
Traitement Numérique du Signal

Nathalie Thomas

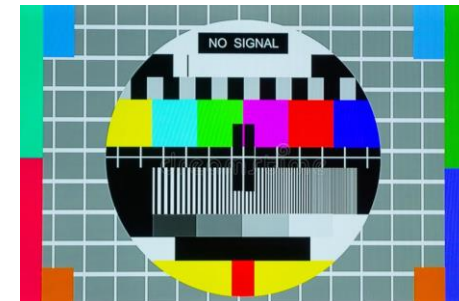
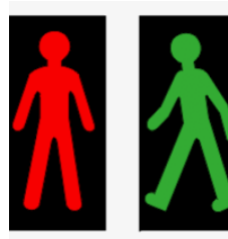
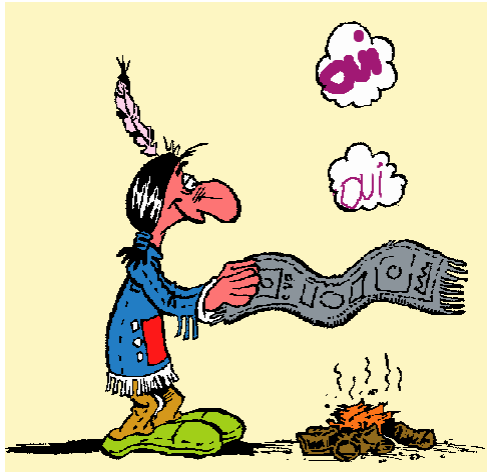
IRIT/ENSEEIHT
Nathalie.Thomas@enseeiht.fr

Traitement Numérique du Signal

INTRODUCTION

Qu'est-ce qu'un signal ?

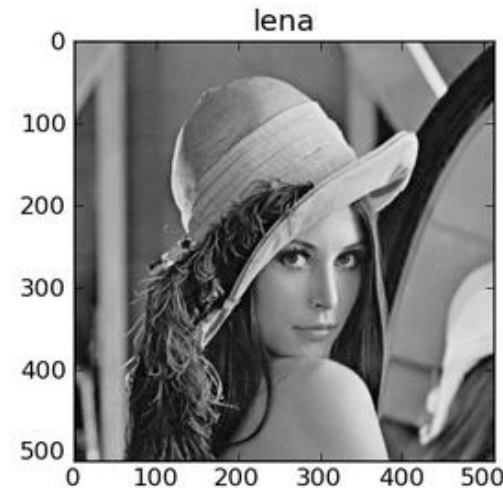
→ Formes multiples et variées de signaux



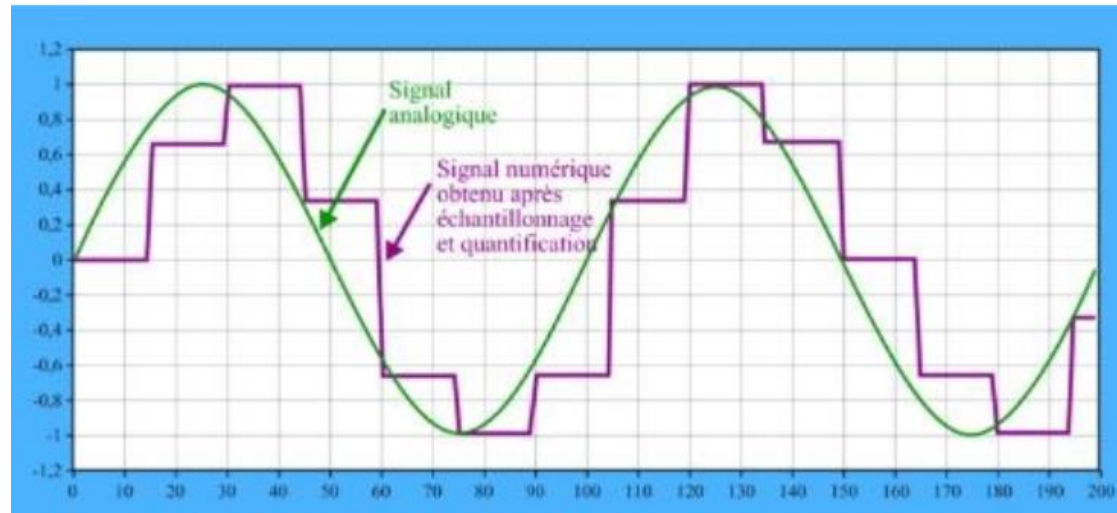
Point commun : représentent un message, contiennent une information.

