



UNIVERSITÉ
DE LORRAINE



POLYTECH[®]
NANCY

Traitement numérique du signal

Hugues GARNIER

hugues.garnier@univ-lorraine.fr

Volumes horaires

- ***Traitement Numérique du Signal (TNS)***
 - 4 séances de CM (*de 2h*)
 - 5 séances de TD (*de 2h*) – *énoncés en anglais*
 - 2 séances de TP (*de 2h*) – *énoncés en anglais*
-
- Intervenants en CM
 - Hugues Garnier
 - Intervenants en TD/TP
 - Hugues Garnier
 - Mayank Jha

Contrôle des connaissances

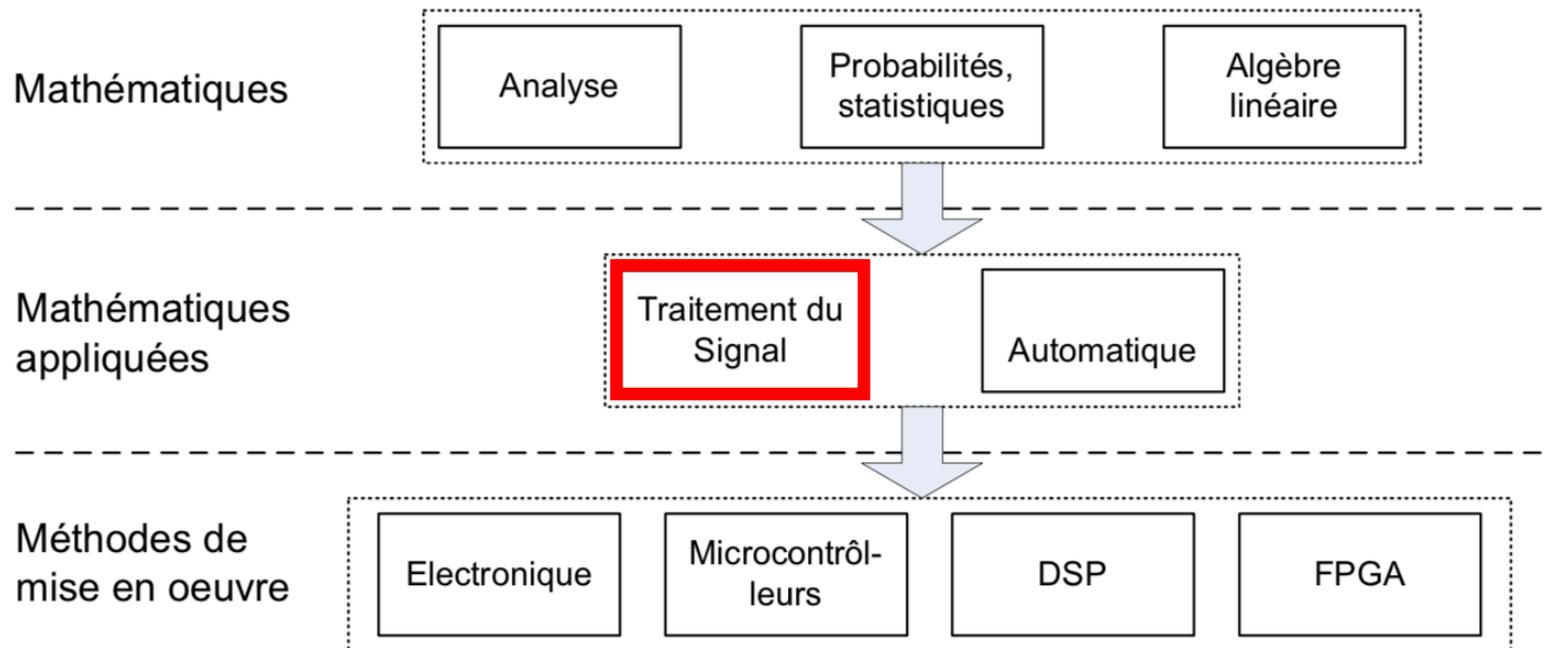
- Devoir surveillé (DS) (1h50) – *in English*
 - 13 décembre 2021 à 10h10
- Tutoriel Matlab Signal Processing Onramp
 - A faire seul
- Compte-rendu (CR) de TP – *in English*
 - A faire en binôme
- Calcul de la note de TNS

$$\text{Note TNS} = 0,5 \text{ DS} + 0,2 \text{ (SP Onramp)} + 0,3 \text{ CR TP}$$



