



UNIVERSITÉ  
DE LORRAINE



POLYTECH<sup>®</sup>  
NANCY

# *Traitement numérique du signal*

Hugues GARNIER

[hugues.garnier@univ-lorraine.fr](mailto:hugues.garnier@univ-lorraine.fr)

## Volumes horaires

- ***Traitement Numérique du Signal (TNS)***
  - 8h00 de CM (*4 séances de 2h*)
  - 8h00 de TD (*4 séances de 2h*) – *énoncés en anglais*
  - 8h00 de TP (*2 séances de de 4h*) – *énoncés en anglais*

-----

- Intervenant en CM/TD/TP
  - Hugues Garnier

## Contrôle des connaissances

- Devoir surveillé (DS) (1h30) – *in English*
  - Mi-décembre 2022 ou début janvier 2023
- 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

$$\text{Note TNS} = 0,5 \text{ DS} + 0,15 \text{ (SP Onramp)} + 0,35 \text{ CR TP}$$



## Avertissement & Conseil

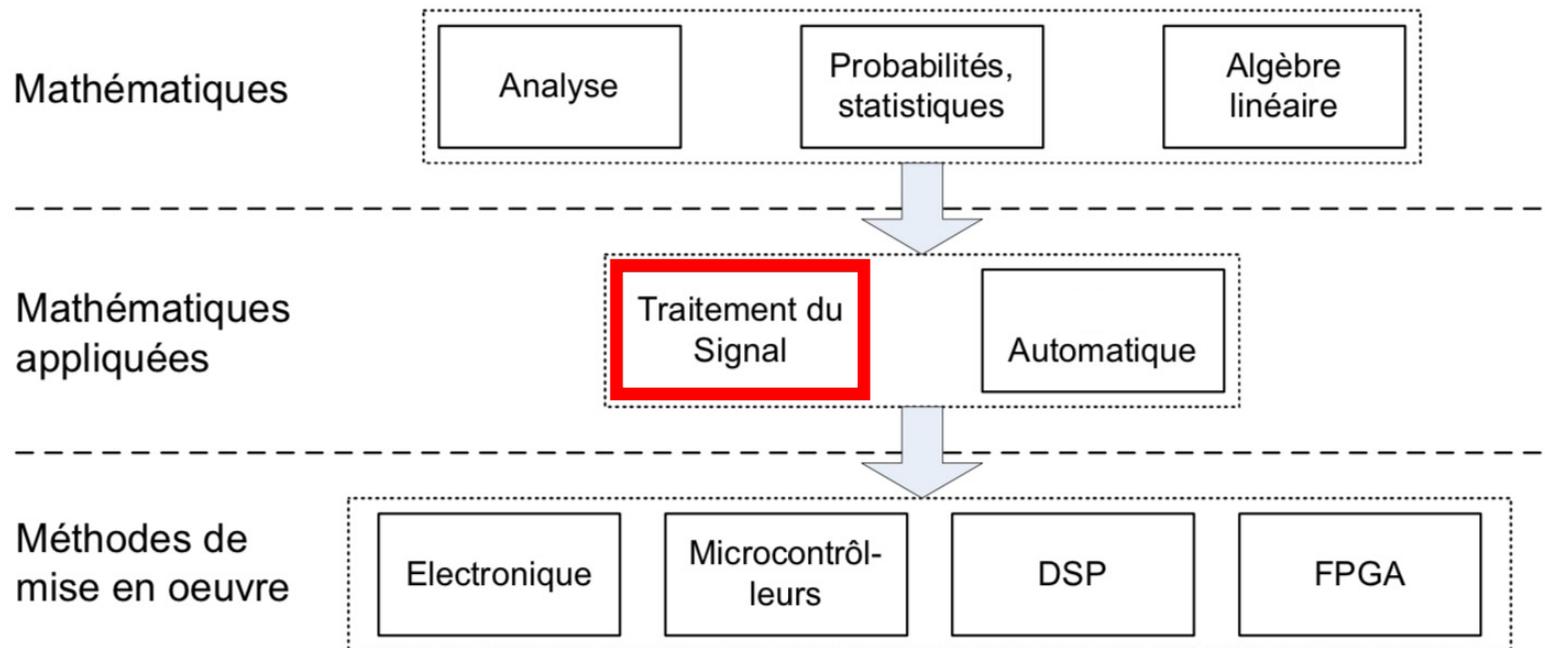
- A chaque cours, vous devrez parfaitement assimiler les nouvelles connaissances pour être capable de comprendre la suite
- ***Avertissement*** : Au risque d'être très vite dépassé, vous devez :
  - relire systématiquement vos notes personnelles et les transparents du cours précédent
  - apprendre les 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***

