

# Signaux et Systèmes MT

---

## Chapitre 1 Introduction

Michael Unser, LIB/STI

# LEÇON D'INTRODUCTION

---

- **But du cours**
- **Tour d'horizon rapide**
  - 1.1 Notions de signal et de système
  - 1.2 Systèmes de communication
  - 1.3 Exemples de traitement du signal
  - 1.4 Exemples de micro-systèmes
- **Contenu du cours**
- **Exercices et travaux pratiques**

# But du cours

---

- Caractérisation des différents types de **signaux**, continus et discrets, analogiques et numériques
- Modélisation des **systèmes** de traitement du signal, utilisés en instrumentation et pour les télécommunications
- Acquisition des bases pour consulter la littérature spécialisée
- Connaissances de base pour concevoir et réaliser de nouveaux micro-systèmes
- Préparation à l'imagerie et au traitement d'images

# Outils de base

---

## ■ Théorie des systèmes linéaires

- Opérateurs linéaires, produit scalaire (rudiments d'analyse fonctionnelle et Hilbertienne)
- **Opérateurs de convolution** (filtres)
- Equations différentielles ordinaires

## ■ Transformation de Fourier

- Représentation des signaux; modélisation/caractérisation des systèmes linéaires invariant dans le temps (e.g. réponse fréquentielle)
- Techniques de calcul et de résolution dans le domaine de Fourier
- Utilisation rationnelle et efficace; représentation graphique
- Implémentation numérique

## ■ Transformation en $z$

- Signaux et systèmes discrets

# TOUR D'HORIZON RAPIDE

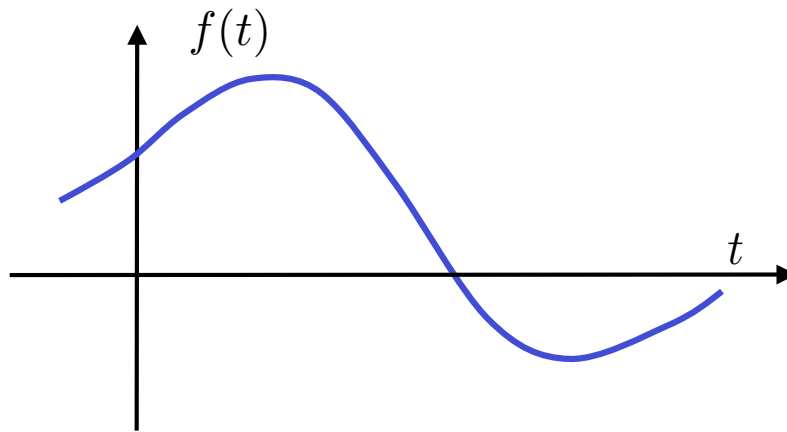
---

- **1.1 Notions de signal et de système**
- **1.2 Systèmes de communication**
- **1.3 Exemples de traitement du signal**
- **1.4 Exemples de micro-systèmes**

# Notion de signal

---

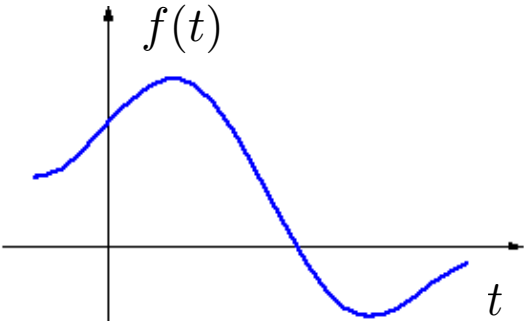
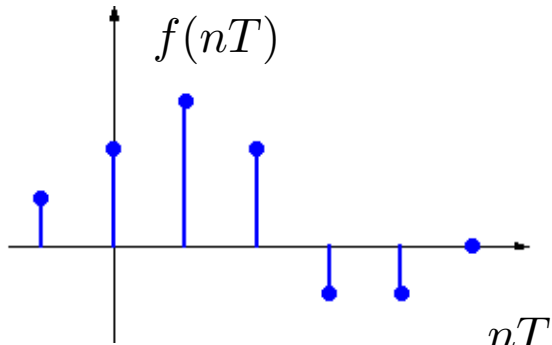
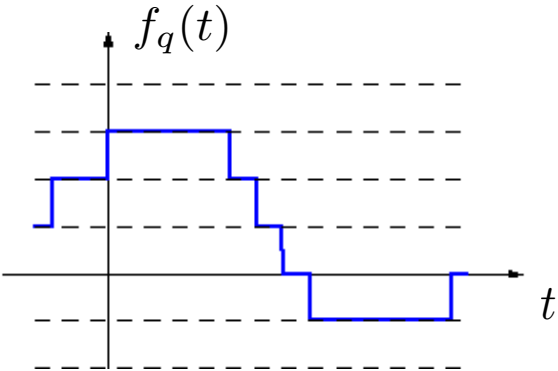
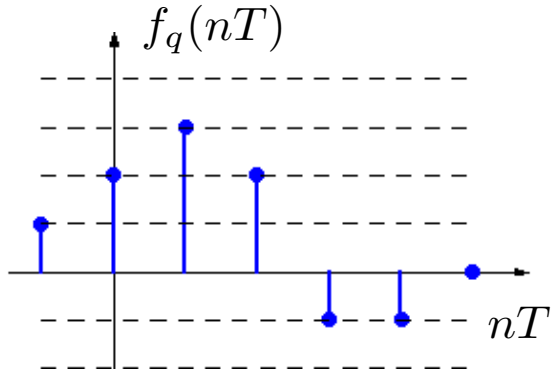
- Signal: support de l'information
- Représentation mathématique: fonction du *temps*



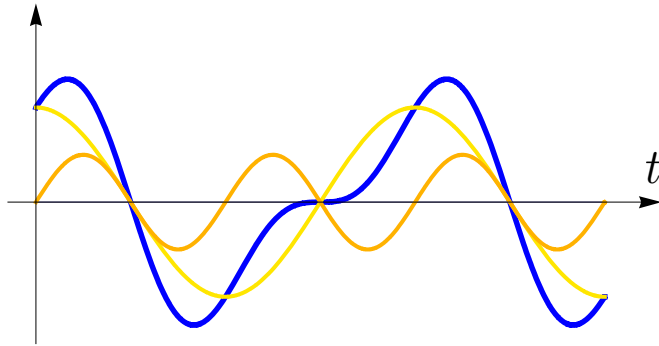
- Exemple: Signaux acoustiques
  - Voix, musique, bruit

*Support physique:*  
ondes de pression

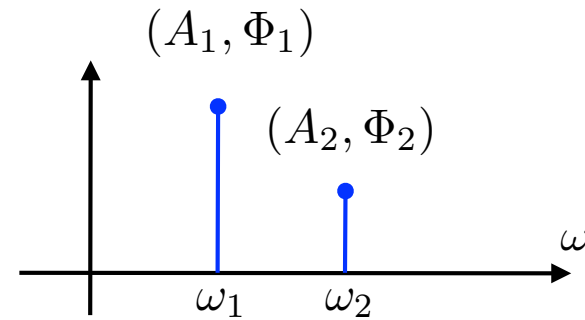
# Classification des signaux

		Temps	
		SIGNAUX CONTINUS	SIGNAUX DISCRETS
Amplitude	SIGNAUX NON-QUANTIFIES	 <p>Analogiques</p>	 <p>Discrets</p>
	SIGNAUX QUANTIFIES	 <p>Analogiques quantifiés</p>	 <p>Discrets numériques</p>

