

Communications numériques

Maxime Ossonce

ossonce@gmail.com

EFREI – L3

Semestre 5

Déroulé du cours

- ▶ 13.5h de cours,
- ▶ 7×2 h de TD,
- ▶ 4×3 h de TP notés,
- ▶ DS le 18 janvier,
- ▶ interrogation écrite en TD.

Plan du cours

Ch. 1 Transmission en bande de base

Ch. 2 Modulation

Ch. 3 Codage correcteur

Ch. 4 Codage source

Communications numériques

Etude de la transmission

- ▶ d'une source numérique
- ▶ sur un canal physique.

Les signaux

Les signaux transmis sont

- ▶ des signaux analogiques échantillonnés, quantifiés, codés:
 - ▶ audio/voix,
 - ▶ image,
 - ▶ vidéo. . .
- ▶ des données numériques.

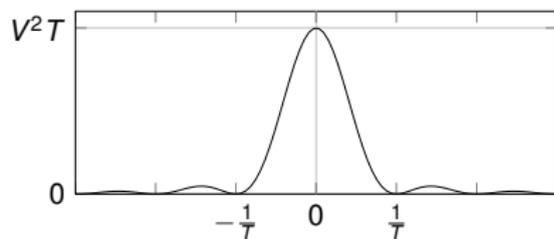
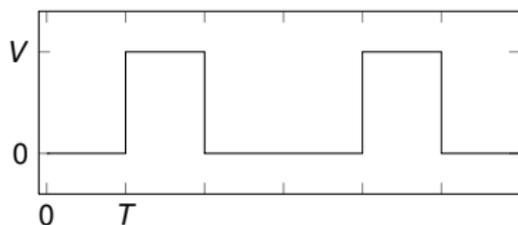
Les canaux

- ▶ Canal
 - ▶ câble coaxial,
 - ▶ espace libre,
 - ▶ paire de cuivre...
- ▶ Stockage
 - ▶ support magnétique,
 - ▶ optique...

Codage

Le codage consiste à créer un **signal** transmis sur un canal à partir de données numériques. Exemple: codage NRZ binaire.

Figure: Signal codé NRZ



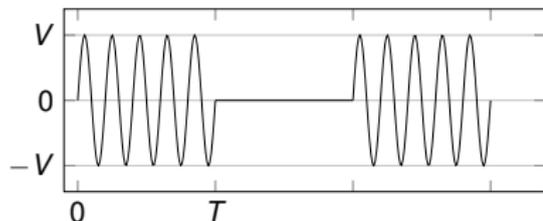
(a) Représentation dans le domaine temporel: $x(t)$

(b) Représentation dans le domaine fréquentiel: $S_{xx}(f)$

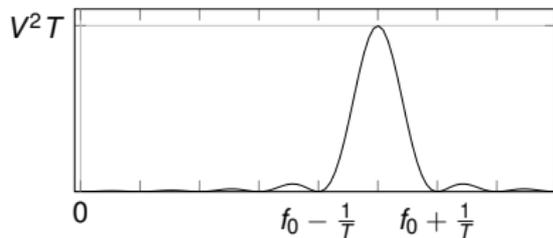
Modulation

La modulation permet de créer un signal en **bande transposée**. Exemple: modulation OOK.

Figure: Signal modulé OOK



(a) Représentation dans le domaine tempore: $e(t)$



(b) Représentation dans le domaine fréquentiel: $S_{ee}(f)$

Transmission

- ▶ Propriétés spectrales du signal codé ou modulé.
- ▶ Effets de perturbation du canal:
 - ▶ filtrage,
 - ▶ bruit.
- ▶ Régénération du signal numérique à la réception.

Codes correcteurs

Le bruit induit une probabilité d'erreur P_e . Le **codage canal**

- ▶ ajoute de la **redondance** au signal,
- ▶ permet de réduire la probabilité d'erreur.

Codage source

Création, étude d'une source numérique à partir d'un signal numérique ou analogique:

- ▶ **échantillonnage, quantification,**
- ▶ le **codage source** permet de réduire la redondance de la source.

Plan

Schéma de transmission

Modèle de canal physique

Intérêt de la transmission numérique

Source numérique

On considère une **source** numérique à transmettre:

- ▶ suite de symboles prenant un nombre fini de valeurs (e.g. deux valeurs pour une source **binaire**),
- ▶ cadencée par une **horloge** de période T_s .

Canal physique

Le support de la transmission est un **canal physique**:

- ▶ Câbles (paire torsadée de cuivre – téléphone –, câble coaxial...),
- ▶ transmission électromagnétique en espace libre (canal hertzien – TNT, Wifi),
- ▶ optique en espace libre (infrarouge),
- ▶ fibre optique...