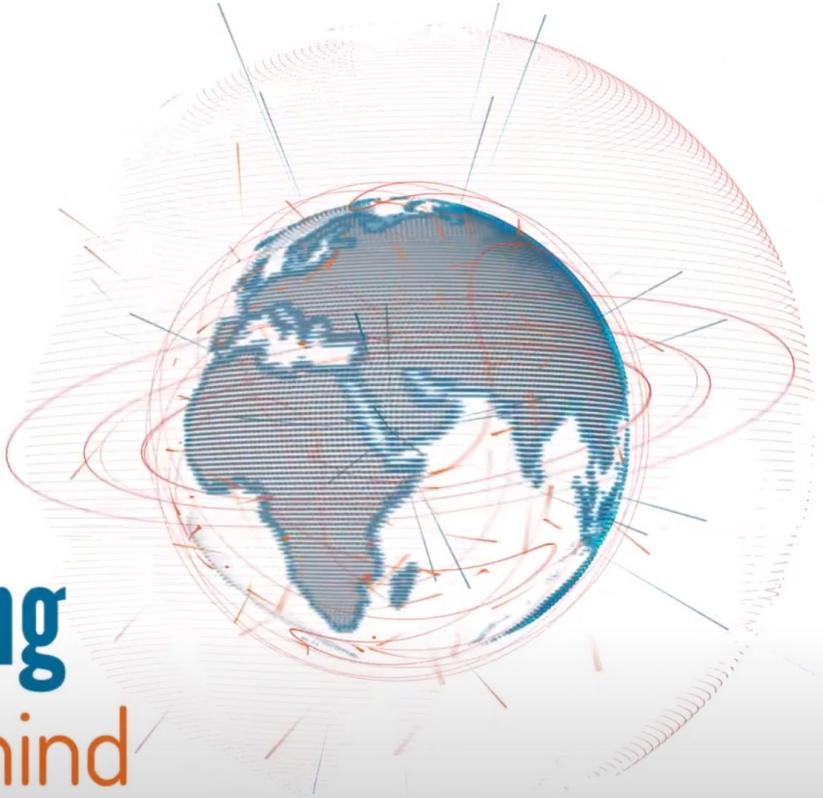
## Le traitement du signal dans le cursus Ingénieur

- 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*

# Le traitement du signal dans votre vie quotidienne



## Signal Processing

### The Science Behind Our Digital Life

*From the IEEE Signal processing society*

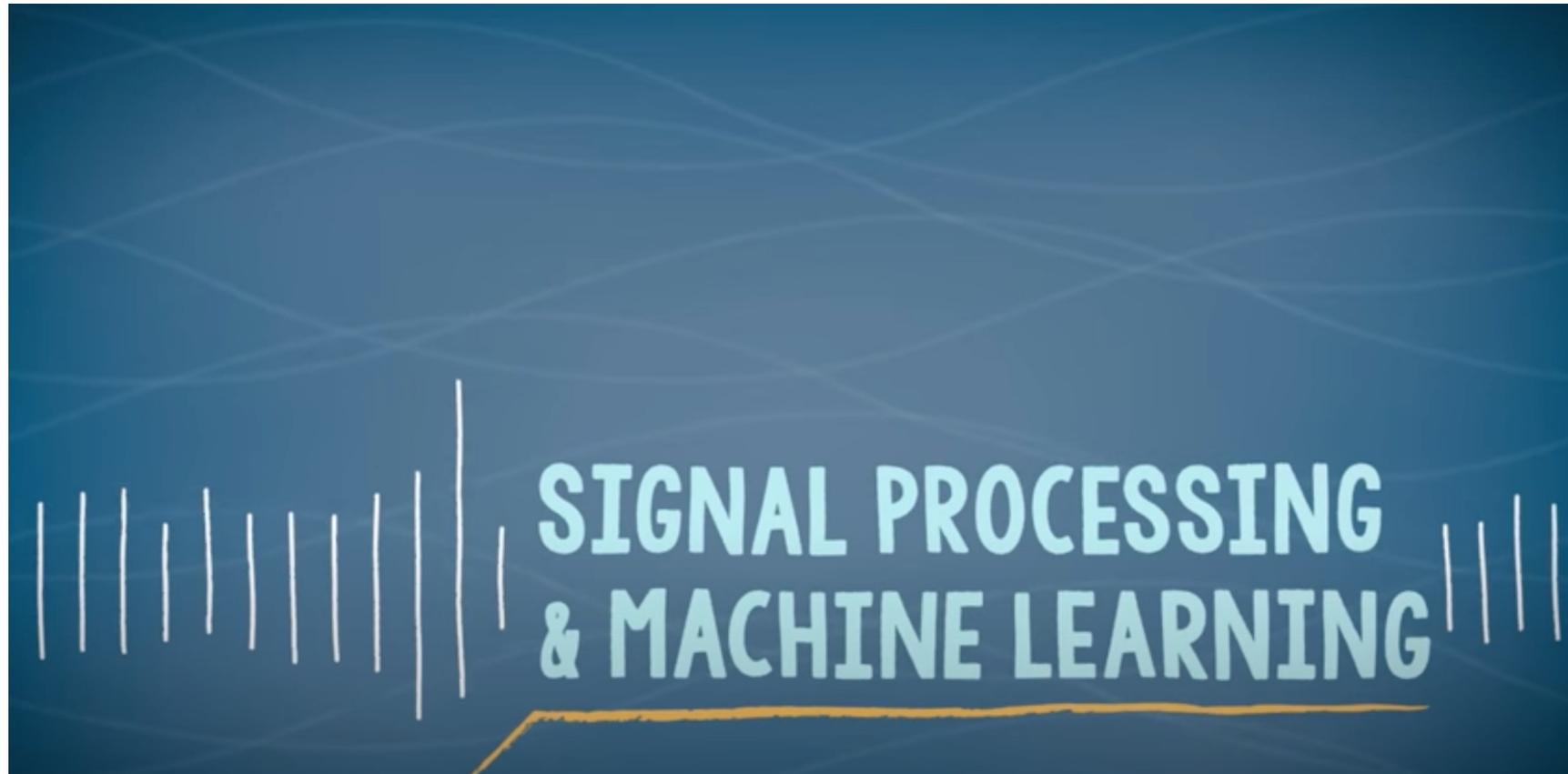
[www.youtube.com/watch?v=R90ciUoxcJU&list=PLcZOnmyqlalacL9YqkhyufLQGIW\\_C78Os&index=7](http://www.youtube.com/watch?v=R90ciUoxcJU&list=PLcZOnmyqlalacL9YqkhyufLQGIW_C78Os&index=7)