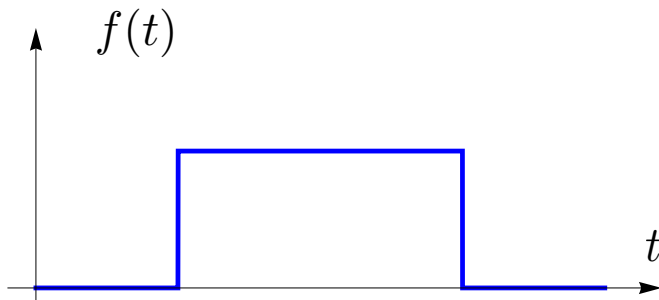
# Notion de spectre



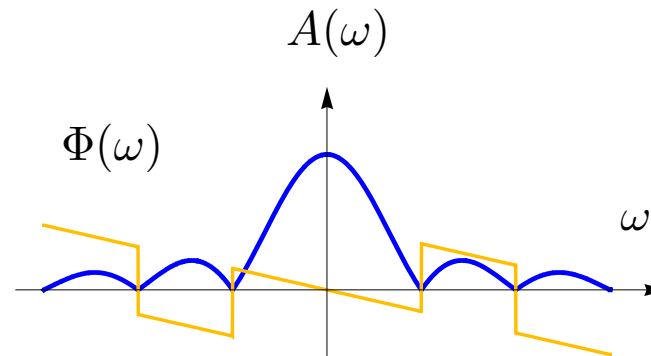
Somme de signaux sinusoïdaux



Spectre discret (raies)



Signal à durée finie

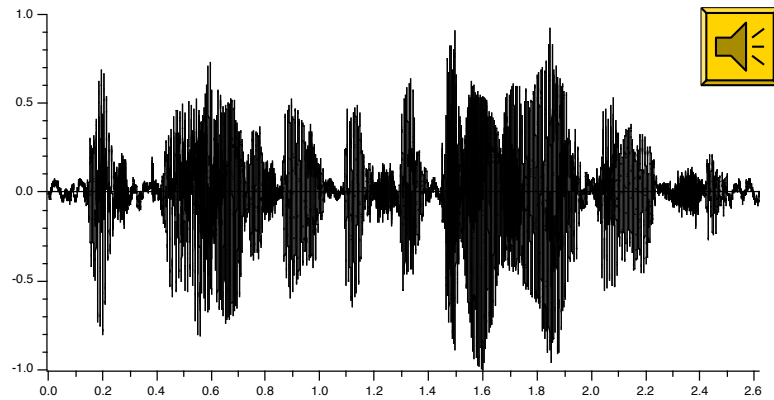


Densité spectrale

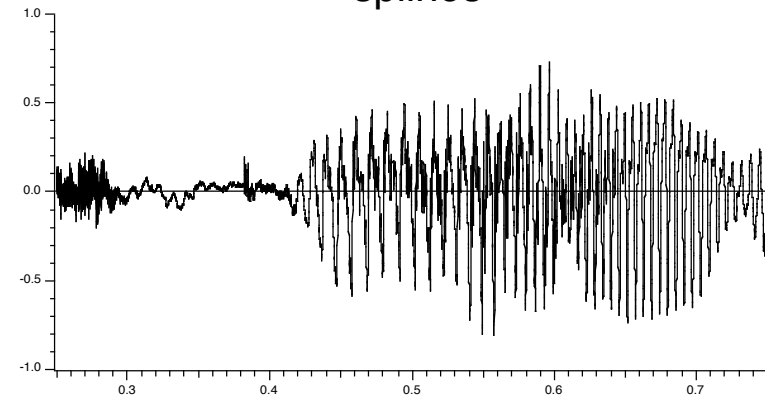


# Signal de la parole

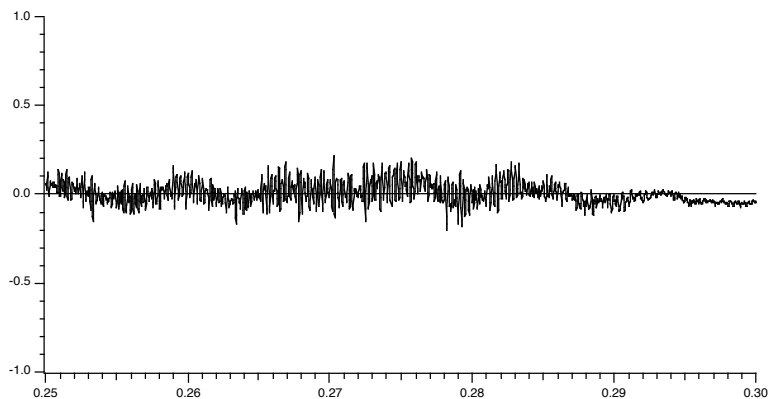
« Les splines sont des fonctions polynomiales par morceaux »



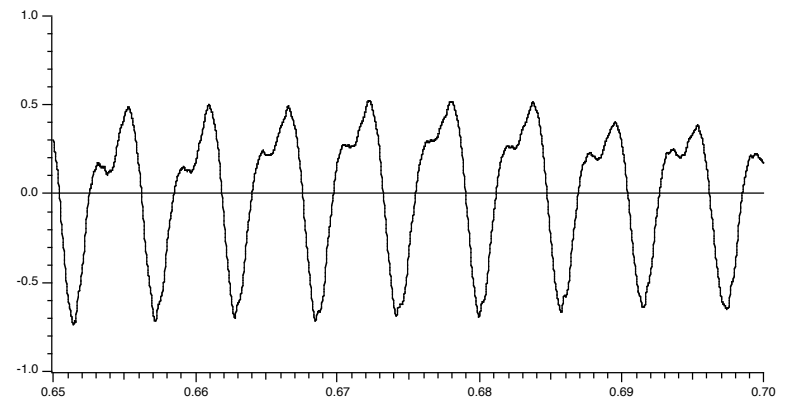
« splines »



