

Formation sur trois jours, en présentiel

Inscription : [contact@tsdconseil.fr](mailto:contact@tsdconseil.fr), <http://www.tsdconseil.fr>

Durant cette formation, vous aurez l'occasion de découvrir (ou re-découvrir) les techniques les plus utiles en traitement numérique du signal, via une approche concrète fondée sur de nombreux cas et travaux pratiques. Le stagiaire pourra s'appropriier chacune de ces techniques de manière intuitive et ludique, grâce à des travaux pratiques issus de cas réels. Ces travaux pratiques seront réalisés en langage C++, pour une applicabilité directe sur des systèmes temps réels ou embarqués.

**Objectifs** : Acquérir des compétences de base sur les méthodes les plus utiles en traitement numérique du signal

**Public concerné** : Ingénieurs en informatique, électronique ou télécommunications, chercheurs souhaitant progresser en traitement numérique du signal, en particulier sur la mise en œuvre pour des traitements en temps réel.

**Prérequis** : Notions en traitement du signal et en informatique (C, C++, SCI-LAB, MATLAB ou Python)

**Durée** : trois jours

**Matériel nécessaire pour suivre la formation** : PC portable (Linux / Ubuntu  $\geq$  20.04 ou Windows 10). Les TP seront réalisés en langage C++, avec les bibliothèques Eigen et libtsd.

**Inscription et demande d'informations :**

<http://www.tsdconseil.fr/formations/formulaire>

**Informations pratiques, tarifs :**

<http://www.tsdconseil.fr/formations/infos>

## PARTIE 1 (6 H) - SIGNAUX NUMÉRIQUES

Dans cette première partie, nous allons voir comment manipuler, visualiser et faire des traitement simple sur les signaux numériques, avec la librairie C++ Eigen.

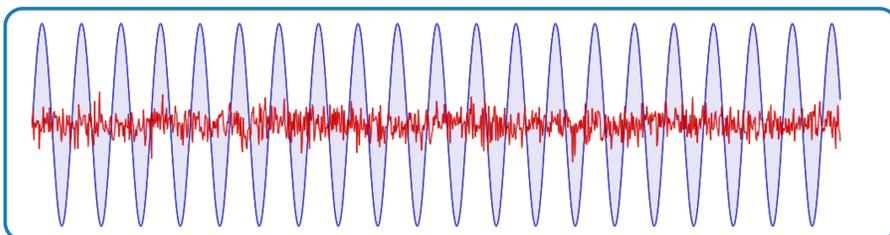
**Librairie Eigen** : calcul vectorisés

**Signaux numériques** : impacts de la fréquence d'échantillonnage

**Figures** : visualisation des signaux (temporel, fréquentiel, etc.)

**Signaux utiles** : périodiques, aléatoires, intervalles temporels, etc.

**Travaux pratiques** : calculs vectorisés avec Eigen, affichage et ré-échantillonnage d'un signal



## PARTIE 2 (6 H) - FILTRAGE LINÉAIRE

Nous allons étudier diverses techniques de filtrage linéaire, permettant de séparer différentes composantes d'un signal (par exemple suppression de signaux parasites).

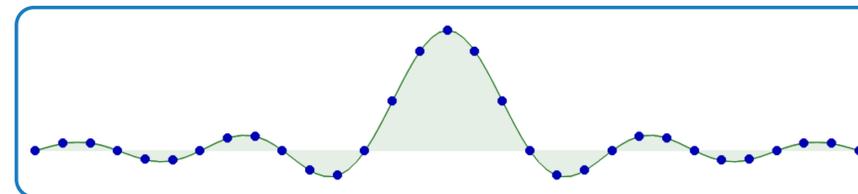
**Notion de filtre** : équation aux différences, fonction de transfert