**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

*From the IEEE Signal processing society : [www.youtube.com/watch?v=R90ciUoxcJU](http://www.youtube.com/watch?v=R90ciUoxcJU)*

# Traitement du Signal & Machine Learning



*From the IEEE Signal processing society*

[www.youtube.com/watch?v=MFsxuO8HC7k&list=PLcZOnmyqlalacL9YqkhyufLQGIW\\_C78Os&index=11](http://www.youtube.com/watch?v=MFsxuO8HC7k&list=PLcZOnmyqlalacL9YqkhyufLQGIW_C78Os&index=11)

# Traitement du Signal pour le Deep Learning

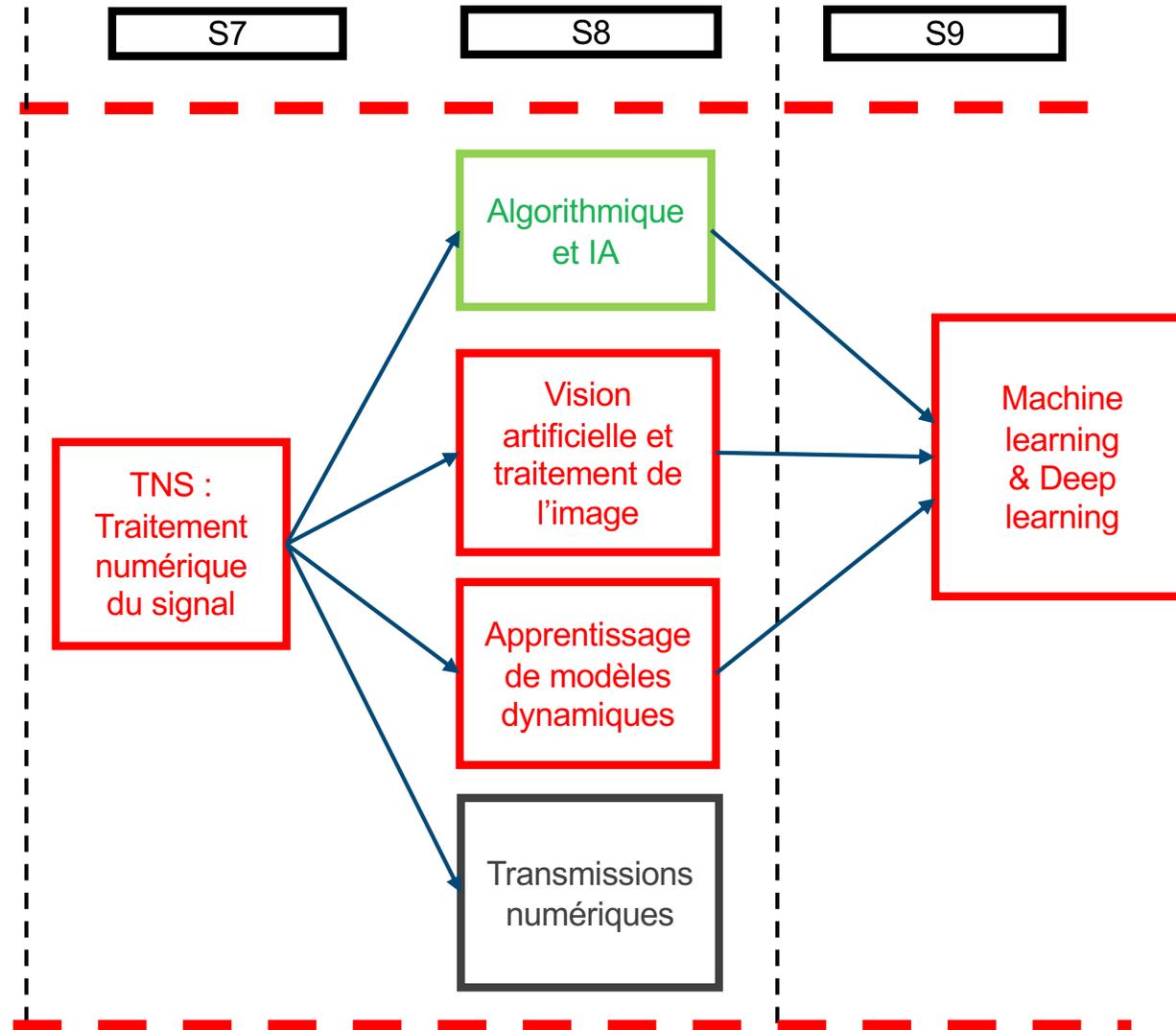
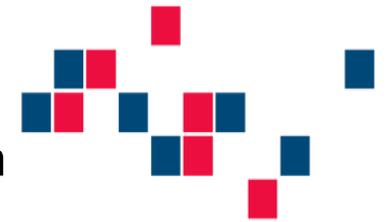