**Son non-voisé: « sss »**

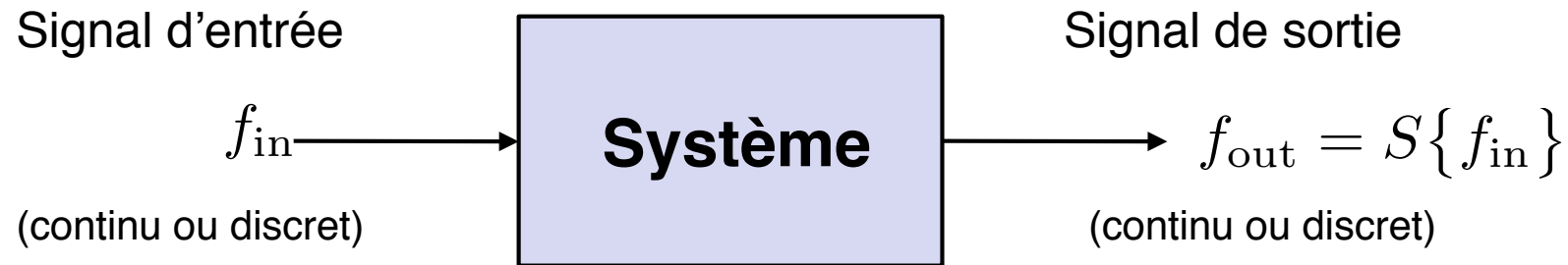


**Son voisé: « iii »**



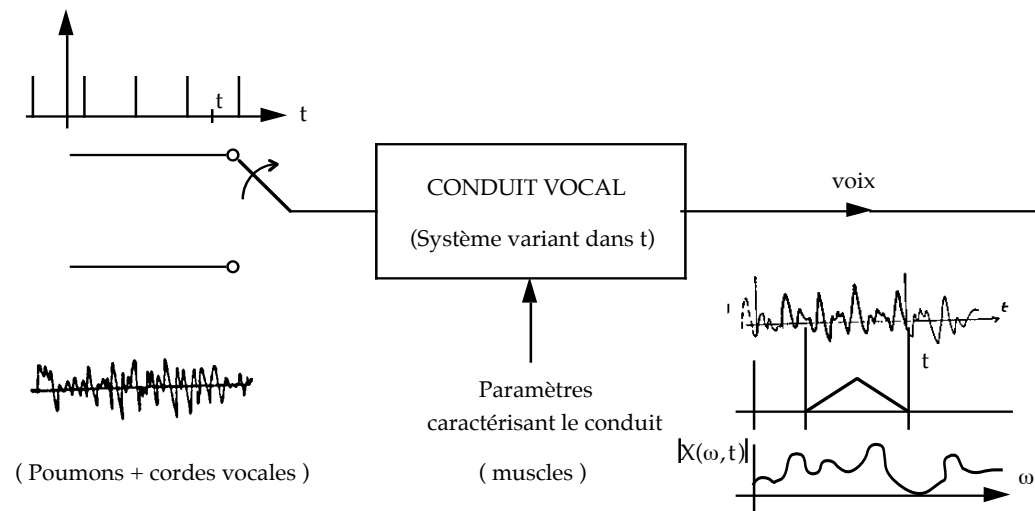
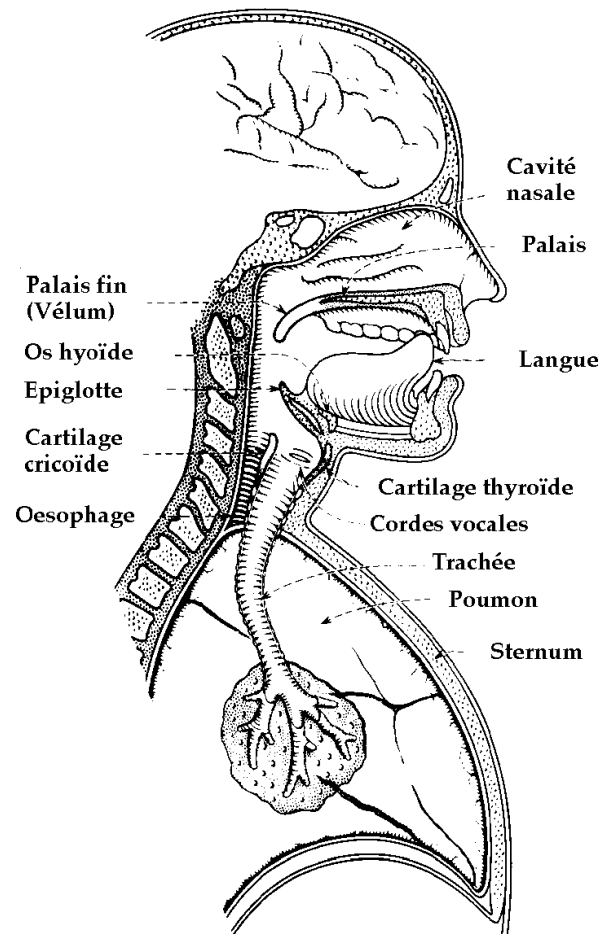
# Notion de système

---



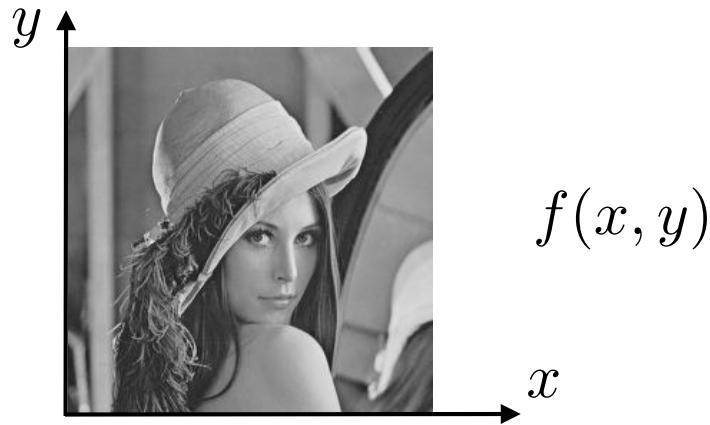
- Canal de transmission (analogique)
  - Equations différentielles à constantes localisées
  - Phénomènes d'atténuation et de dispersion
- Système de traitement
  - Filtre analogique (circuit RLC)
  - Filtre numérique (algorithme Matlab ou DSP)
  - Système hybride

