



Communications Numériques

Chapitre 1

Introduction aux communications numériques

Plan du chapitre

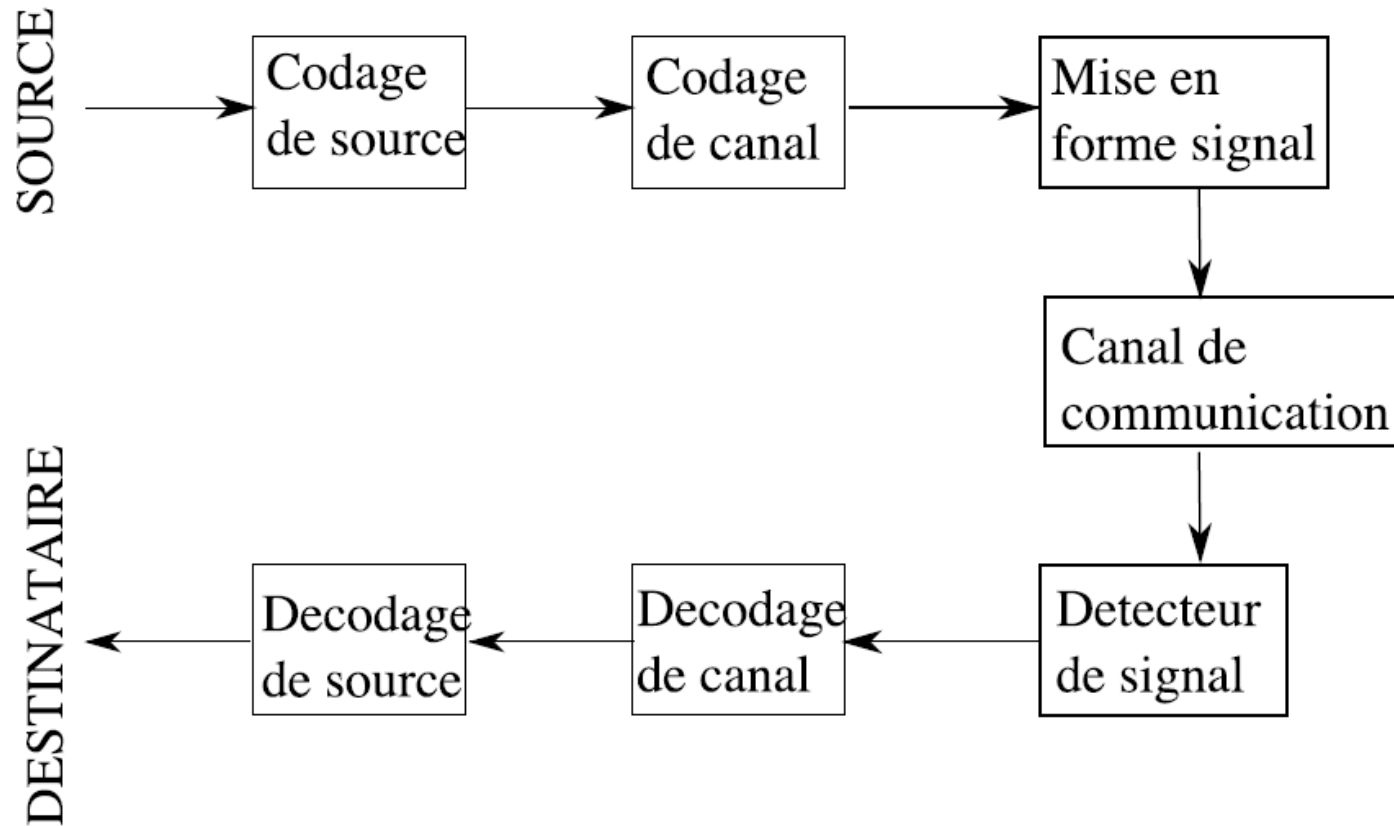
1. Introduction
2. La chaine de communication numérique
3. Caractéristiques des canaux de communication
4. Modèles pour les canaux de communication
5. Principe d'estimation d'un signal
6. Plan du cours

Introduction

- Objectif: Analyse et conception des systèmes de **communication numérique**
- Transmission d'une information numérique
 - Messages numériques ...
- Où ?
 - Supports de transmission...
- Caractéristiques du canal ?