Le Traitement du Signal pour  
le Deep Learning et le Machine Learning

Cynthia Cudicini - MathWorks France

© 2018 The MathWorks, Inc.

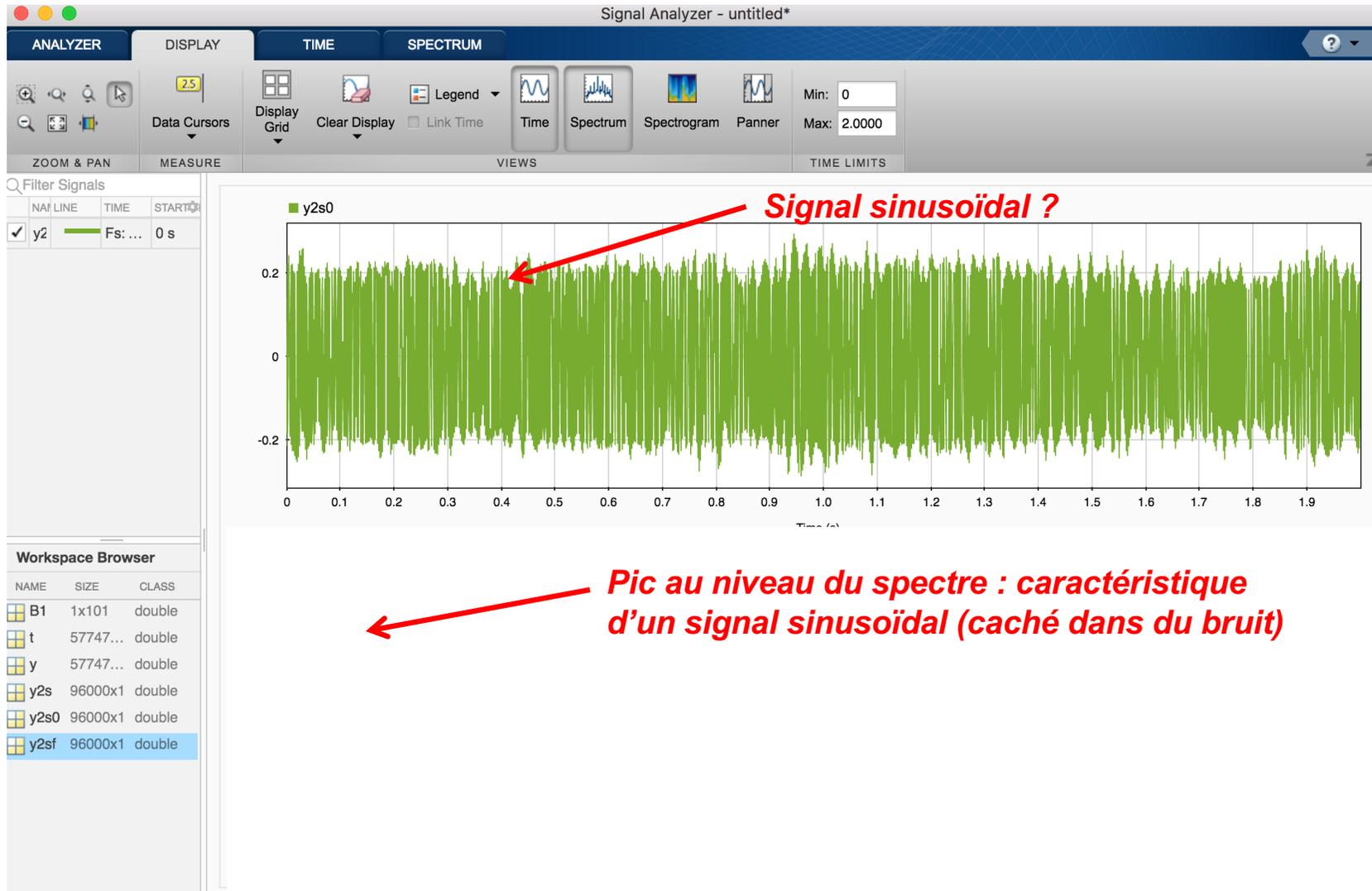
*From Mathworks videos and seminars*  
[fr.mathworks.com/videos/signal-processing-for-machine-learning-and-deep-learning-1543347963776.html?s\\_tid=srchtitle](https://fr.mathworks.com/videos/signal-processing-for-machine-learning-and-deep-learning-1543347963776.html?s_tid=srchtitle)