# Modélisation du conduit vocal

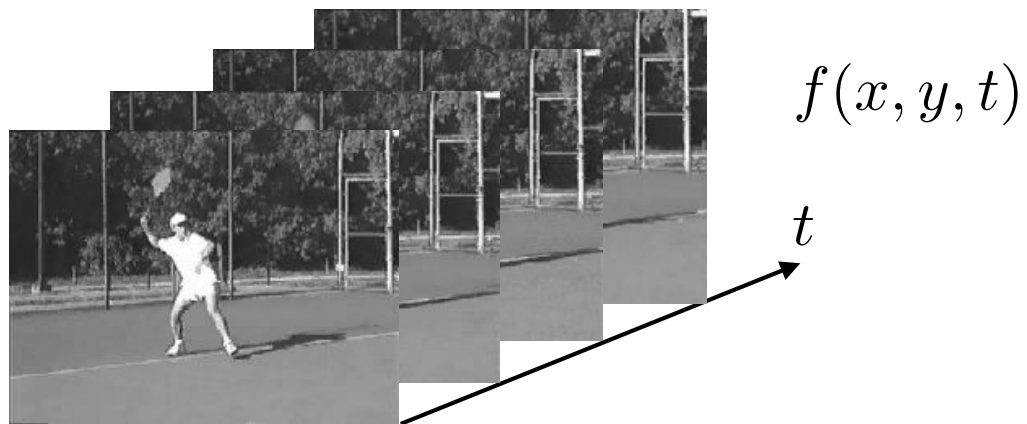


# Signaux multidimensionnels

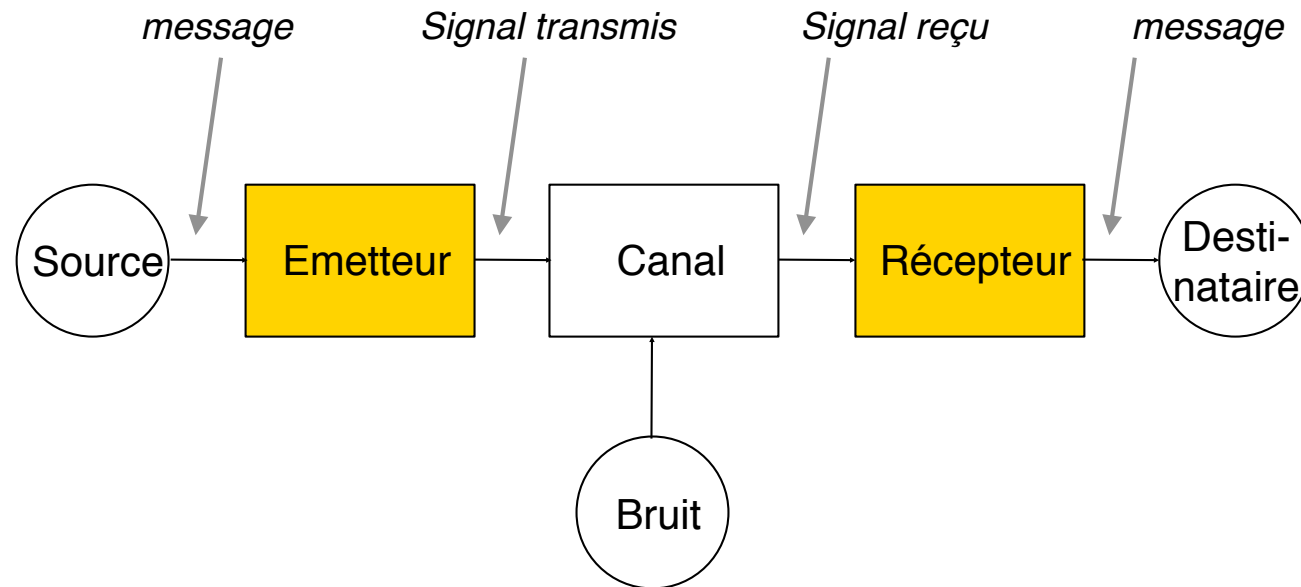
- Signaux visuels (photo, film, vidéo)



Support physique: ondes  
électromagnétiques  
modulées en intensité



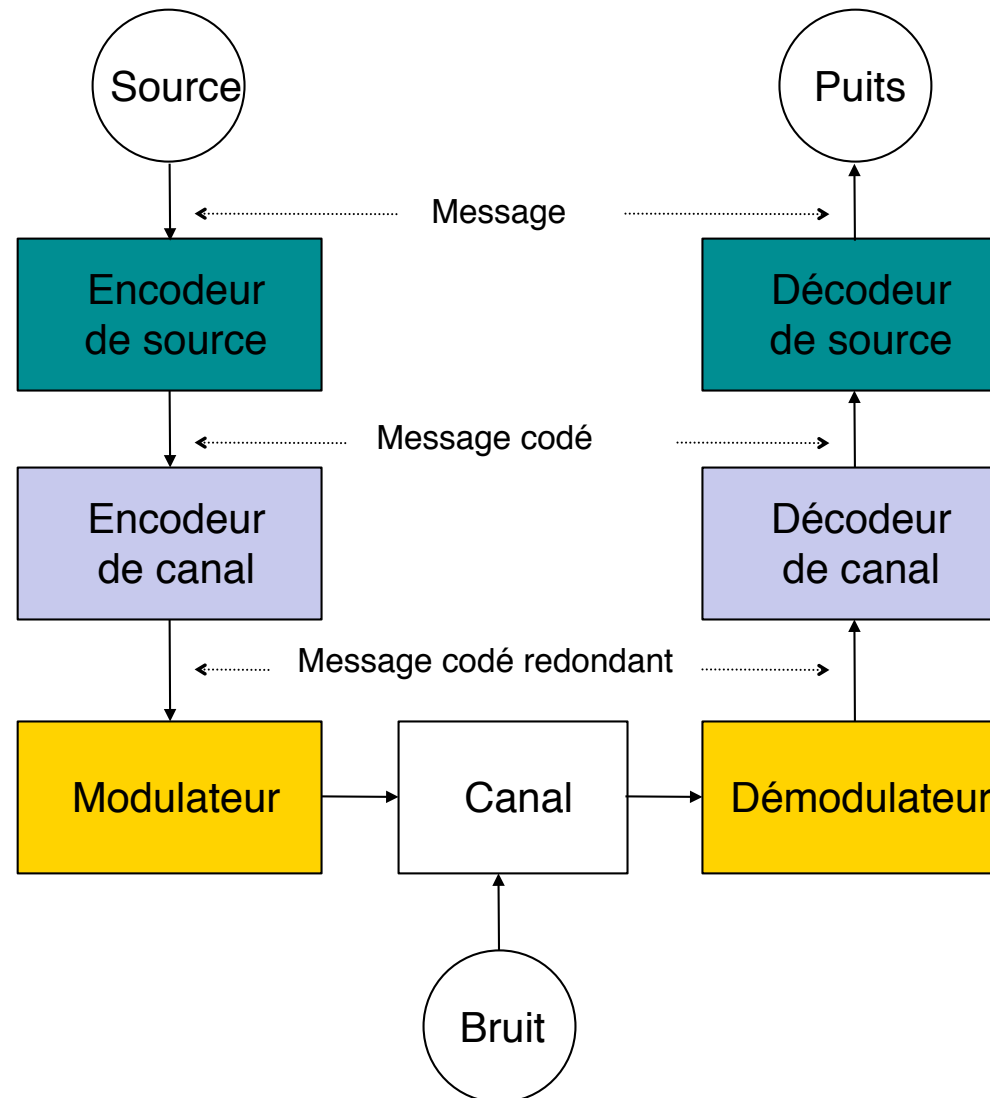
# 1.2 SYSTÈMES DE COMMUNICATION



- **Canal de transmission**
  - Air, vide, eau
  - Ligne ou câble téléphonique
  - Fibre optique
- **Types de distorsions**
  - Bruit
  - Atténuation
  - Dispersion