Selon le canal on conçoit la chaîne de transmission

Éléments de la chaine

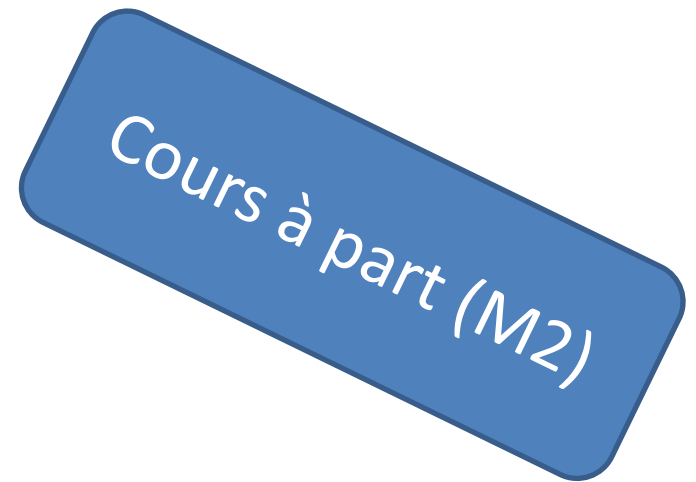


Éléments de la chaine

- Source d'information
 - Analogique
 - Numérique
 - Discret
 - Continue
- Exemples
 - Microphone
 - Appareil photo
 - Données sur disque dur

Éléments de la chaine

- Codage de source
 - Représenter l'information source en un minimum de bits
 - Définir une représentation de la source avec un min de redondances
 - ➔ Séquence d'information
- Exemples
 - Audio: MP3...
 - Image & vidéo: MP4, JPEG...
 - Data: ZIP, RAR...



Éléments de la chaine

- Codage de canal
 - Introduire d'une façon contrôlée de la redondance
 - Utilisation de cette redondance au niveau du récepteur pour la correction des erreurs introduites par la canal de transmission
 - Améliorer la robustesse et la fiabilité du système
 - ➔ Séquence binaire codée (mot-de-code)
- Exemples
 - DVB-S, DVB-T...
 - GSM, UMTS, LTE...



Éléments de la chaîne

- Modulateur numérique
 - Mapper les bits des mot-de-code en signaux transmissibles sur le canal
 - ➔ Séquence binaire modulée (signal à transmettre)
- Exemples
 - Binaire
 - M-aire
 - Bande de base
 - Sur onde porteuse

Chapitres: transmission
sur des canaux à bande
limitée et bruités

Éléments de la chaine

- Canal de transmission
 - Média physique pour transmettre les signaux
 - Espace libre, paire de cuivre, câble coaxial, fibre optique...
 - Le signal transmis est corrompu, altéré d'une façon aléatoire: bruit additif, atténuation, interférences...
 - ➔ Signal reçu
- Exemples de canaux et contraintes
 - Bande passante, Bruit...



Éléments de la chaine

- Récepteur:
 - Démodulateur: restitution des symboles à partir des signaux reçus
 - *Mesure de performances*: Constellation, Diagramme de l'œil...
 - Décodeur canal: correction des possibles erreurs
 - *Mesure de performances*: Probabilité d'erreur binaire (dépend des différents blocs)
 - Décodeur de source: reconstruction de l'information source
 - Erreurs bits ➔ distorsion de l'information source
 - *Mesure de performances*: Avec quelle qualité on reçoit l'information: distorsion ?