## 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

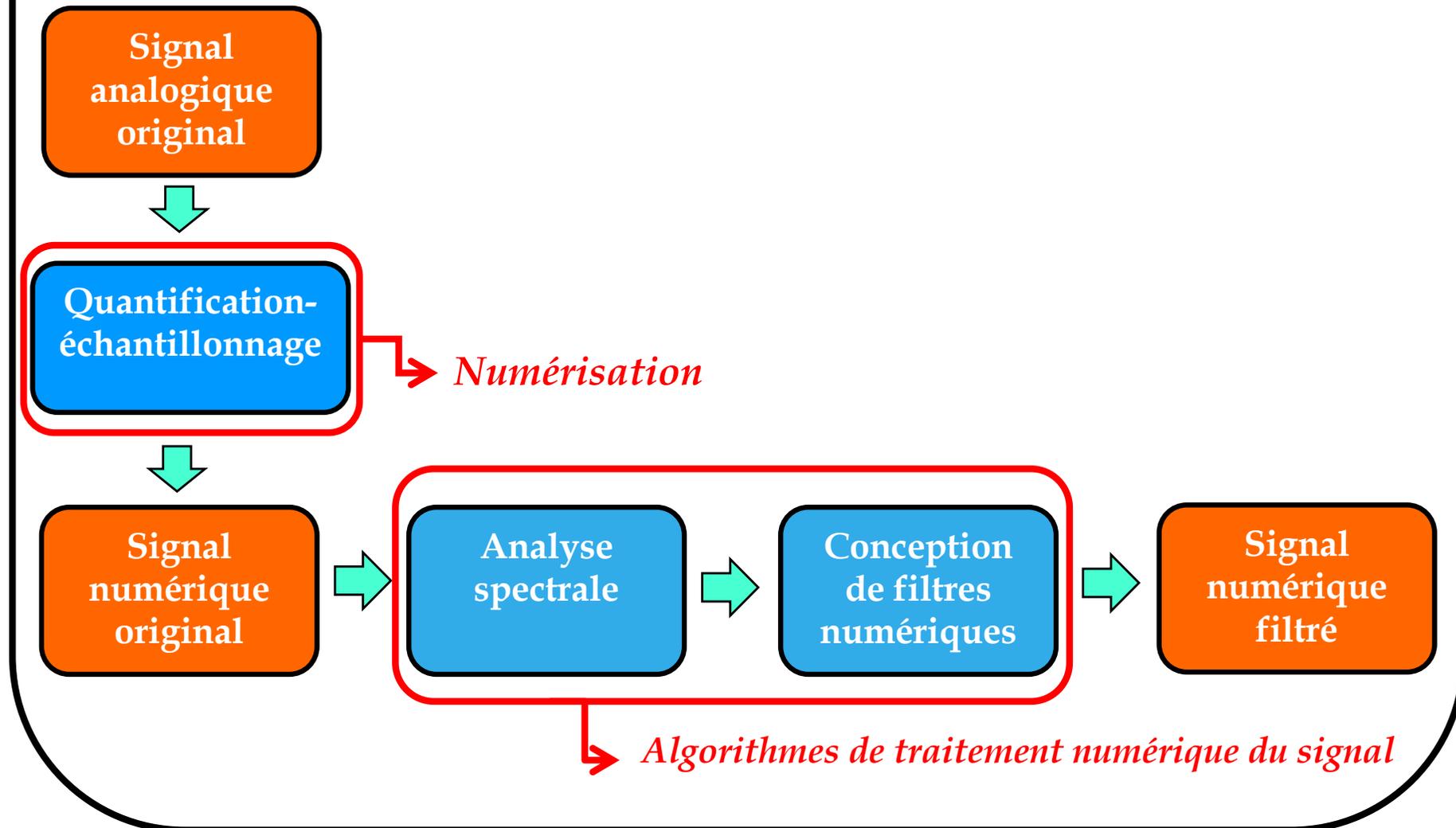


## Objectifs du cours

- 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
- Théorie de l'échantillonnage