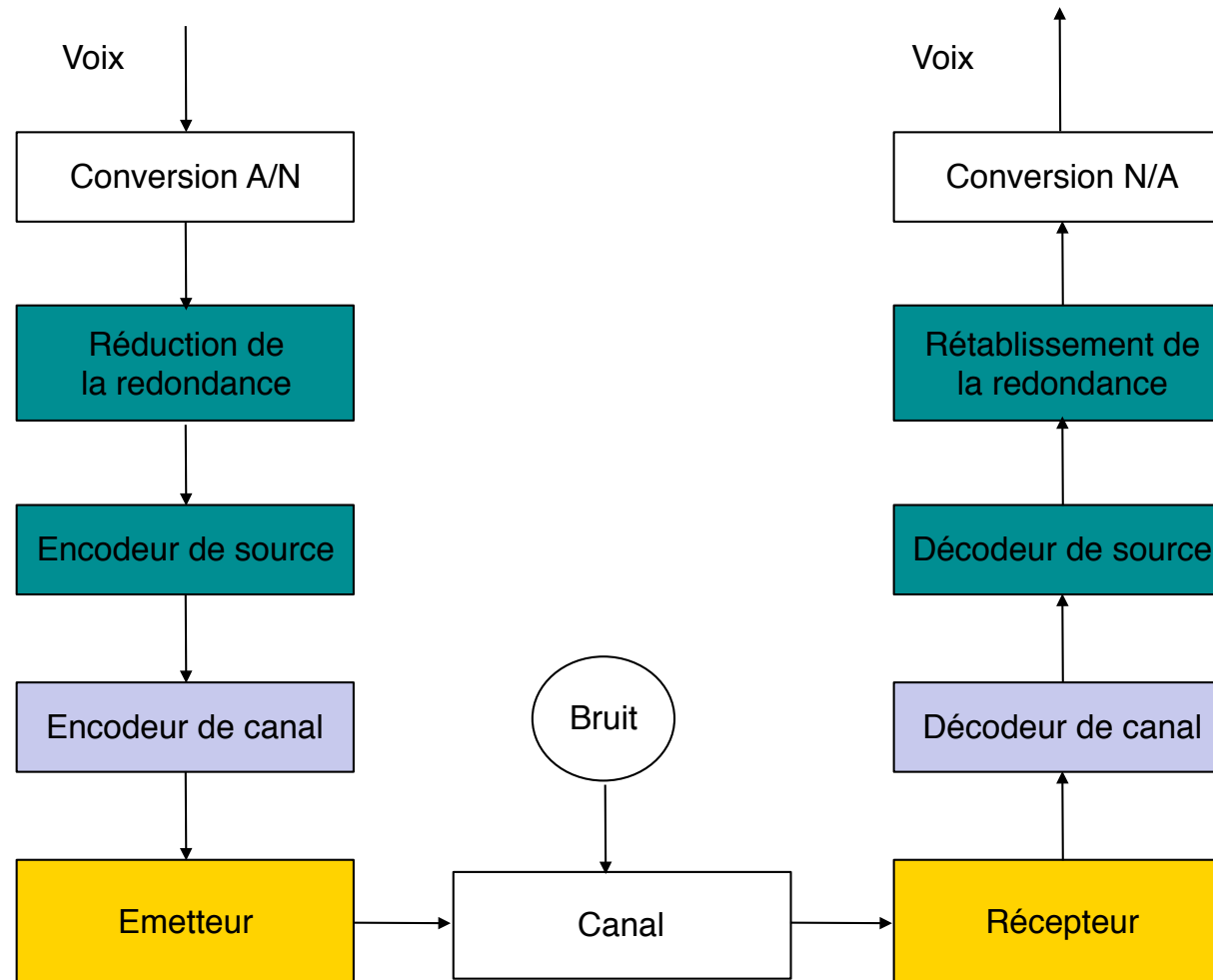
# Système de communications numériques

Source discrète — séquence de caractères



# Système de communications numériques

Source continue — Voix



## 1.3 EXEMPLES DE TRAITEMENT DU SIGNAL

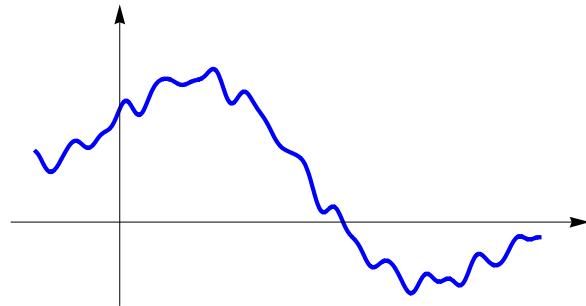
---

- Conversion A/N: modulation PCM
- Modulation impulsionnelle d'amplitude
- Modulation fréquentielle d'amplitude
- Prothèse auditive
- Compression d'images

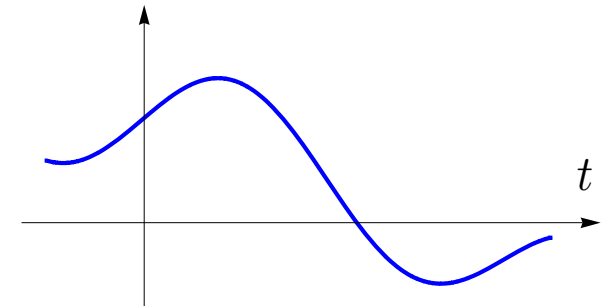


# Exemple de traitement du signal

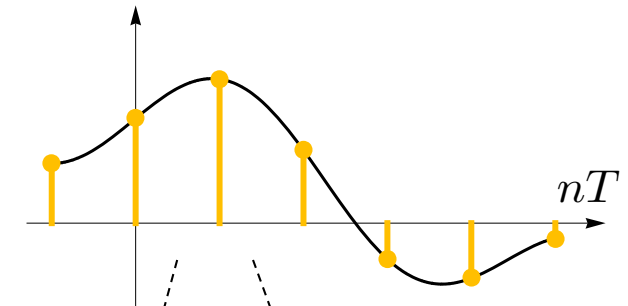
Conversion A/N: modulation PCM (pulse-coded modulation)



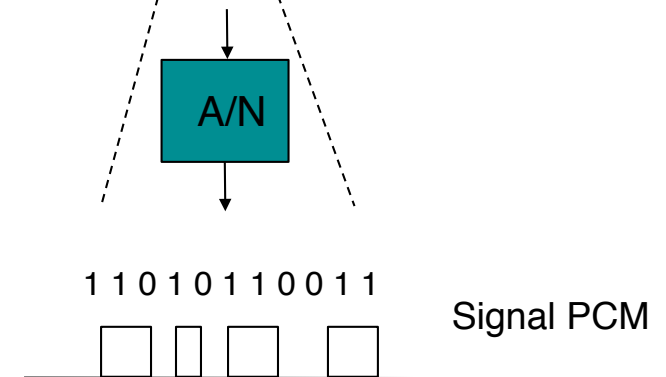
■ Filtrage



■ Echantillonnage

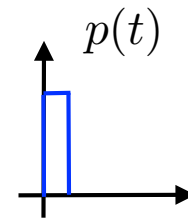
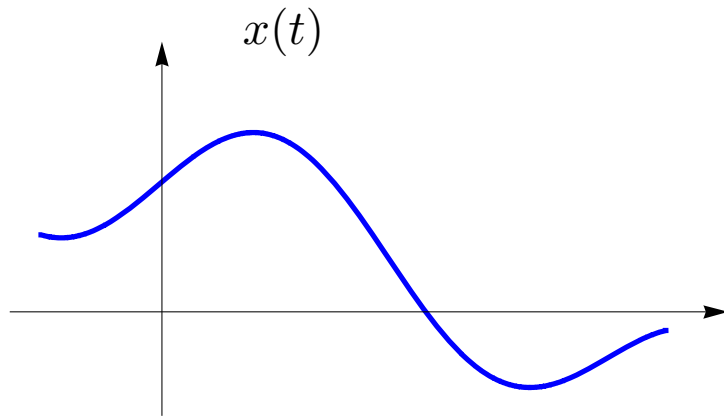


■ Numérisation

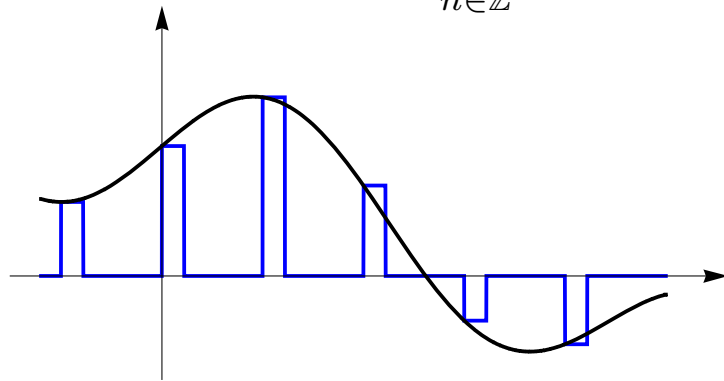


# Exemple de traitement du signal analogique

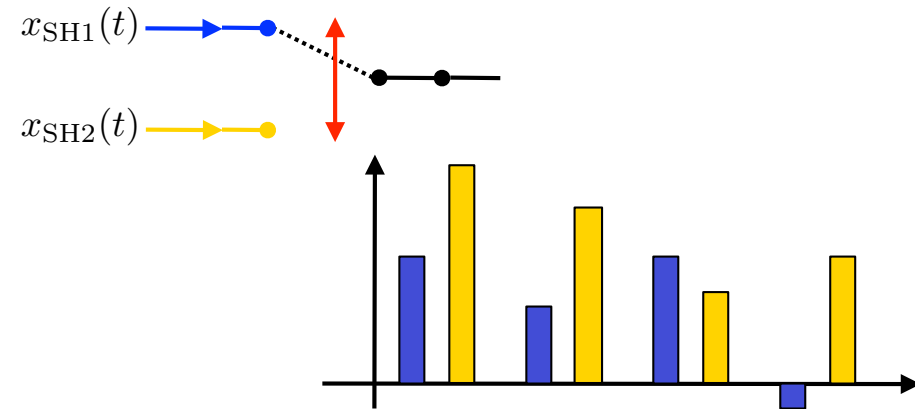
Modulation impulsionnelle d'amplitude « Sample-and-hold »



