régénération du signal numérique

3.5.1 Principe de la régénération

3.5.2 Circuits de récupération d'horloge

3.5.3 Erreur en réception

3.6 Conclusions

3.5 Conclusions

- Multitude de codage
 - Codages sur fronts facilitent la reconstitution de l'horloge et autorisent les changement de polarité mais doublement de la bande passante
 - Codages multi niveaux augmentent le débit au détriment du rapport S/N
- Pas de codage optimal il faut choisir le codage en fonction de l'application visée