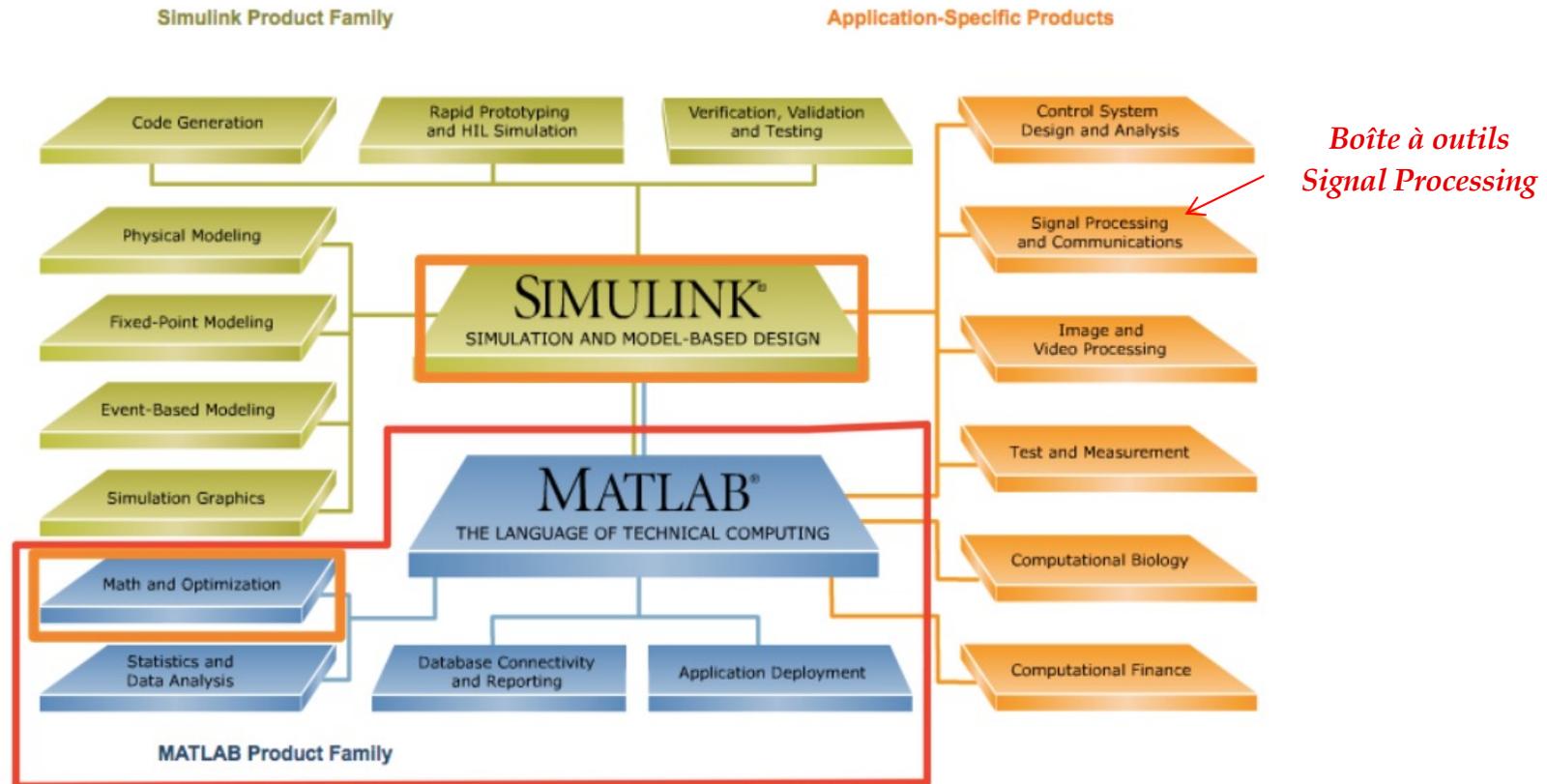
### **II. Outils d'analyse spectrale**

- Analyse de Fourier de signaux numériques

### **III. Introduction