Caractéristiques des canaux

- Différents canaux physiques :
 - Paire de cuivre, Fibre optique, canal sous marin, espace libre, media de stockage
 - Selon le média on a un support physique
- Point commun: bruit thermique additif issue des composants électroniques
- Autres:
 - Interférences (bruit additif)
 - Atténuation
 - Distorsion amplitude, phase, multi-trajets...

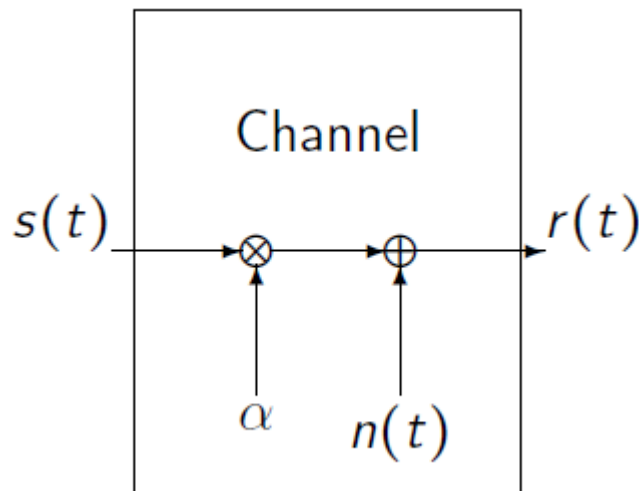
Caractéristiques des canaux

- Contraintes:
 - **Contrer le bruit**: augmenter la puissance d'émission
 - *Mais*: équipements et contraintes pratiques limitent la puissance maximale
 - **Bande passante** offerte par le média ?

Ces deux contraintes fixent la quantité d'information transmissible d'une façon fiable sur le canal

Modèles pour les canaux

- Canal à bruit additif avec atténuation

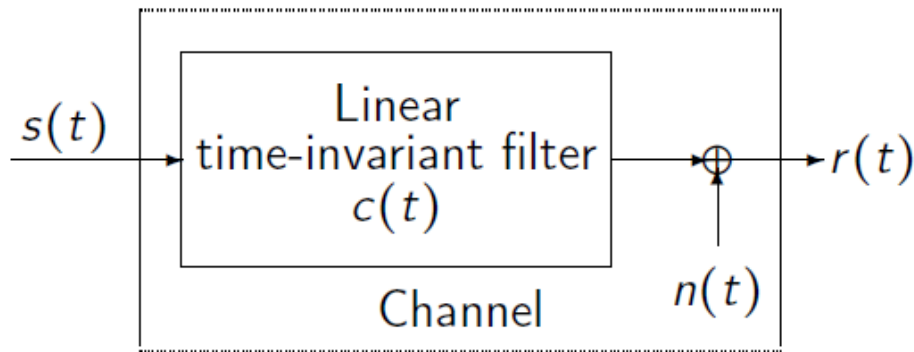


$$r(t) = \alpha s(t) + n(t)$$

- Cas particulier: canal à Bruit Blanc Additif Gaussien BBAG (AWGN)

Modèles pour les canaux

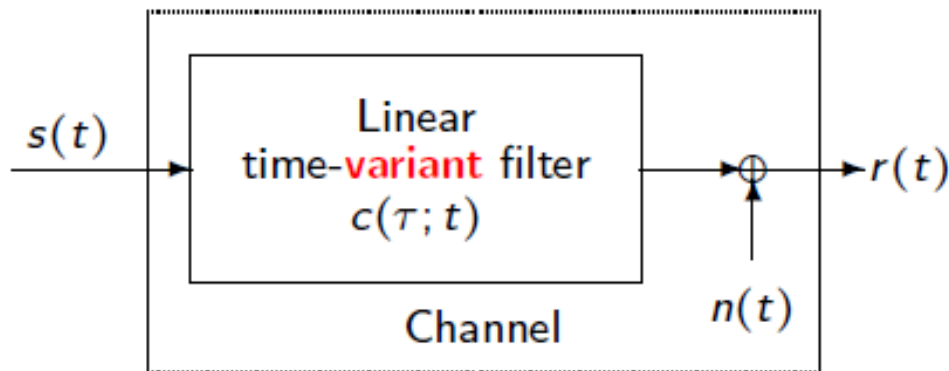
- Canal à filtre linéaire invariant dans le temps
 - Parfois, les signaux sont filtrés avant transmission pour respecter la bande passante du canal



$$\begin{aligned} r(t) &= s(t) \star c(t) + n(t) \\ &= \int_{-\infty}^{\infty} c(\tau) s(t - \tau) d\tau + n(t) \end{aligned}$$