Le traitement du signal dans le cursus Ingénieur

- Le traitement du signal est, avec l'automatique, la couche charnière entre les mathématiques et les technologies



- Le traitement du signal s'appuie sur des bases solides en mathématiques mais il est totalement indépendant des technologies électroniques ou numériques de mise en oeuvre*

Avertissement & Conseil

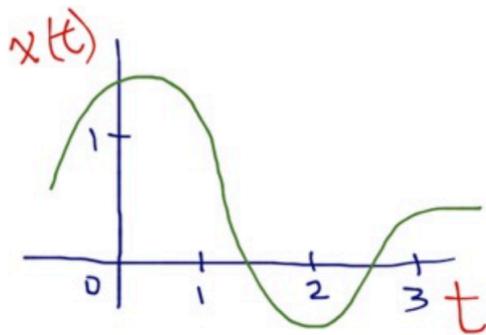
- A chaque cours, vous devrez parfaitement assimiler les nouvelles connaissances pour être capable de comprendre la suite
- **Avertissement** : Au risque d'être très vite dépassé, vous devez :
 - relire systématiquement vos notes personnelles et les transparents du cours précédent
 - apprendre les définitions
 - connaître les formules importantes
 - refaire les exercices vus en cours et en TD
- **Conseil** : vous constituer un résumé personnel au fur et à mesure des séances de cours



Aucun écran n'est autorisé pendant les séances de cours

Définition d'un signal

- est la représentation physique d'un phénomène qui évolue dans le **temps** ou bien dans **l'espace**



- Le phénomène peut être :
 - d'origine naturelle : *ondes sismiques,...*
 - généré artificiellement par l'homme : *ondes radio,...*

Définition du bruit

- est la représentation physique des perturbations/ dégradations sur le signal porteur d'information
- Nature diverse
 - bruit de capteur
 - bruit de quantification
 - bruit de calcul lors des traitements
 - bruit provenant du milieu extérieur



Typologie des signaux

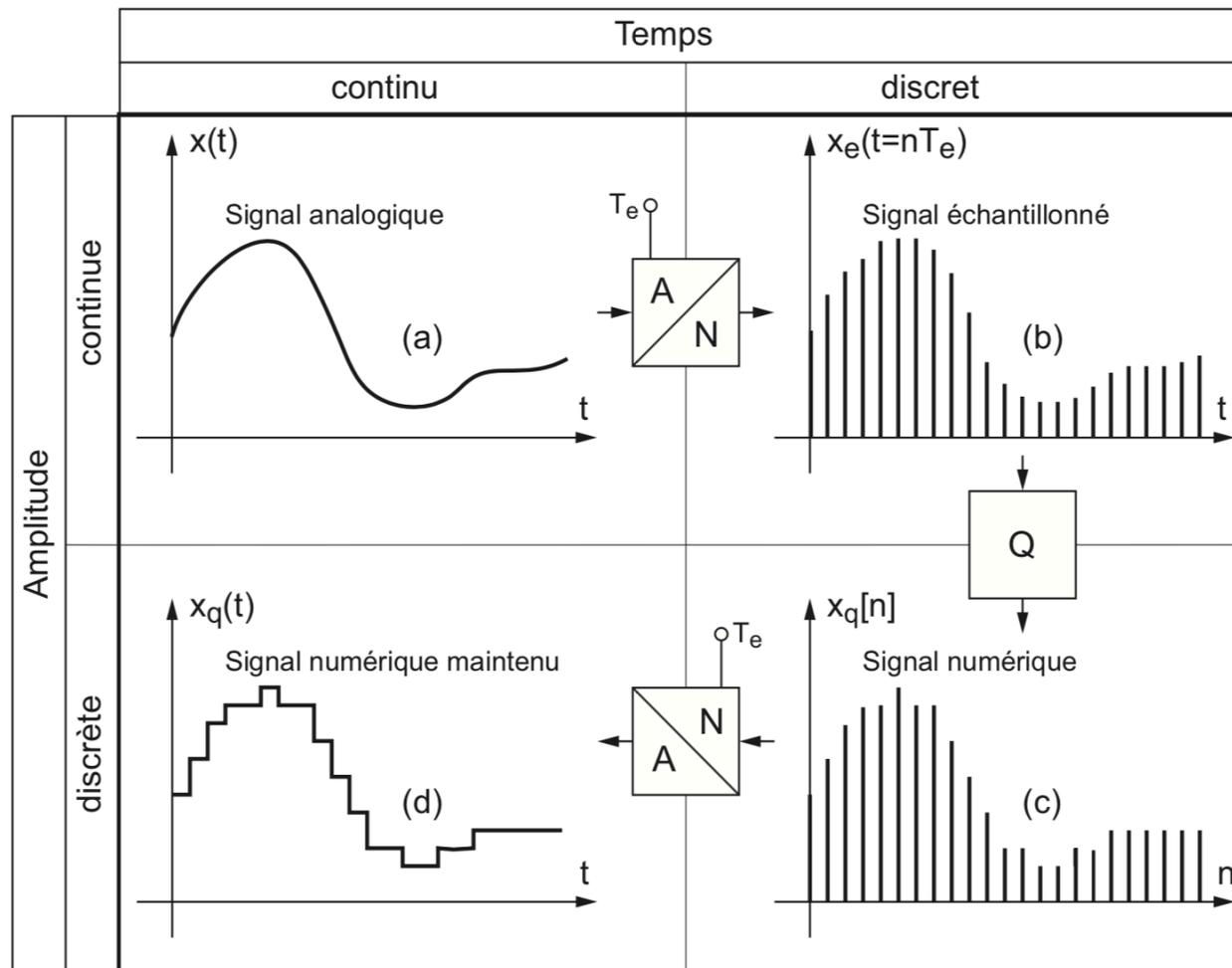
A la notion de signal peuvent être associées plusieurs **classifications** qui précisent le phénomène observé, la façon de l'étudier, et les méthodes à utiliser :