Qu'est-ce qu'un signal ?

→ Représentation théorique : $x(t)$, $I(x,y)$...



→ Signaux analogiques, signaux numériques (échantillonnage, quantification)



Le traitement du signal : pourquoi ?

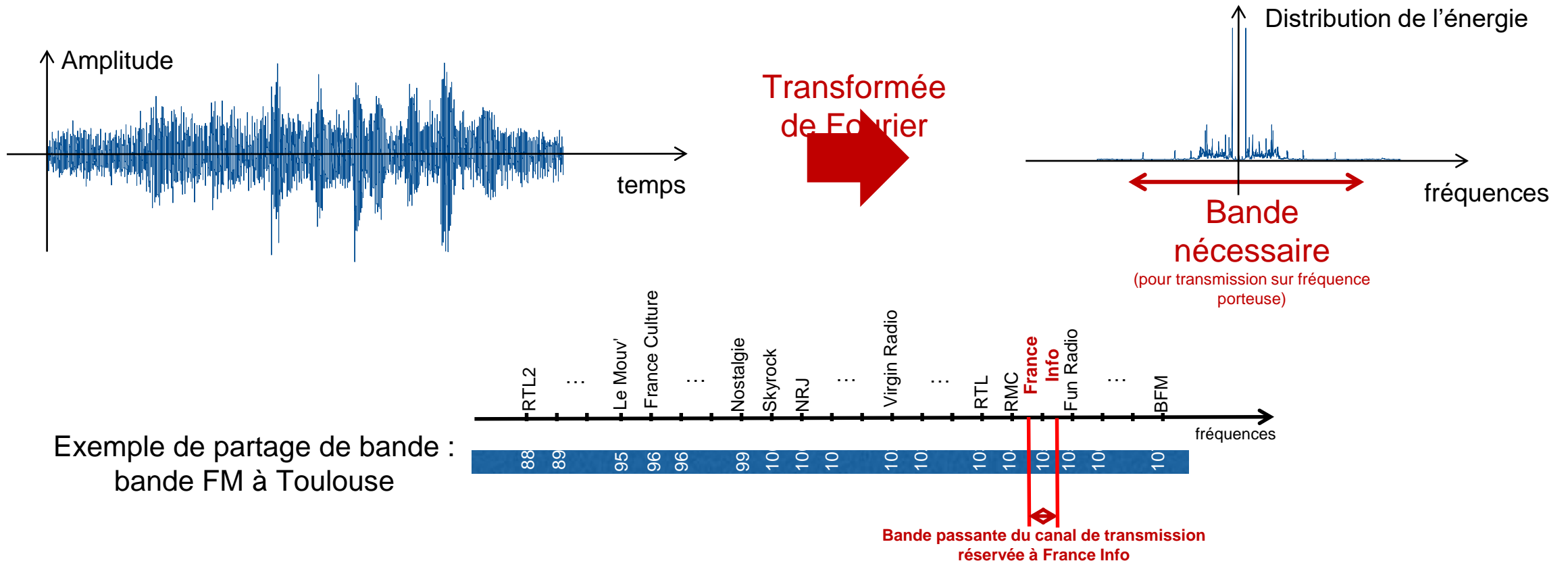


Le traitement du signal : pourquoi ?



Exemple 1

- Identifier la bande de fréquence nécessaire à la transmission d'un signal,



Exemple de partage de bande :
bande FM à Toulouse

Le traitement du signal : pourquoi ?