$$x_{SH}(t) = \sum_{n \in \mathbb{Z}} x(nT) p(t - nT)$$

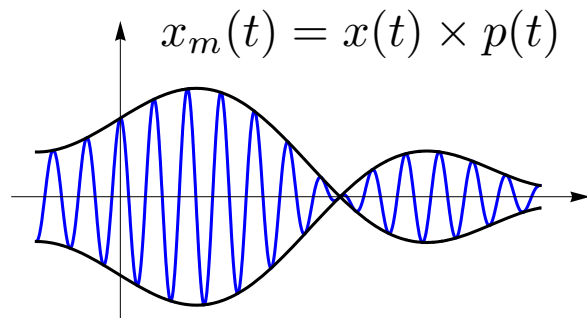
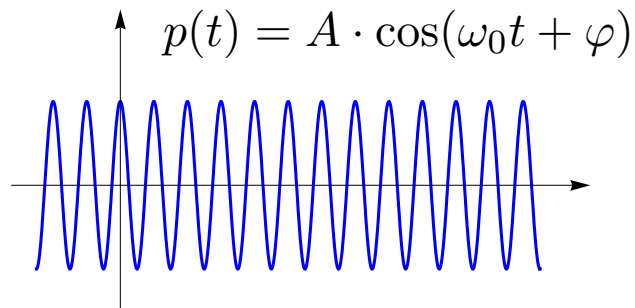
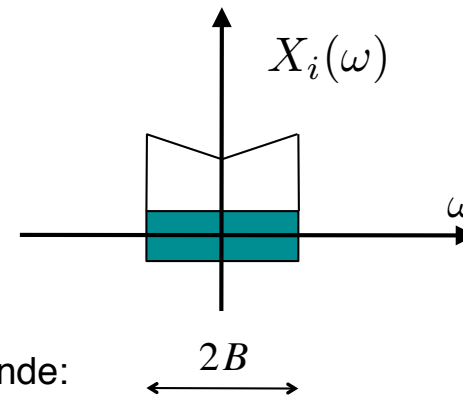
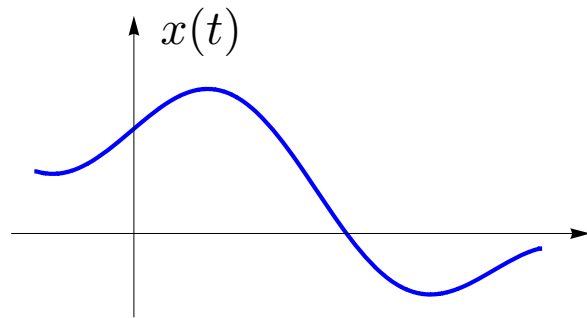


Multiplexage temporel

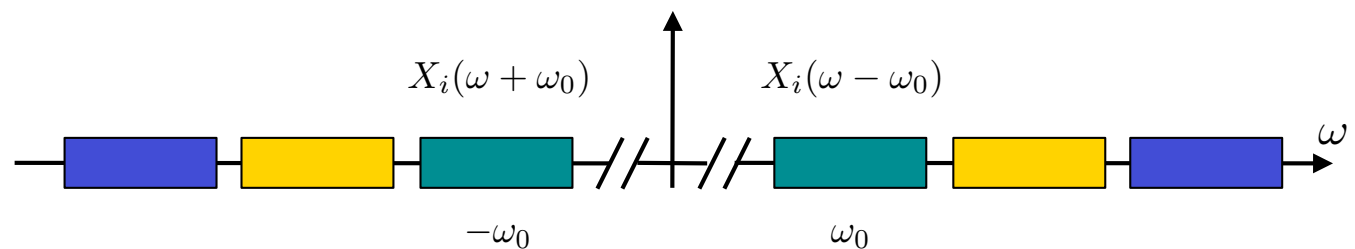


# Exemple de traitement du signal analogique

Modulation continue d'amplitude avec double bande latérale



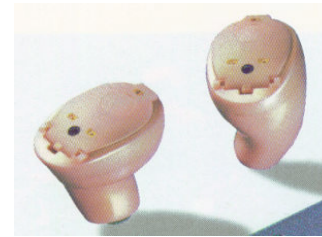
Multiplex dans l'espace des fréquences



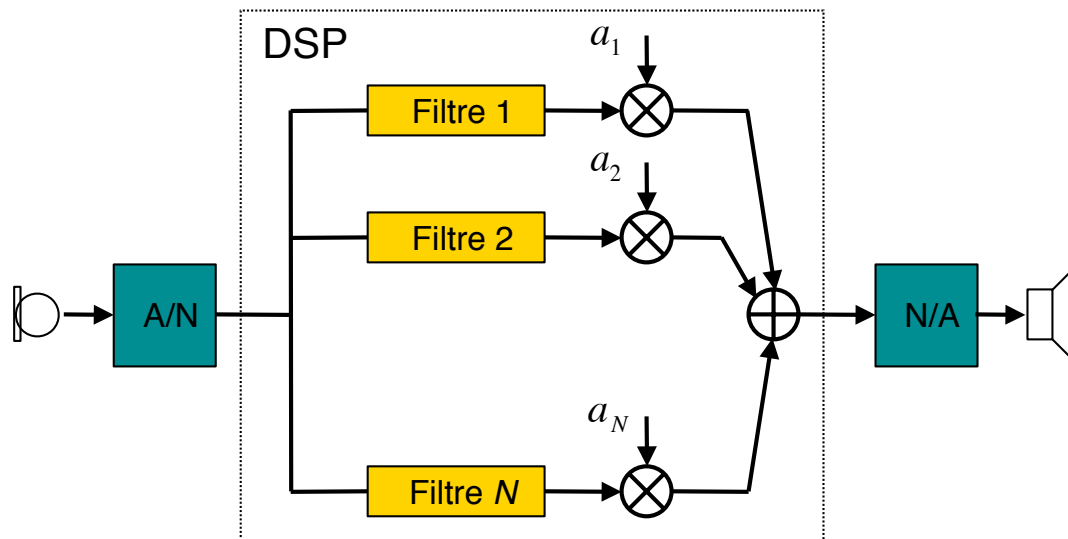
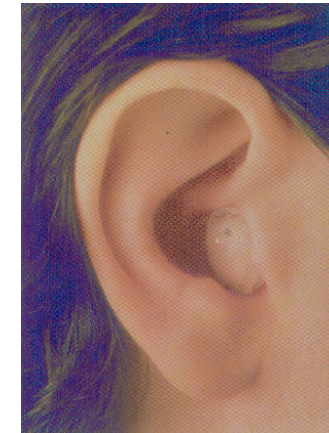
# Prothèse auditive digitale