- *Signaux analogiques / numériques*
- *Signaux déterministes / aléatoires*
- *Signaux à énergie finie / infinie*
- ...

Le positionnement du signal étudié parmi ces différentes classes constitue la première étape de l'analyse de celui-ci et doit **orienter** vers les méthodes de traitement appropriées

Signaux analogiques/numériques

Un signal peut se présenter sous différentes formes selon que son *amplitude* est continue ou discrète et que le *temps* est lui-même continu ou discret



Signaux déterministes/ aléatoires

- **Un signal déterministe**
 - est un signal dont l'évolution en fonction du temps peut être parfaitement décrite par une fonction mathématique
Exemples : constante, échelon, sinusoïde, ...
- **Un signal aléatoire**
 - est un signal ayant un caractère non reproductible dont l'évolution au cours du temps ne peut être décrite par une fonction mathématique simple
 - Leur évolution temporelle semble être le fruit du hasard. On le décrit à l'aide de caractéristiques statistiques
Exemples : la plupart des signaux physiquement observés

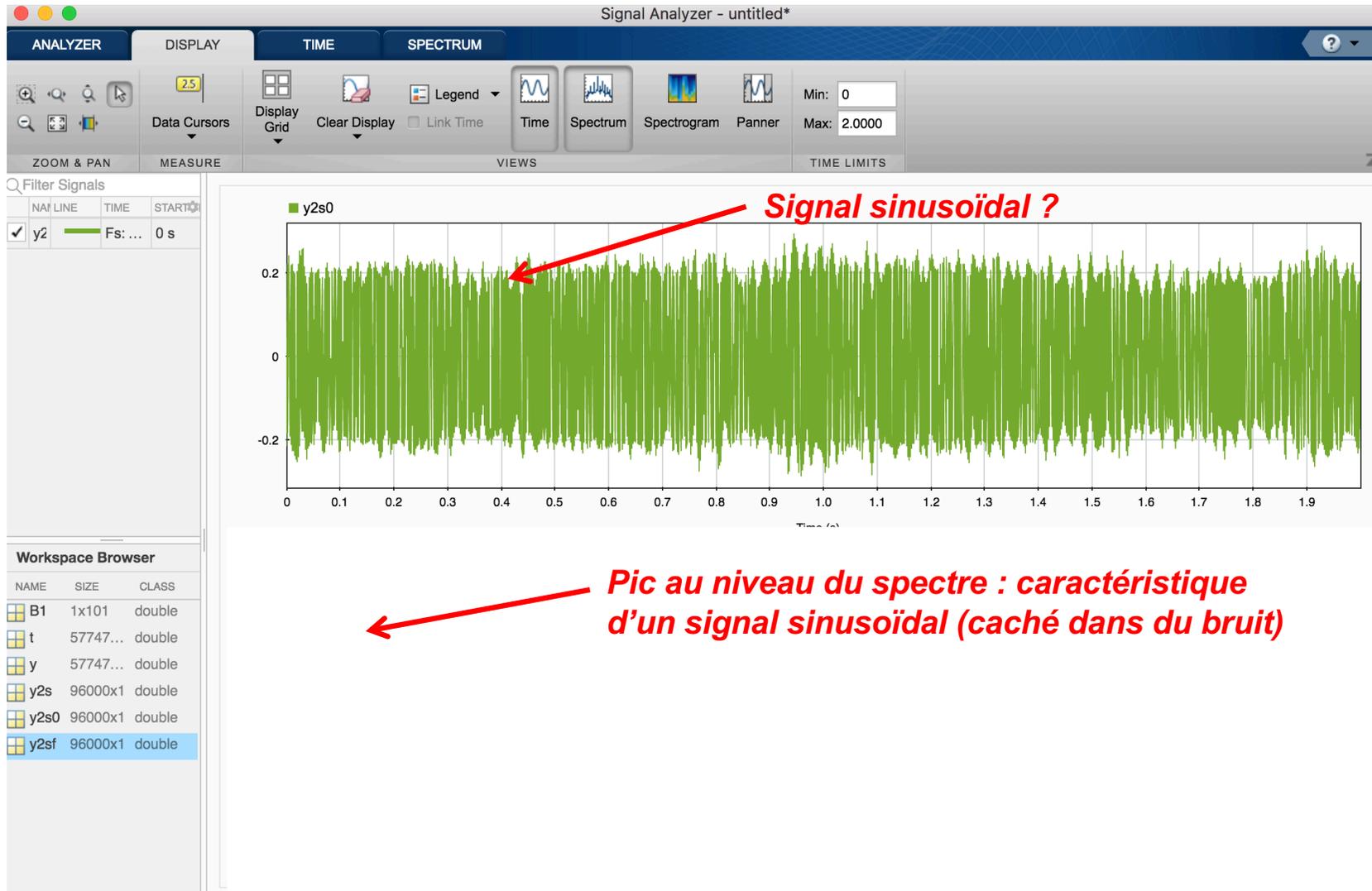
En pratique

- Les signaux peuvent souvent être modélisés sous la forme de la somme d'un signal déterministe et d'un signal aléatoire

Objectifs du traitement du signal

- **Extraire l'information utile** contenue dans les signaux
 - *c'est le rôle de l'analyse de Fourier aussi appelée analyse fréquentielle ou spectrale*
- Modifier les caractéristiques des signaux afin de **supprimer les perturbations ou corriger les dégradations**
 - *c'est essentiellement le rôle du filtrage*

Extraire l'information cachée dans un signal



Applications du TNS

From the IEEE Signal processing society: www.youtube.com/watch?v=R90ciUoxcJU

Table 1.1 Examples of digital signal processing applications and algorithms.