Modèles pour les canaux

- Canal à filtre linéaire variant dans le temps
 - A cause des multi-trajets, la réponse impulsionnelle du filtre $c(\tau; t)$ varie dans le temps:
 - $c(\tau; t)$ RI du canal à l'instant t pour une impulsion qui a eu lieu à l'instant $(t - \tau)$



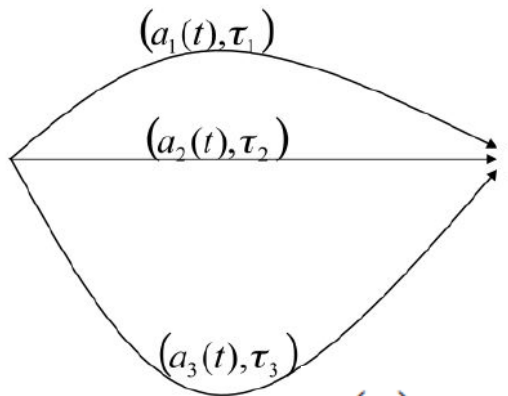
$$\begin{aligned} r(t) &= s(t) \star c(\tau; t) + n(t) \\ &= \int_{-\infty}^{\infty} c(\tau; t) s(t - \tau) d\tau + n(t) \end{aligned}$$

Modèles pour les canaux

- Canal à filtre linéaire variant dans le temps
 - Exemples: canal ionosphérique, canaux radio cellulaires

$$c(\tau; t) = \sum_{k=1}^L a_k(t) \delta(t - \tau_k)$$

– Ainsi $r(t) = \sum_{k=1}^L a_k(t) s(t - \tau_k) + n(t)$



$$r(t) = a_1(t) s(t - \tau_1) + a_2(t) s(t - \tau_2) + a_3(t) s(t - \tau_3) + n(t)$$

Principe d'estimation d'un signal

- On reçoit:

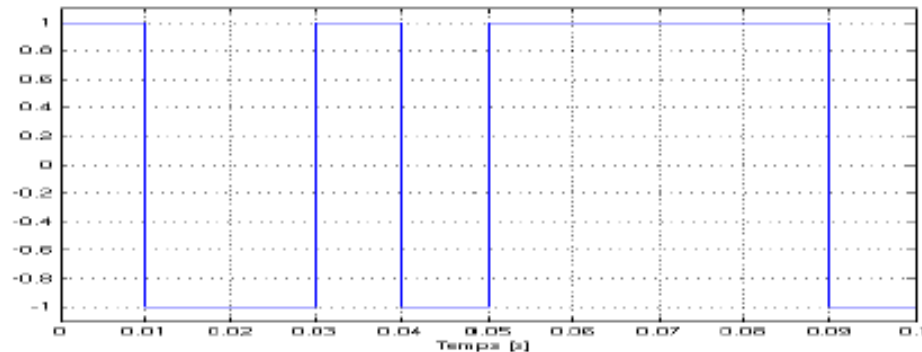
$$r(t) = s(t) \star c(\tau; t) + n(t)$$

- Objectif: déterminer $s(t)$
- Mais, c'est pas simple car:
 - $n(t)$ est un bruit aléatoire inconnu
 - on ne sait pas déconvoluer par $c(t; \tau)$
- Solution:
 - Imposer à $s(t)$ un format bien défini qui aide à la détection: mise en forme