Exemple 2

- Eliminer des composantes indésirables : le bruit, certaines fréquences...

SNR = 0 dB

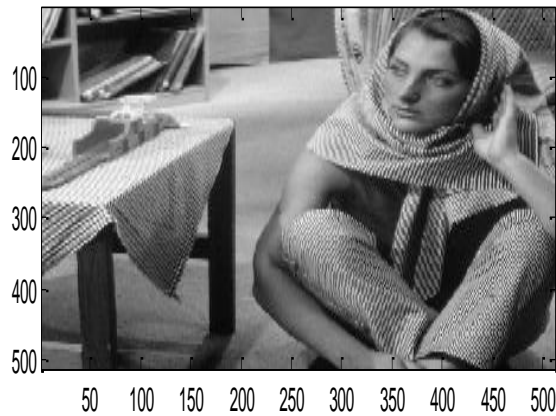


Image émise

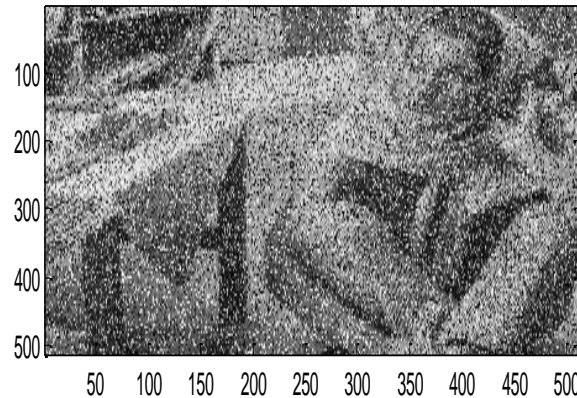


Image reçue
Avant filtrage de réception

TEB = 0.1581

Filtrage

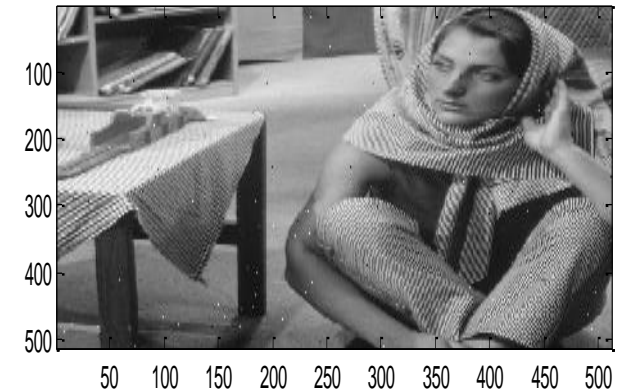


Image reçue
après filtrage de réception

TEB = 7.5483e-04

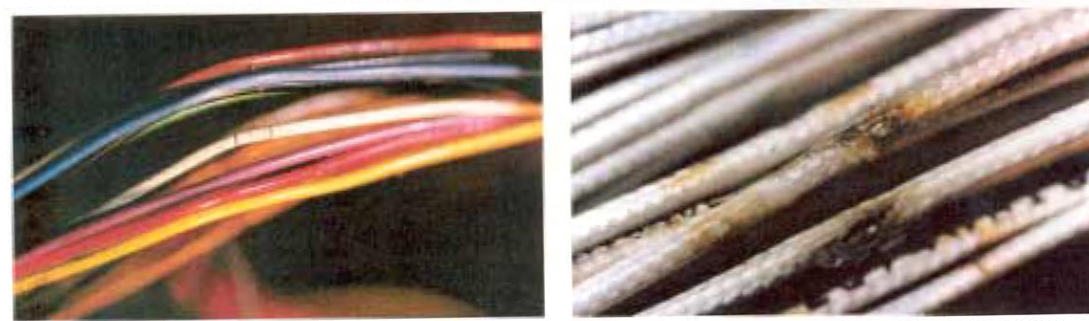
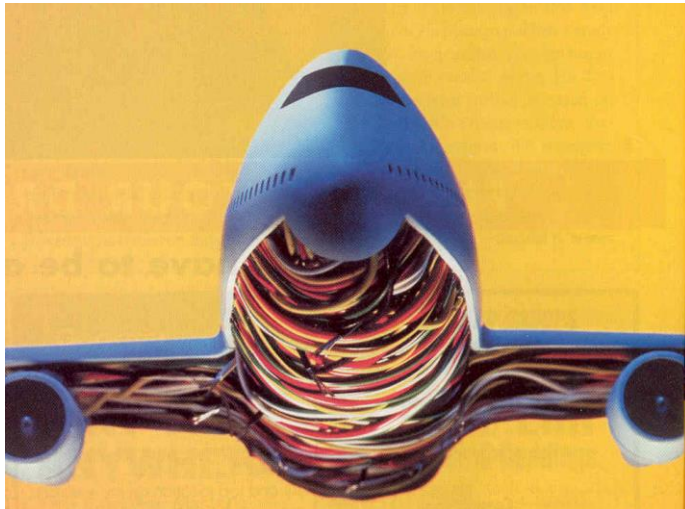
Le traitement du signal : pourquoi ?