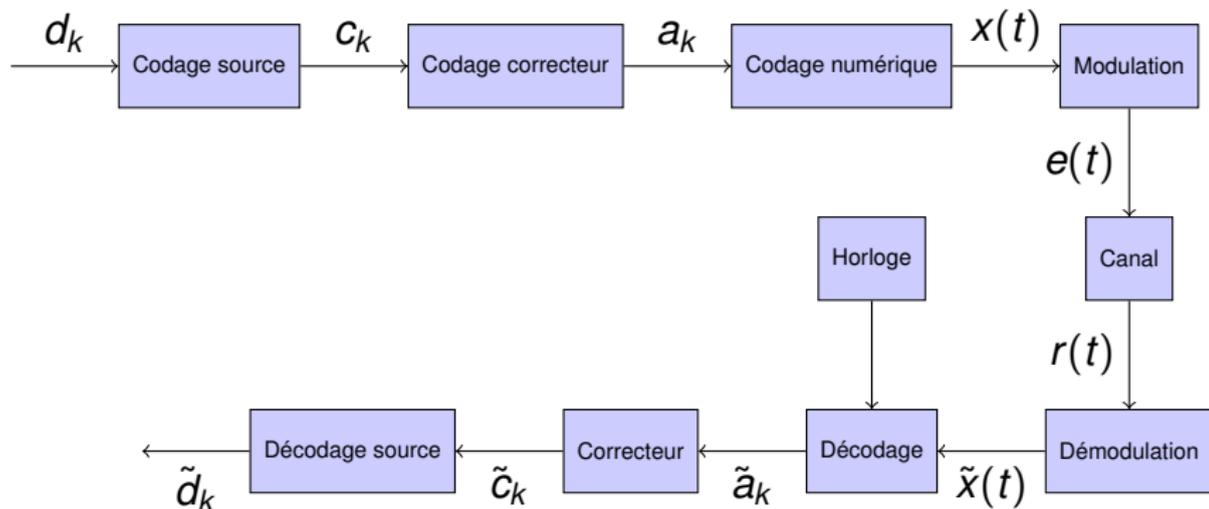
Bande de base, bande transposée

Chacun des canaux impose au signal transmis une conformité de son spectre:

- ▶ Un signal numérique dont la fréquence centrale est 0 est dit en **bande de base** (ou *baseband*), il s'agit du **codage en ligne**,
- ▶ si la fréquence centrale est f_0 , le signal est dit en **bande transposée**, il s'agit alors de la **modulation**.

Par exemple, un canal hertzien, défini par une fréquence centrale f_0 et une largeur de bande W , imposera une modulation.

Schéma de transmission



Plan

Schéma de transmission

Modèle de canal physique

Intérêt de la transmission numérique

Schéma de modélisation du canal physique

- ▶ Le canal est supposé linéaire, invariant dans le temps (**filtre linéaire**),
- ▶ il apporte des perturbations au signal (**bruit additif**).

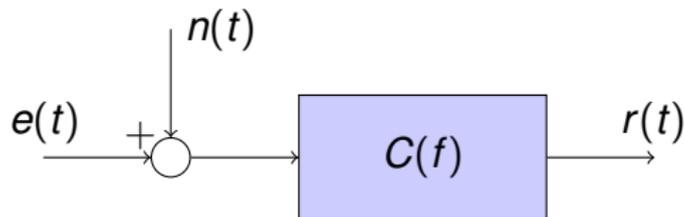


Figure: Schéma bloc modélisant le canal physique

- ▶ $e(t)$ le signal émis, $n(t)$ le bruit additif (**aléatoire**), $C(f)$ la **fonction de transfert** du canal,
- ▶ le signal reçu $r(t) = [e(t) + n(t)] * c(t)$

Plan

Schéma de transmission

Modèle de canal physique

Intérêt de la transmission numérique

Perturbations

Le signal numérique subit des perturbations **irréversibles**

- ▶ $r(t) = [e(t) + n(t)] * c(t) \neq e(t)$
- ▶ filtrage,
- ▶ bruit.

Propriétés de $e(t)$

Toutefois, si $e(t)$ a des propriétés connues, il est possible de le **régénérer**:

- ▶ $e(t)$ est constant entre deux transitions,
- ▶ les transitions sont connues grâce à l'horloge,
- ▶ le signal prend un nombre fini de valeurs (ou états).

Intérêts de la transmission numérique

En outre la transmission numérique permet la mise en place de techniques de

- ▶ cryptographie (sécurité),
- ▶ corrections d'erreur (codage canal).