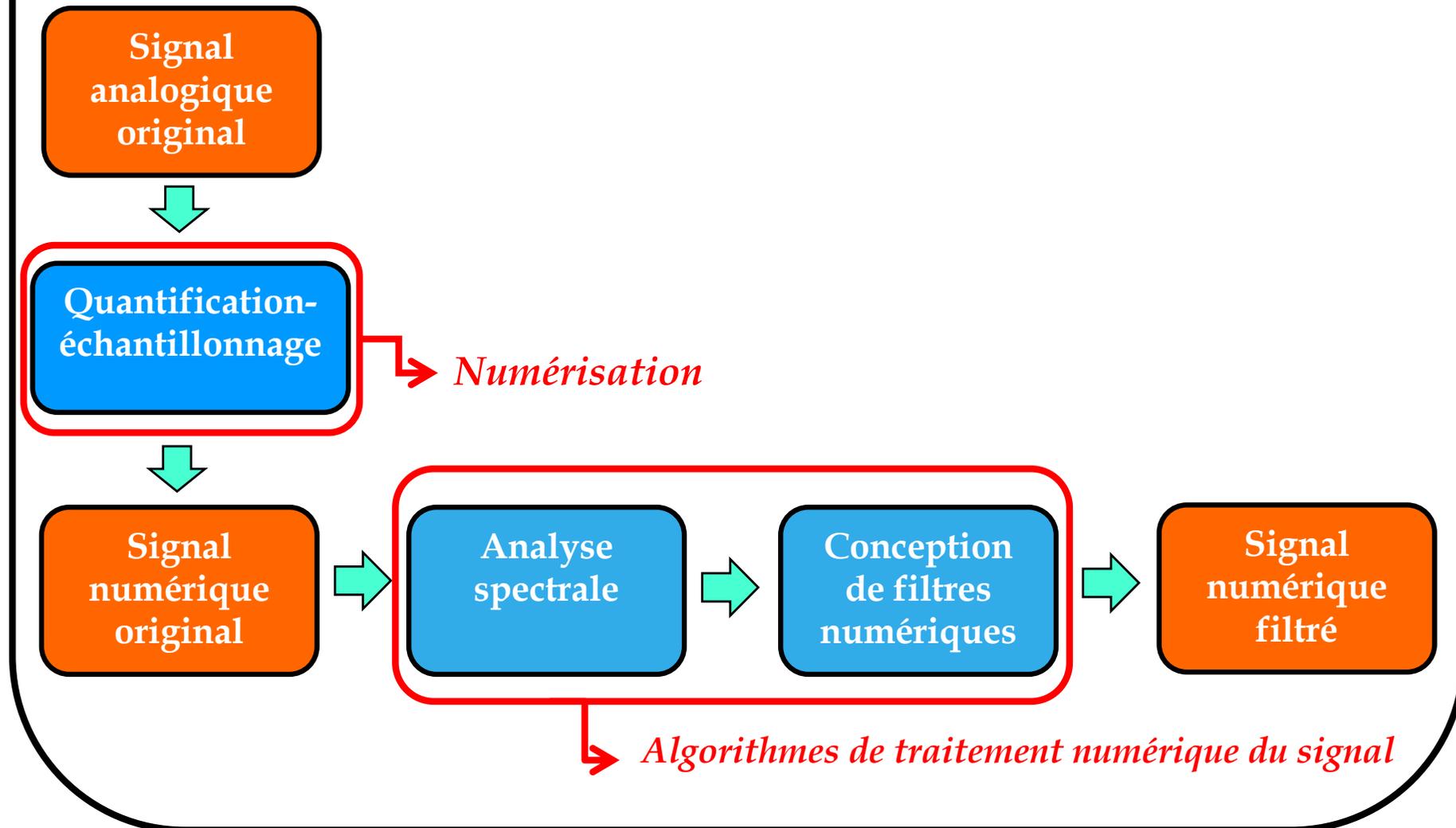
Application area	DSP algorithm
Key operations	convolution, correlation, filtering, finite discrete transforms, modulation, spectral analysis, adaptive filtering
Audio processing	compression and decompression, equalization, mixing and editing, artificial reverberation, sound synthesis, stereo and surround sound, and noise cancelation
Speech processing	speech synthesis, compression and decompression, speech recognition, speaker identification, and speech enhancement
Image and video processing	image compression and decompression, image enhancement, geometric transformations, feature extraction, video coding, motion detection, and tomographic image reconstruction
Telecommunications (transmission of audio, video, and data)	modulation and demodulation, error detection and correction coding, encryption and decryption, acoustic echo cancelation, multipath equalization, computer networks, radio and television, and cellular telephony
Computer systems	sound and video processing, disk control, printer control, modems, internet phone, radio, and television
Military systems	guidance and navigation, beamforming, radar and sonar processing, hyperspectral image processing, and software radio

Objectifs du cours

- Apprentissage d'un ensemble d'outils et de méthodes pour :
 - Analyser/interpréter les signaux
 - Construire/modifier les signaux
- Un signal est une mesure d'une grandeur physique, indépendante de son origine
 - Les exemples d'applications seront volontairement issus de disciplines diverses : *musique, traitement de la parole, biomédical, acoustique, mécanique*

Le traitement du signal est une discipline qui demande de la pratique et de l'expérience

Etapes principales pour effectuer un traitement numérique sur un signal analogique