Exemple 3

Détecter des anomalies, des défauts (ECG, Arcs électriques sur les câbles d'alimentation d'un avion, dent cassée dans un engrenage...)

En éliminant des composantes indésirables : le bruit, certaines fréquences...



Usure des gaines d'isolation

⇒ Arcs électriques

⇒ Possible destruction d'une partie du réseau d'alimentation de l'avion.

Le traitement du signal : pourquoi ?



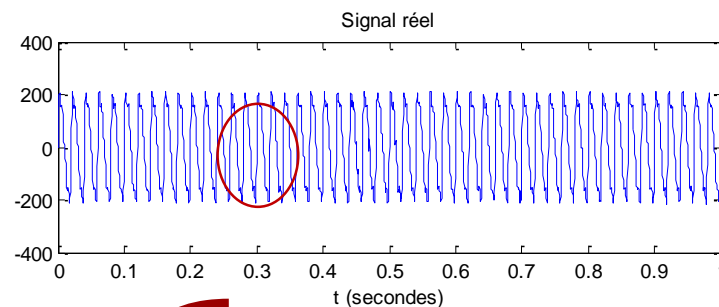
Exemple 3

Détecter des anomalies, des défauts (ECG, Arcs électriques sur les câbles d'alimentation d'un avion, dent cassée dans un engrenage...)

En éliminant des composantes indésirables : le bruit, certaines fréquences...

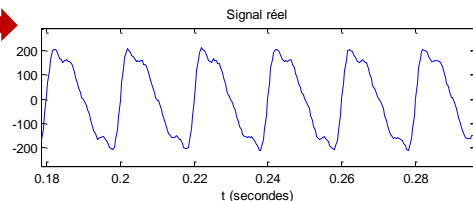
Détection de perturbations « annonciatrices »
(de fréquences > 500 Hz noyées dans le 50 Hz)