au filtrage numérique**

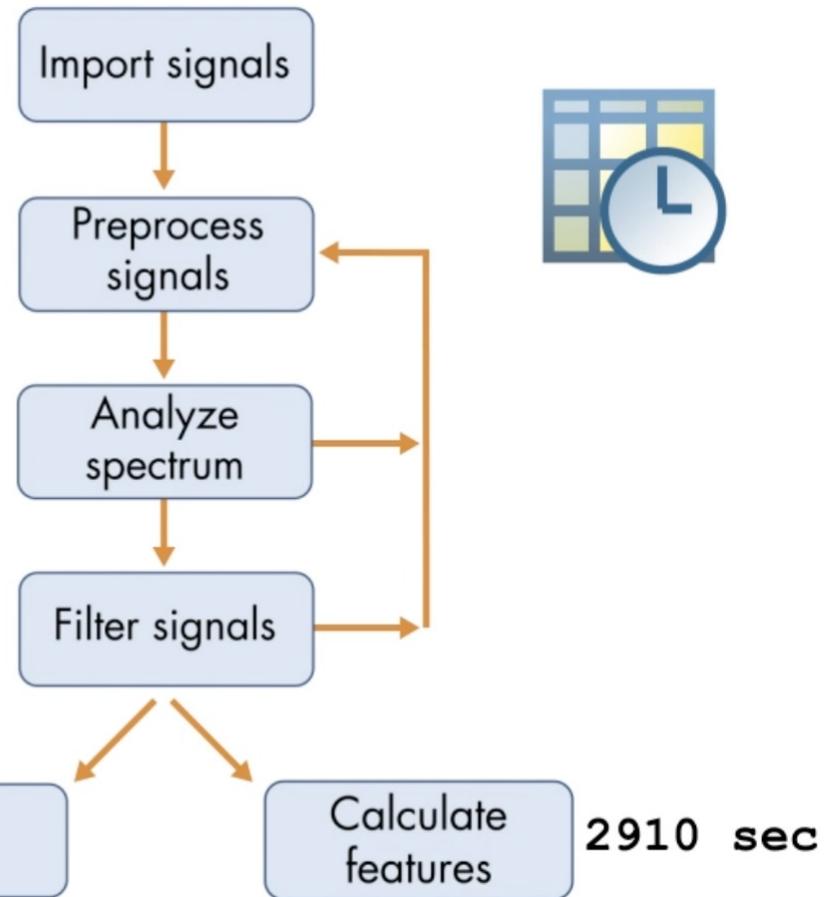
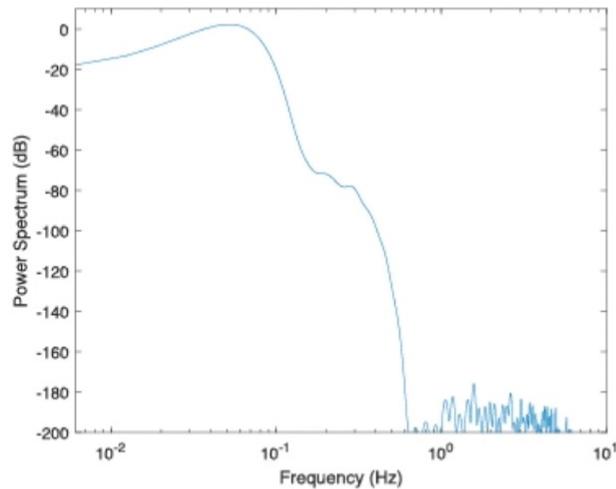
- Analyse et conception de filtres RIF/RII