**Analyse d'un filtre** : réponses impulsionnelle et fréquentielle, temps de groupe, pôles et zéros

**Synthèse RIF** : design par fenêtrage, équidondulation, ...

**Synthèse RII** : filtres de Butterworth, Chebyshev, ...

**Travaux pratiques** : analyse d'un filtre CIC, mise en pratique d'une filtre CS, filtrage d'un électrocardiogramme



## PARTIE 3 (4,5 H) - TRANSFORMÉE DE FOURIER

Dans cette partie, nous allons voir comment la transformée de Fourier discrète (TFD) va pouvoir se montrer très utile tant pour l'analyse des signaux (estimation spectrale, calcul de délais, de fréquences, etc.) que pour le filtrage efficace des signaux.

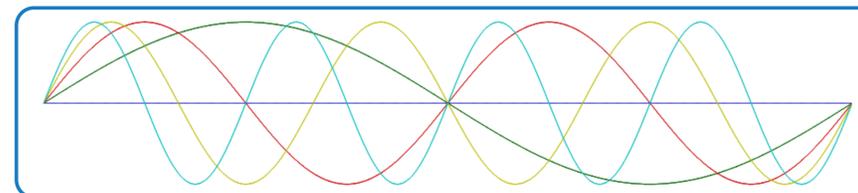
**Transformée de Fourier discrète** : définition et intuition pratique

**Analyse spectrale** : spectre de puissance, zéro-padding, moyennage.

**TFD et convolution** : convolutions et corrélations rapide par FFT.

**Quelques applications** : estimation de fréquence, de délais, transformée de Hilbert

**Travaux pratiques** : calcul de délais, déconvolution, détection d'enveloppe.



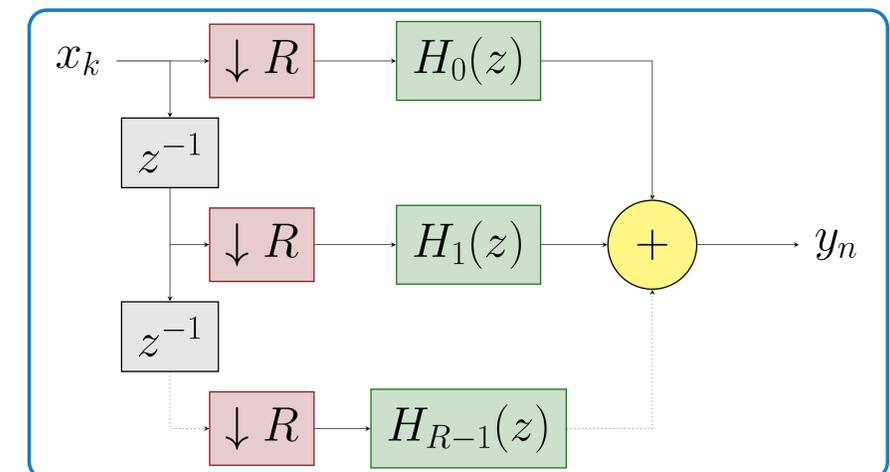
## PARTIE 4 (4,5 H) - TRAITEMENTS TEMPS RÉEL

Dans cette partie, nous verrons différentes techniques permettant de traiter des signaux en temps-réel, au fil de l'eau (« en *streaming* »).

**Implémentation des filtres linéaires** : formes générales, factorisation en sections du second ordre (filtres RII), formes polyphases (pour l'interpolation / la décimation), structures spéciales (moyennes glissantes, filtres CIC).

**Filtres spéciaux** : bufferisation des données, adaptation de rythme, FFT et technique OLA (filtrage en temps réel rapide), transformée de Hilbert.

**Travaux pratiques** : filtrage demi-bande (décimation), transposition de fréquence et suppression d'un signal image, filtrage RIF par OLA.



## AUTRES THÉMATIQUES (SUR DEMANDE)

Filtrage de Kalman (fusion de capteurs), filtrage adaptatif (égalisation, annulation d'écho, etc.), transformée en ondelette (compression des signaux).