Signal d'alimentation contenant la perturbation

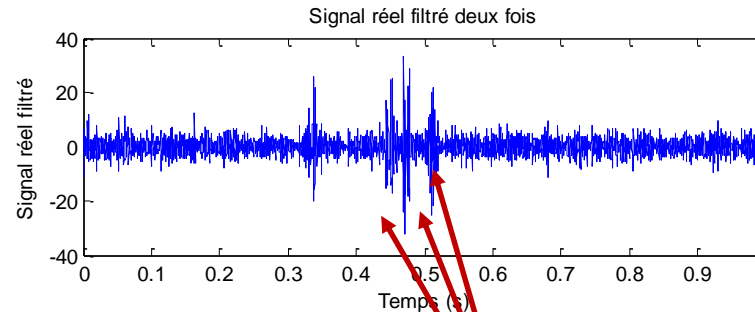


Filtrage

Zoom

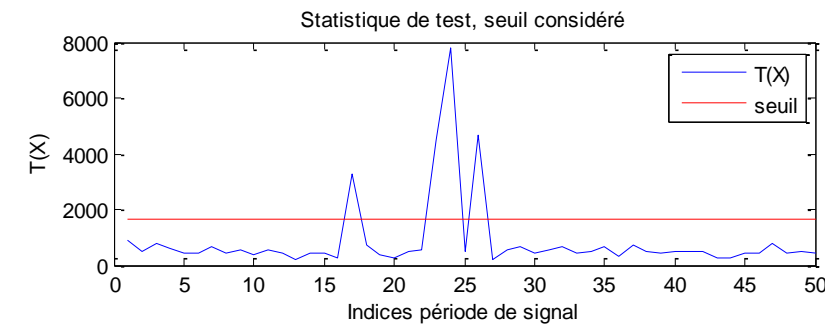


Signal après filtrage passe-haut
(élimination du 50 Hz)



Transitoires à détecter

Détecteur d'énergie



Le traitement du signal a besoin d'outils...



Partie 1 : Signaux et Systèmes à temps continu

Cours 1 à 4

- Modèles de signaux,
- Outils pour la représentation et l'analyse de signaux :
 - + Représentation fréquentielle ou « spectre » (Transformée de Fourier, Densité Spectrale de Puissance : DSP),
 - + Fonctions d'inter et d'autocorrélation.
 - + Filtrage (linéaire, non linéaire) des signaux à temps continu.

TD1

Etude de différentes modélisations d'un signal, calcul de fonctions d'autocorrélation et de spectres (TF, DSP)

TD2

Exercices sur le filtrage linéaire et non linéaire.

...qui doivent être implantés en numérique



Partie 2 : Signaux et Systèmes à temps discret

Cours 5 à 7

- Numérisation des signaux : échantillonnage, quantification.
- Numérisation des outils pour la représentation et l'analyse de signaux (Transformée de Fourier Discrète, DSP et fonctions d'inter et d'autocorrélation numériques).
- Définition et implantation de filtres numériques.

TD3

Etude de l'échantillonnage (impact, échantillonnage non idéal)

Mise en pratique (TPs et Projet signal/telecom)