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

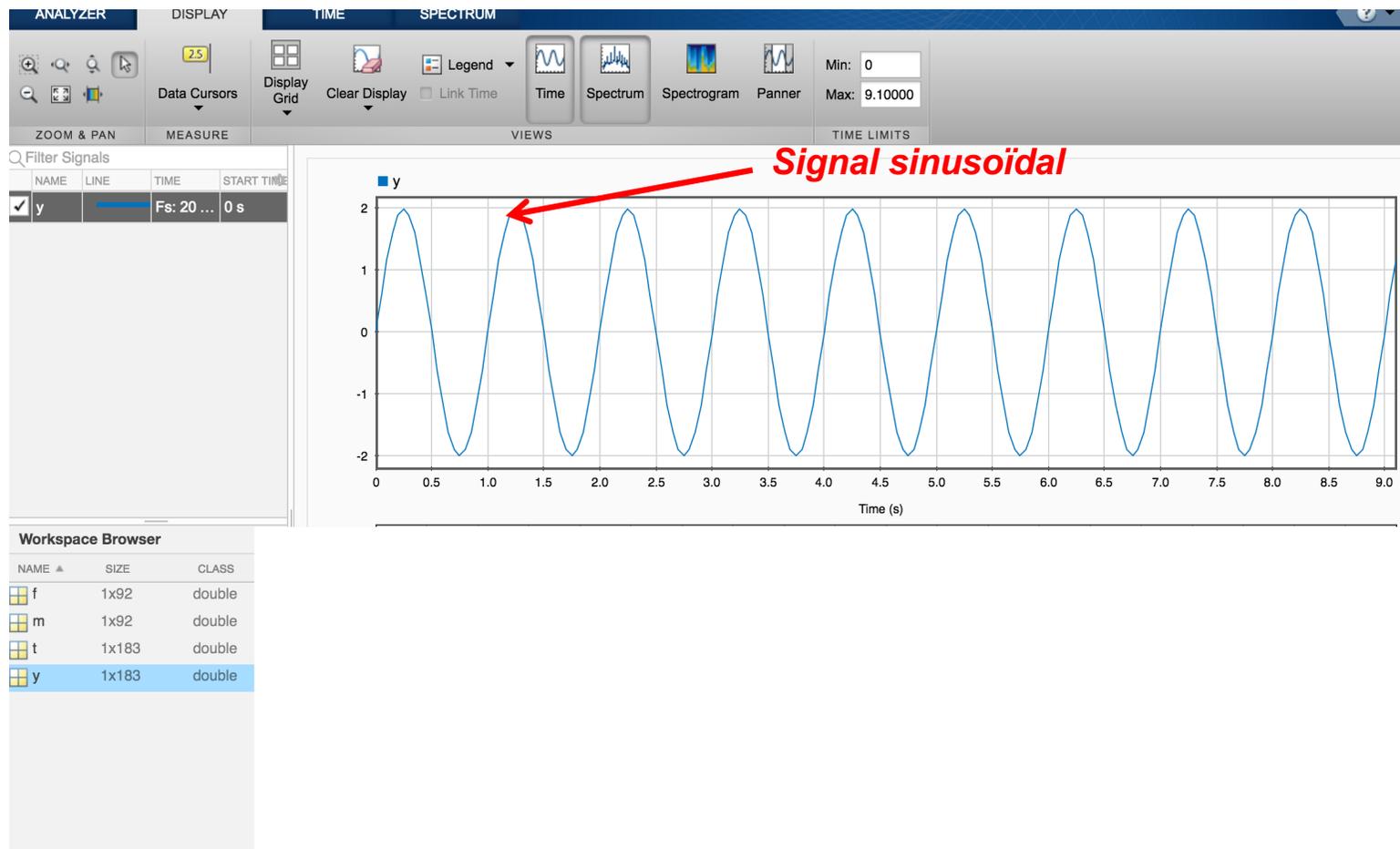


- Visionnez la vidéo montrant quelques exemples d'application  
[www.youtube.com/watch?v=sCZLjsi6-FA](http://www.youtube.com/watch?v=sCZLjsi6-FA)

# 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](https://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](http://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](http://www.dspguide.com/pdfbook.htm)
  - **S. Brunton, N. Kutz**, *Data-driven science and engineering. Machine Learning, dynamical systems, and control*, Cambridge, 2nd edition, 2022
  - Chaîne youtube de Steve Brunton
    - [www.youtube.com/playlist?list=PLMrJAKhIeNNT\\_Xh3Oy0Y4LTj0Oxo8GqsC](http://www.youtube.com/playlist?list=PLMrJAKhIeNNT_Xh3Oy0Y4LTj0Oxo8GqsC)

• Steven Brunton

**Fourier Analysis [Data-Driven Science and Engineering]**  
 Steve Brunton  
 39 vidéos Dernière modification le 8 oct. 2022

Tout regarder Aléatoire

- 1 **Fourier Analysis: Overview**  
Steve Brunton
- 2 **Fourier Series: Part 1**  
Steve Brunton
- 3 **Fourier Series: Part 2**  
Steve Brunton
- 4 **Inner Products in Hilbert Space**  
Steve Brunton
- 5 **Complex Fourier Series**  
Steve Brunton
- 6 **Fourier Series [Matlab]**  
Steve Brunton
- 7 **Fourier Series [Python]**  
Steve Brunton
- 8 **Fourier Series and Gibbs Phenomena [Matlab]**  
Steve Brunton
- 9 **Fourier Series and Gibbs Phenomena [Python]**  
Steve Brunton
- 10 **The Fourier Transform**  
Steve Brunton

[www.youtube.com/playlist?list=PLMrJAKhIeNNT\\_Xh3Oy0Y4LTj0Oxo8GqsC](http://www.youtube.com/playlist?list=PLMrJAKhIeNNT_Xh3Oy0Y4LTj0Oxo8GqsC)