*Prothèses auditives  
"derrière l'oreille"*

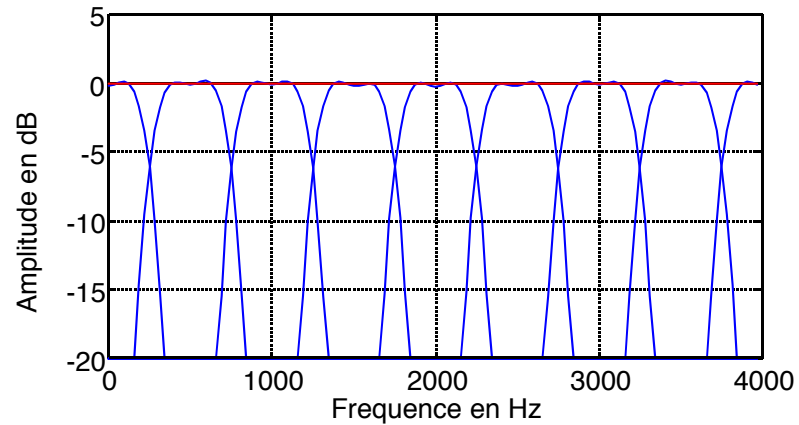


*Prothèses auditives  
"dans le canal"*

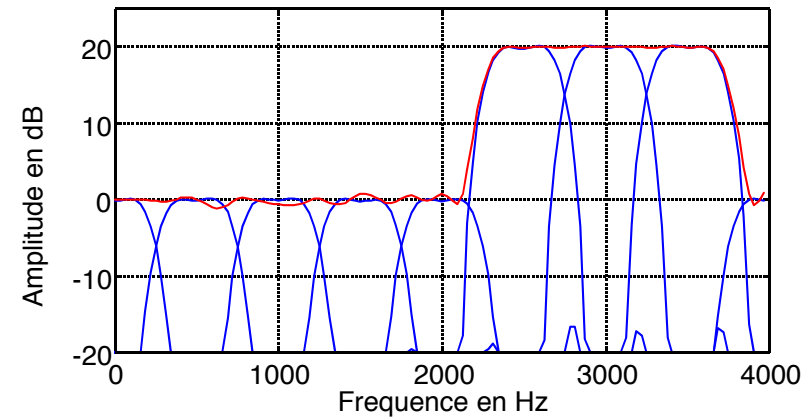


# Exemples de corrections

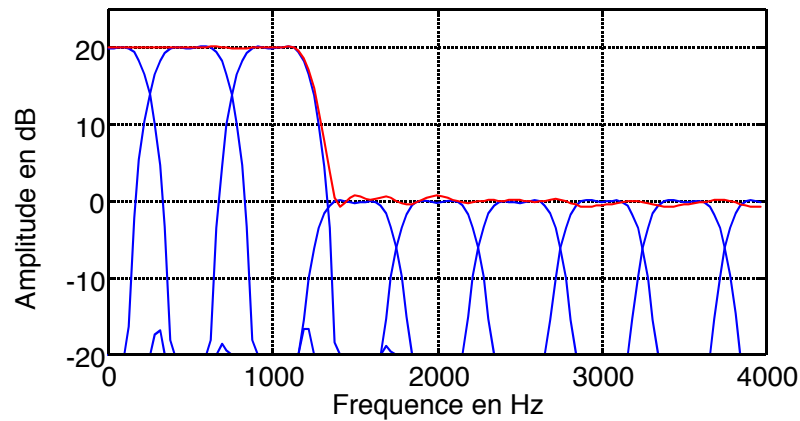
## ■ Passe-tout



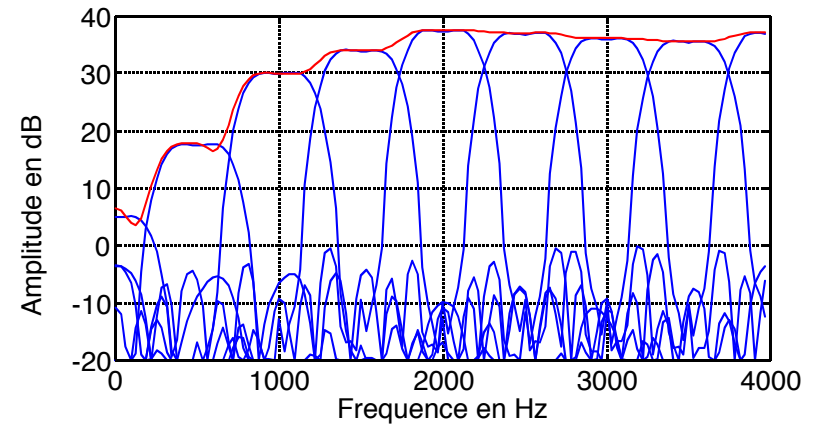
## ■ Passe-haut



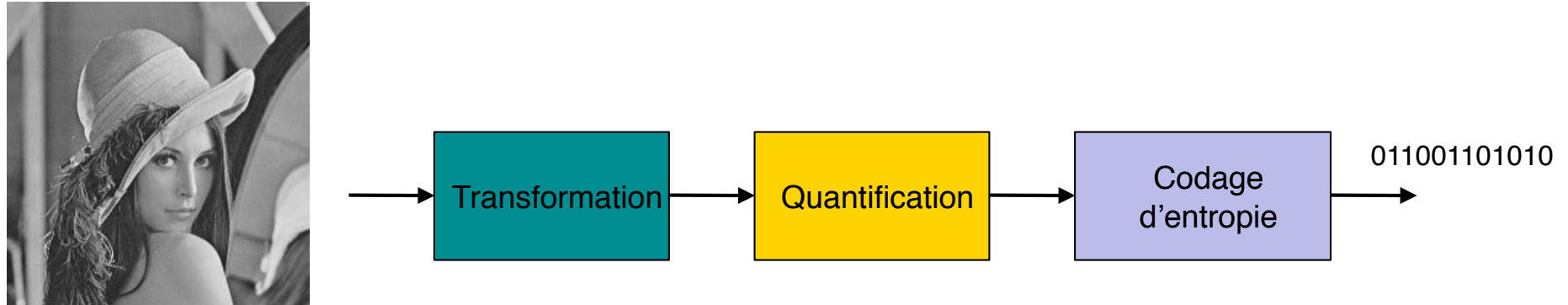
## ■ Passe-bas



## ■ Prescription

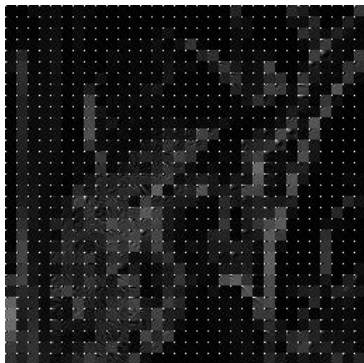


# Traitement d'images: compression

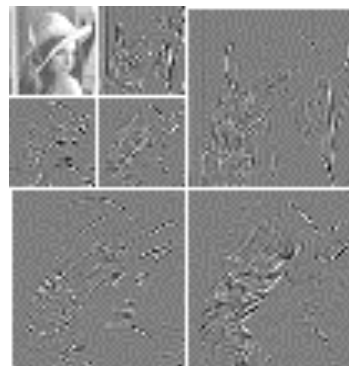


- Transformation d'images

JPEG 8×8 DCT



JPEG2000: Ondelettes



# Compression JPEG

---



Image originale: 256\*256 pixels, 8 bits  
Taille du fichier (TIFF) : 85604 bytes