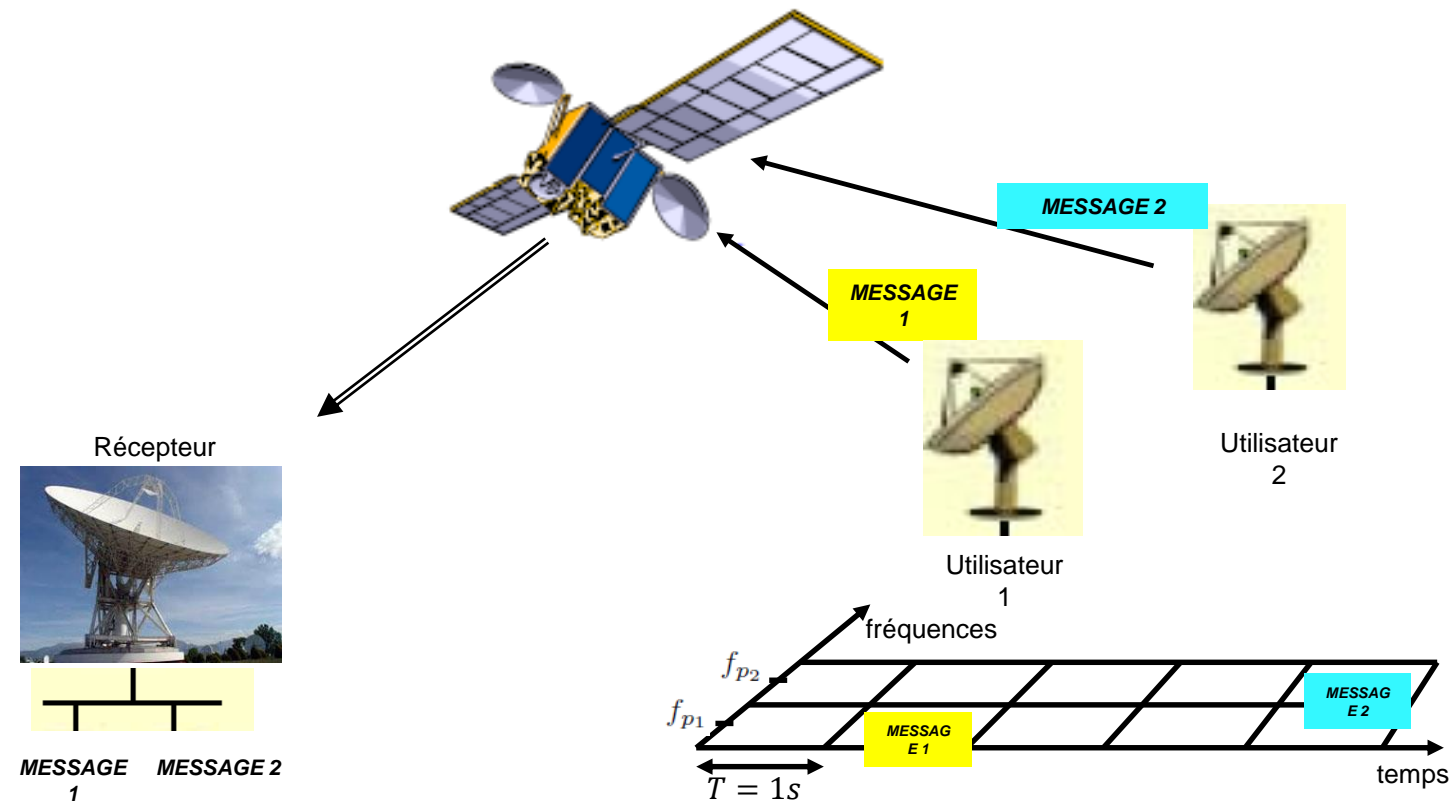
TP1 : « Signaux et spectres »

TP2 : « Filtrage numérique »

Projet signal/télécom : « Simulation d'une transmission voie retour par satellite au format type DVB-RCS (Digital Video Broadcasting – Return Channel by Satellite, norme ETSI)

Projet Signal Telecom

Simulation d'une transmission voie retour par satellite type
DVB-RCS (norme ETSI)



MF-TDMA

(Multiple Frequency – Time Division Multiple Access)

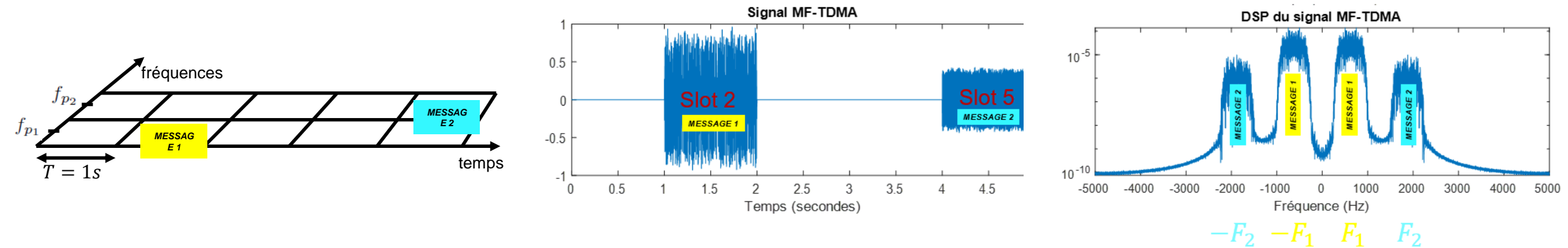
Projet Signal Telecom

Simulation d'une transmission voie retour par satellite type DVB-RCS (norme ETSI)

Modulation bande de base pour chaque utilisateur

= passage de l'information binaire à un signal « bande de base » pour chaque utilisateur