Principe d'estimation d'un signal

- Exemple: Emetteur

Message binaire
source :
1001011110

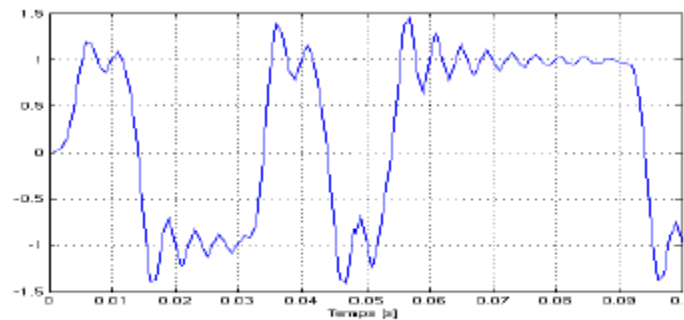


Cadence d'horloge

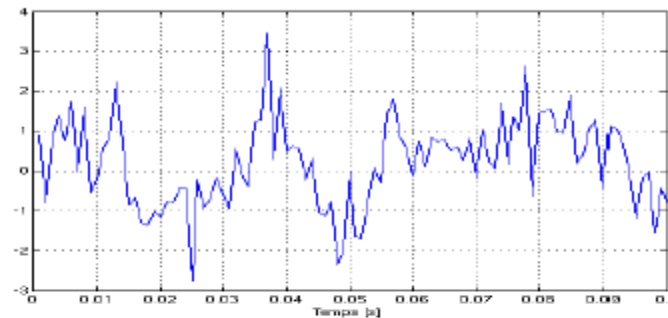
A clock signal waveform represented by a series of vertical blue pulses. There are 8 pulses, each occurring at regular intervals of 0.01 seconds, corresponding to the 8 bits of the binary message. The pulses are located at t = 0.00, 0.01, 0.02, 0.03, 0.04, 0.05, 0.06, and 0.07 seconds.

Principe d'estimation d'un signal

- Exemple: Canal: distorsion + bruit



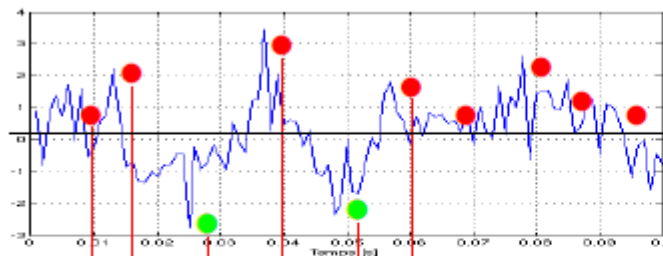
Signal distordu (fréquence)



Signal distordu et bruité

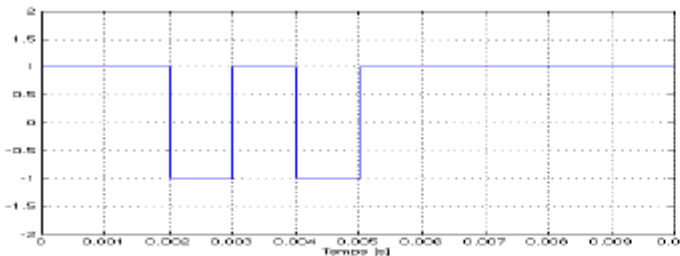
Principe d'estimation d'un signal

- Exemple: Décodeur
- Etapes:



$$\text{Décision : } \begin{cases} \bullet \geq 0 \Rightarrow 1 \\ \bullet < 0 \Rightarrow -1 \end{cases}$$

Cadence d'horloge ?



Message reconstitué

Taux d'erreur : 20%

Plan du cours

1. Rappels de traitement de signal
2. Transmission en bande de base
3. Modulations numériques
4. Communications numériques avancées (OFDM, MIMO...)
5. Le codage de canal
6. Systèmes de communications existants



Communications Numériques

Chapitre 2

Rappels de traitement de signal