Sommaire

I. Quelques rappels (*ou vérification des pré-requis*)

- Analyse de Fourier de signaux analogiques

II. De l'analogique au numérique

- Théorie de l'échantillonnage

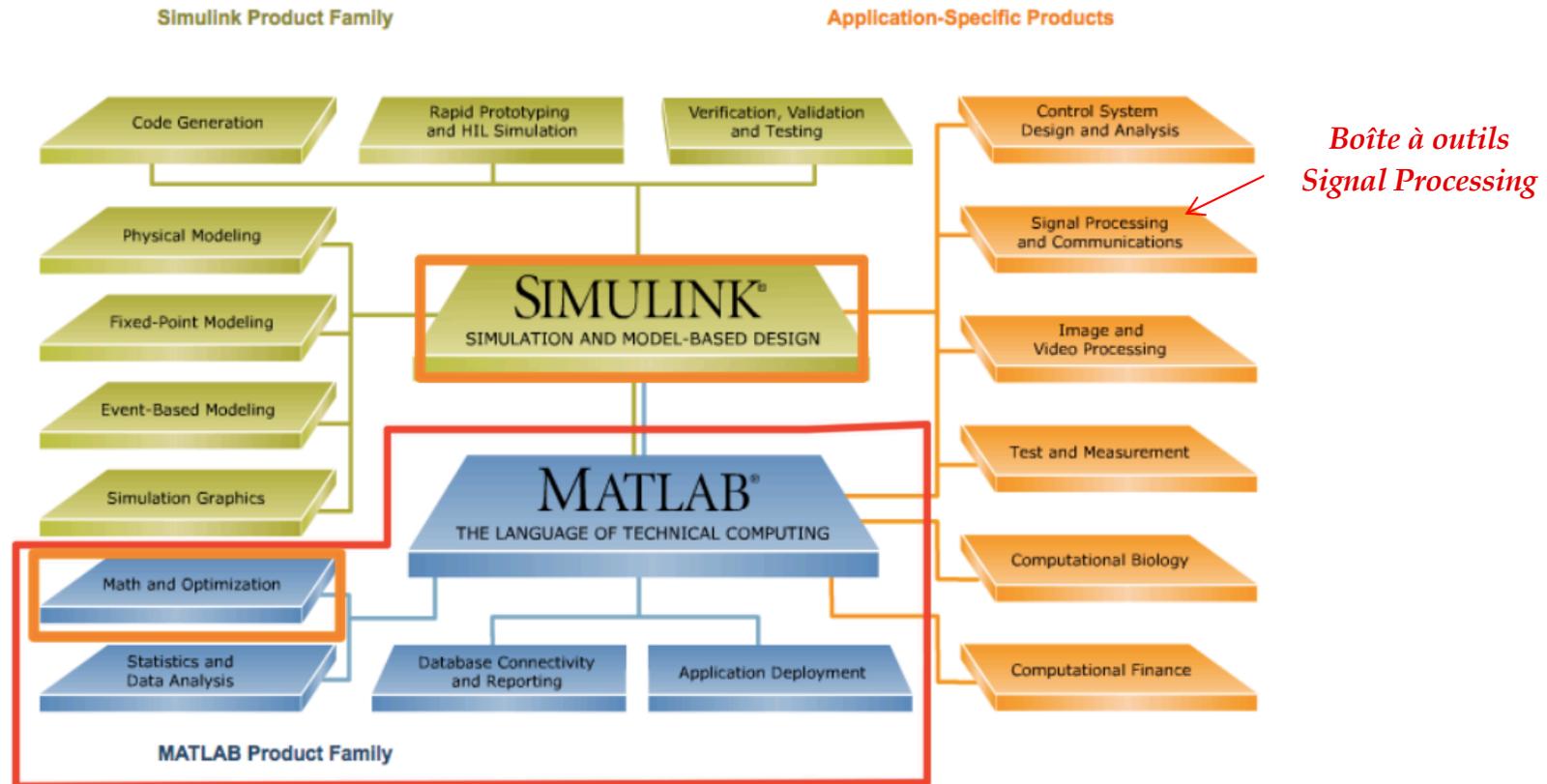