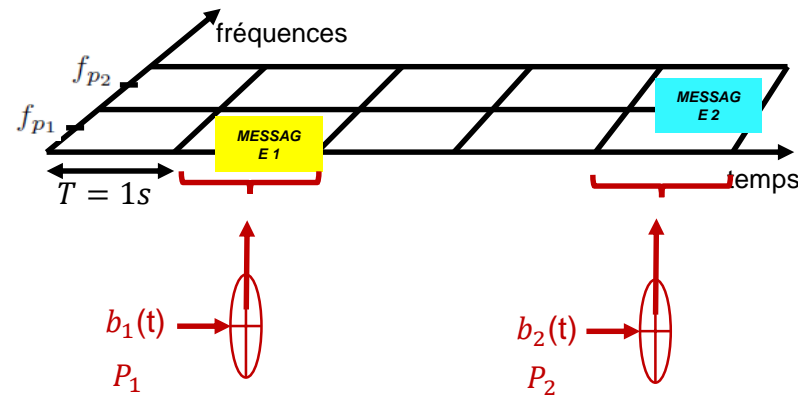
Construction de la trame MF-TDMA



Projet Signal Telecom

Simulation d'une transmission voie retour par satellite au format **DVB-RCS** (norme ETSI)

Simulation du canal satellite (AWGN)

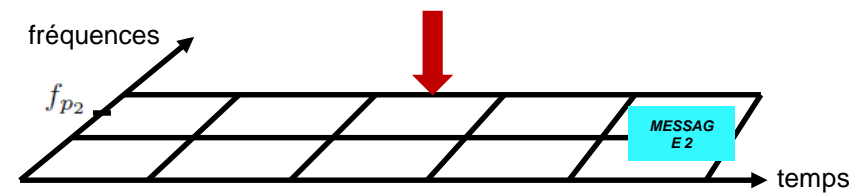
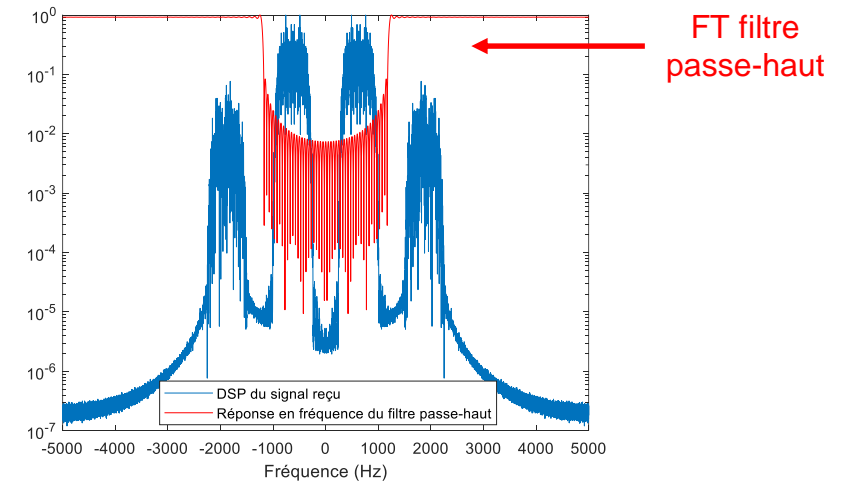
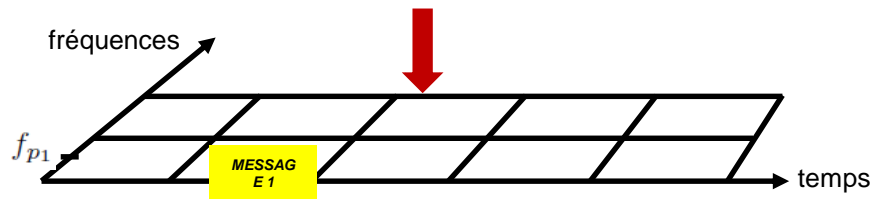
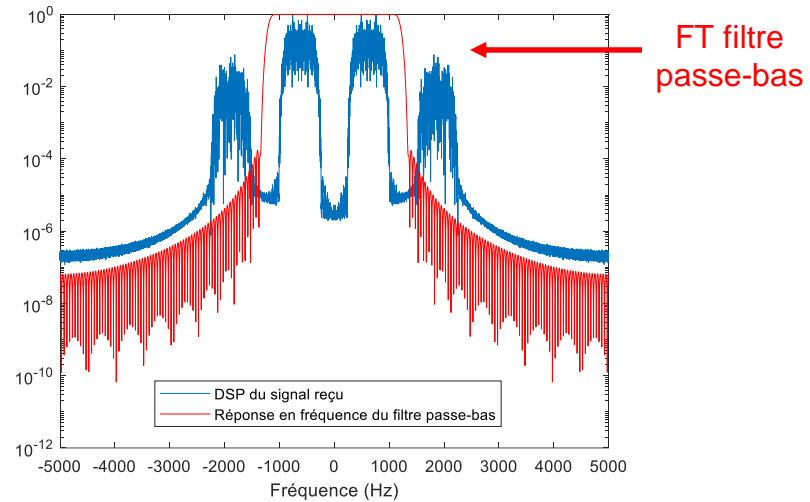