Facteur de qualité JPEG: 20  
Taux de compression: 10



Facteur de qualité JPEG: 5  
Taux de compression: 22



Facteur de qualité JPEG: 0  
Taux de compression: 27

## 1.4 EXEMPLES DE MICRO-SYSTEMES

---

- Traitement du signal audio
- Communications
- Instrumentation et mesure
- Electronique médicale
- Traitement d'images



# Micro-systèmes

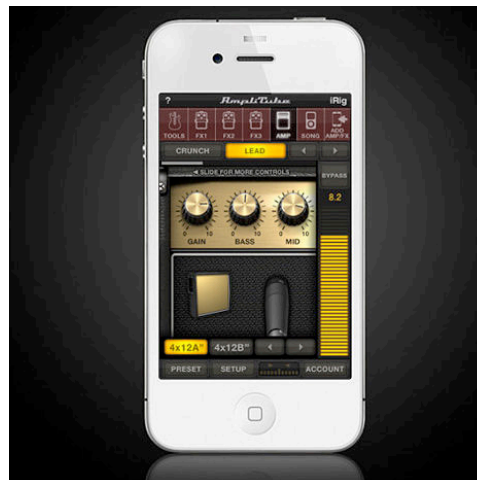
- Traitement du signal audio
  - Filtrage
  - Compression
  - Effets spéciaux
  - Son « surround »



*Baladeurs mp3*



*Guitar processor*



*Logiciels pour l'écoute et l'enregistrement*

# Micro-systèmes

## ■ Communications

- Modulation, démodulation
- Détection, égalisation
- Compression
- Cryptographie



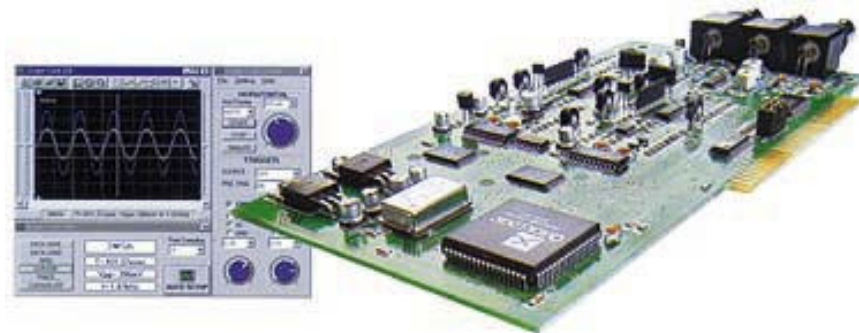
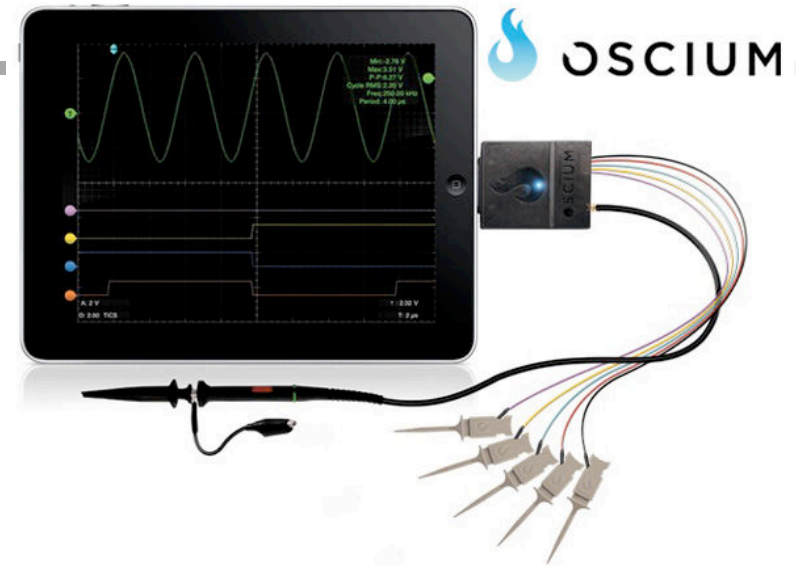
*Téléphones portables*



*Montres GPS et caméra*

# Micro-systèmes

- Instrumentation et mesure
  - Filtrage
  - Analyse spectrale (FFT)
  - Synthèse de signaux



*Oscilloscope numérique*



*Séismographe*

# Micro-systèmes

- Electronique médicale
  - Filtrage
  - Analyse spectrale (FFT)
  - Détection



*Echographie fœtale*



*Moniteur de stress*



*Prothèse auditive*



# Micro-systèmes

- Traitement d'images; photographie numérique
  - Filtrage
  - Compression
  - Reconnaissance des formes
  - Analyse et traitement de l'information



*Caméras numériques*

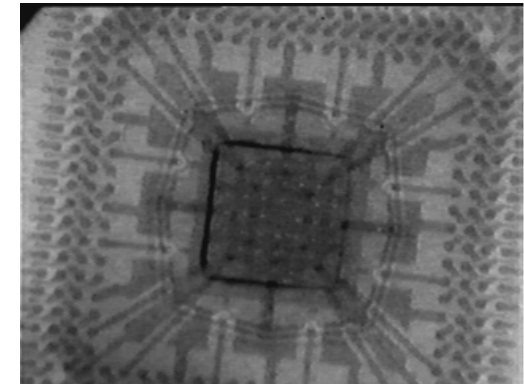


Image originale

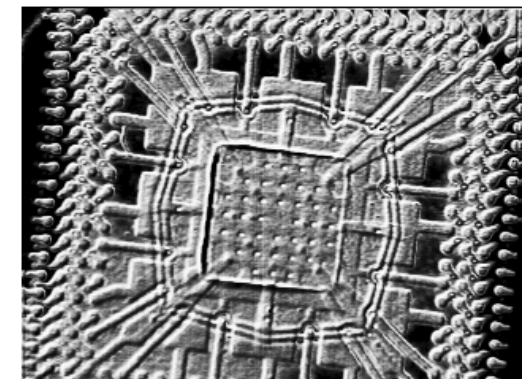


Image traitée

# Contenu du cours: semestre d'hiver

---

- Systèmes analogiques linéaires
- Analyse de Fourier appliquée à la représentation des signaux et aux opérations fondamentales de traitement
- Echantillonnage des signaux analogiques
- Techniques de modulation
- Analyse et synthèse des filtres analogiques

# Contenu du cours: semestre d'été

---

- Signaux discrets et numériques; transformée en  $z$
- Systèmes discrets linéaires; filtres numériques
- Transformée de Fourier discrète; algorithmes rapides (FFT et convolution)
- Compression du signal; codage de source
- Notions de codage de canal
- Processus stationnaires; détection de signaux dans du bruit

## 1.5 BIBLIOGRAPHIE

---

- Ouvrage conseillé

- B.P. Lathi, *Signal Processing and Linear Systems*, Oxford University Press, UK, 1998.

- Autres

- E.W. Kamen, B.S. Heck, *Fundamentals of Signals and Systems*, Prentice-Hall, 1999.
- B.P. Lathi, *Modern Digital and Analog Communication Systems*, 3rd Edition, Oxford University Press, 1998.



- Exercices
  - But des exercices
  - Organisation
  - Corrigés
- Illustrations Matlab / SysQuake
  - But des illustrations
  - Organisation
- Travaux pratiques
  - Projets de semestres (7e ou 8e semestre)
  - Travail de diplôme