III. Outils d'analyse spectrale

- Analyse de Fourier de signaux numériques

IV. Introduction au filtrage numérique

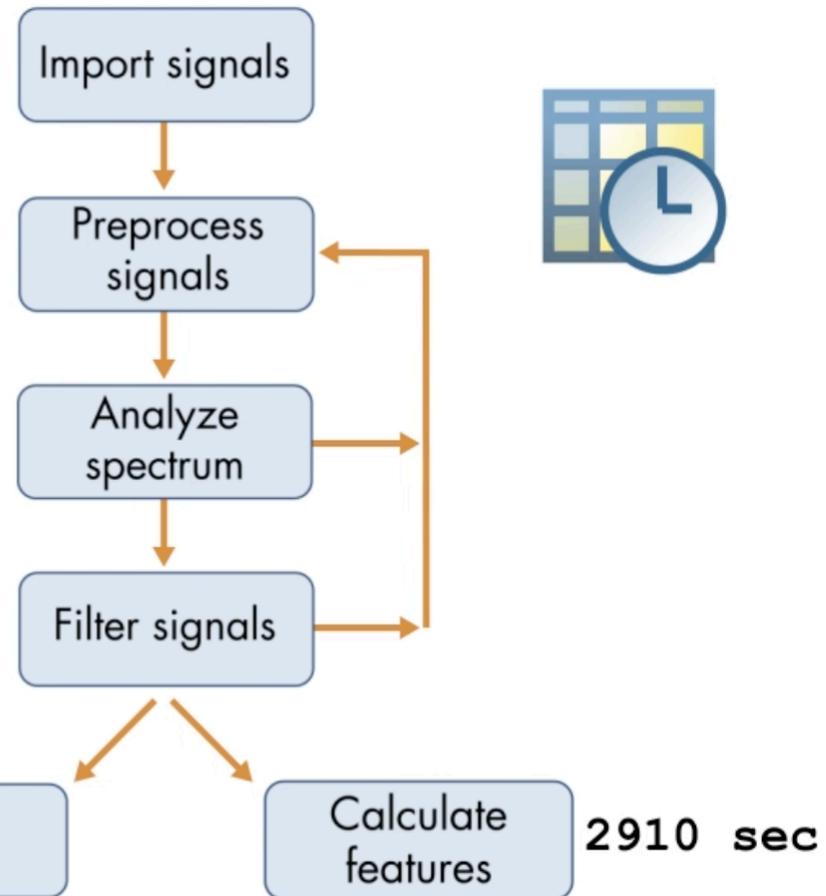
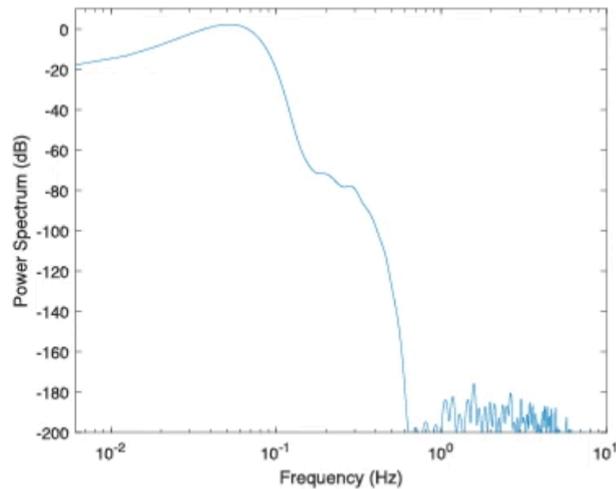
- Analyse et conception de filtres RIF/RII