P_1 et P_2 choisies pour fonctionner au même rapport signal à bruit par bit à l'entrée du récepteur

Projet Signal Telecom

Simulation d'une transmission voie retour par satellite au format DVB-RCS (norme ETSI)

Demultiplexage des porteuses





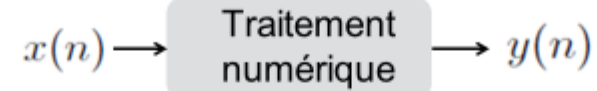
Des traitements en temps réel ?

→ Temps de calcul en traitement numérique du signal :

Nombre d'opérations d'addition/multiplication
(MAC = Multiplication Accumulation)

→ Temps réel

$y(n)$ est calculé avant que $x(n+1)$ ne se présente
(T_e secondes entre deux $x(n)$ et $x(n+1)$)



Exemples :

→ Estimation biaisée de la fonction d'autocorrélation de x :

$$y(n) = \frac{1}{N} \sum_{k=0}^{N-1} x(k) \times x^*(k-n), \quad n = 0, \dots, N-1$$

→ Transformée de Fourier Discrète (TFD) de x :

$$y(n) = \sum_{k=0}^{N-1} x(k) \times e^{-j2\pi \frac{kn}{N}}, \quad n = 0, \dots, N-1$$

→ Filtrage numérique à réponse impulsionnelle finie de x :

$$y(n) = \sum_{k=0}^{N-1} b_k \times x(n-k), \quad n = 0, \dots, N-1$$

Références

- "Traitement numérique du signal, théorie et pratique", M. Bellanger, Masson, collection CNET-ENST.
- "Traitement numérique des signaux", M. Kunt, Dunod, Traité d'électricité, d'électronique et d'électrotechnique.
- "Traitement numérique du signal, Une introduction", A.W.M. Van Den Enden et N.A.M. Verhoeckx, Masson
- "Introduction au traitement du signal", P. Duvaut, F. Michaut, M. Chuc, Hermes, Collection traitement du signal
- Documents sur la variable complexe, la transformée de Laplace et la transformée en z :
<http://dobigeon.perso.enseeiht.fr/teaching/complexe.html>
- "Introduction to digital filters, with audio applications", J.O. Smith, BookSurge, 2007
- "Digital signal processing : fundamentals and applications", Tan Li, Jiang Jean, Elsevier, 2013.
- Alan V. Oppenheim, Ronald W. Schafer et J. R. Buck, Discrete-time signal processing, Upper Saddle River, N.J., Prentice Hall, 3^{ième} édition, 2009.
- Signal and Systems, by Simon Haykin and Barry Von Veen, Wiley, 2^{nde} édition, 2002.
- John G. Proakis, Dimitri G. Manolakis, Digital Signal Processing: Principles, Algorithms and Applications, Pearson Education, 4^{ième} édition, 2006.