Exploitation de Matlab pour faciliter la mise en œuvre des méthodes de TdS

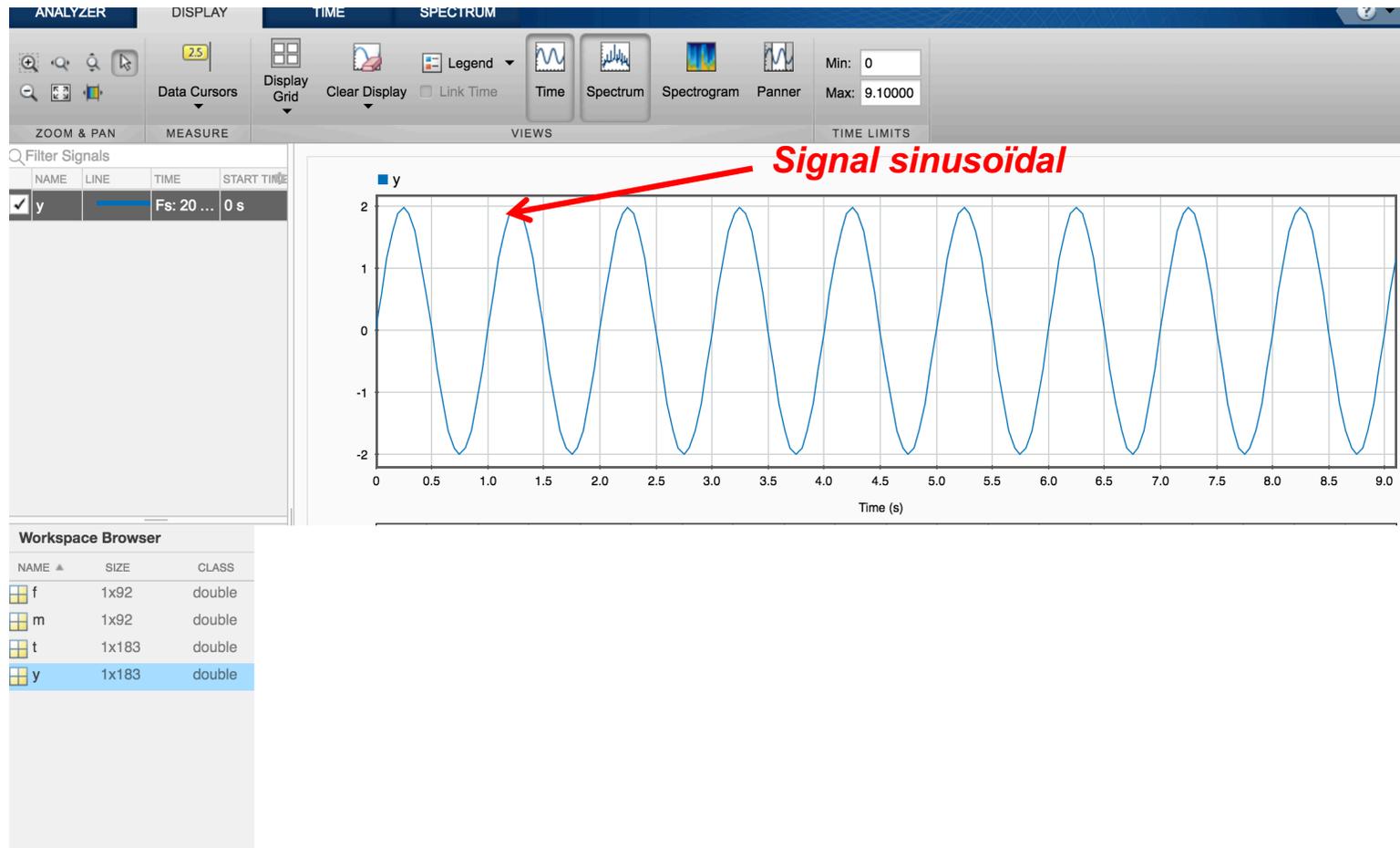


- Visionnez la vidéo montrant quelques exemples d'application
www.youtube.com/watch?v=sCZLjsi6-FA

Etapes traditionnelles dans un projet de traitement du signal avec Matlab



Exploitation des applications disponibles pour effectuer l'analyse spectrale des signaux. Exemple avec **SignalAnalyzer** de Matlab



Autoformation à l'aide de Signal processing Onramp

- Tutoriel d'introduction au traitement du signal
fr.mathworks.com/learn/tutorials/signal-processing-onramp.html

MathWorks® Produits Solutions Le monde académique Support Communauté Événements

Obtenir MATLAB

Formations MATLAB et Simulink

Rechercher sur MathWorks.com

Présentation des formations | Trouver une formation | Obtenir une certification | Formations sur site | Plus

» Mes formations
 Contactez les formateurs

Introduction au traitement du signal

Ce tutoriel gratuit de deux heures propose une introduction interactive aux méthodes de traitement du signal pour l'analyse spectrale.

Prérequis : [Introduction à MATLAB](#)

Détails et lancement



Accès à MATLAB via votre navigateur web



Tutoriels vidéo stimulants



Exercices pratiques avec évaluations et commentaires automatisés



Formations disponibles en anglais et japonais

Webographie & bibliographie pour le cours

- Webographie : transparents de cours et énoncés de TD/TP
 - w3.cran.univ-lorraine.fr/hugues.garnier/?q=content/teaching
- Bibliographie
 - **M. Charbit, G. Blanchet, *Signaux et images sous Matlab. Méthodes, applications et exercices corrigés. Hermès-Lavoisier, 2001***
 - **S. Smith, *The scientist and engineer's guide to digital signal processing, 2002***
 - Pdf des chapitres disponibles sur le site : www.dspguide.com/pdfbook.htm
 - **P. Prandoni, M. Vetterli, *Digital signal processing , EPFL press (gratuit)***
 - www.epflpress.org/produit/853/9782889144259/digital-signal-processing
 - **Chaîne youtube de Barry Van Veen**
 - www.youtube.com/user/allsignalprocessing/playlists