



Découvrez notre Chaîne YouTube "[Ingénierie et Projets](#)"

Découvrez notre Chaîne Secondaire "[Information Neuronale et l'Ingénierie du Cerveau](#)"

**Titre:** Méthodes mathématiques pour le Traitement du Signal

**Auteurs:** M. Bergounioux

**Ecole:** [Université d'Orléans](#)

**Résumé:** Ce [cours](#) est issu d'un enseignement donné depuis 5 ans au sein du MASTER de Mathématiques d'Orléans et s'adresse à des mathématiciens désireux de connaître les techniques de base de traitement du signal. A contrario, il peut aussi intéresser des spécialistes de traitement du signal qui souhaitent avoir un point de vue mathématique sur les outils qu'ils utilisent fréquemment. Cet ouvrage se veut donc une introduction à la discipline plus qu'un ouvrage pointu destiné à des spécialistes du domaine. Pour le lecteur qui souhaite en savoir davantage nous renvoyons à la bibliographie qui permet d'approfondir les différents sujets. Nous avons souhaité donner de nombreuses applications tout au long de l'ouvrage et proposons comme tout [livre](#) de cours qui se respecte quelques exercices ou sujets de travaux pratiques. Le signal 1D le plus accessible par excellence étant le signal sonore nous avons consacré un court chapitre à l'analyse vocale (ou traitement de la parole), là aussi sous forme d'introduction.

Pour le traitement du son musical nous renvoyons à l'ouvrage de P. Guillaume [8] qui fourmille d'exemples en liaison directe avec la musique.

**Extrait du sommaire:**

- 1 Introduction 3
- 2 Analyse spectrale des signaux unidimensionnels 9
  - 2.1 Signaux analogiques périodiques 9
    - 2.1.1 Les séries de Fourier 9



- 2.1.2 Exemples et terminologie 19
- 2.2 La transformation de Fourier discrète (DFT) et la FFT 22
  - 2.2.1 Calcul des coefficients de Fourier 22
  - 2.2.2 Propriétés de la transformée de Fourier discrète 25
  - 2.2.3 L'algorithme de FFT 28
  - 2.2.4 Utilisation de la FFT sous SCILAB ou MATLAB 33
- 2.3 La transformation de Fourier 34
  - 2.3.1 Propriétés de la transformation de Fourier 37
  - 2.3.2 Théorème d'inversion de Fourier dans  $L^1 \mathbb{R}$  44
- 2.4 La transformation de Fourier-Plancherel 48
  - 2.4.1 Les **fonctions** à décroissance rapide 48
  - 2.4.2 L'espace  $S \mathbb{R}$  50
  - 2.4.3 Transformation de Fourier inverse sur  $S \mathbb{R}$  51
- 2.5 Transformation de Fourier-Plancherel 52
  - 2.5.1 Coefficient de Fourier versus transformation de Fourier 55
  - 2.5.2 Application : calcul de certaines transformées de Fourier 56
- 2.6 La transformation de Laplace 58
- 3 Analyse corrélative des signaux 61
  - 3.1 Relations statistiques entre plusieurs variables 61
    - 3.1.1 Notation -Abréviations 61
    - 3.1.2 Matrice des covariances 62
  - 3.2 Fonctions de corrélation de signaux 64
    - 3.2.1 Définitions 64
    - 3.2.2 Quelques propriétés des fonctions de corrélation dans le cas analogique 67
    - 3.2.3 Densité spectrale de puissance 69
    - 3.2.4 Cas d'un signal numérique 70
    - 3.2.5 Exemples 71
  - 3.3 Détection de signaux périodiques 73
    - 3.3.1 Détection par autocorrélation d'un signal périodique noyé dans du bruit 74
    - 3.3.2 Détection par intercorrélation d'un signal périodique noyé dans du bruit 75
  - 3.4 Autres exemples d'applications 76



- 3.4.1 Mesure de retard entre signaux aléatoires par corrélation 76
- 4 Filtrage 81
  - 4.1 Systèmes 81
    - 4.1.1 Quelques définitions 82
    - 4.1.2 Propriétés algébriques des systèmes 83
  - 4.2 Filtres linéaires 86
    - 4.2.1 Masse (impulsion) de Dirac 89
  - 4.3 Filtrage numérique 91
    - 4.3.1 Filtrage numérique linéaire 92
    - 4.3.2 Filtres linéaires discrets et équations aux différences 94
    - 4.3.3 Transformation en  $z$  96
    - 4.3.4 Fonction de transfert 98
    - 4.3.5 Exemples de filtres du premier et du deuxième ordre 99
  - 4.4 Filtrage analogique 104
    - 4.4.1 Exemples 107
    - 4.4.2 Filtrage et corrélation 113
- 5 Echantillonnage 115
  - 5.1 Peigne et mesure de Dirac 115
    - 5.1.1 Peigne de Dirac 116
    - 5.1.2 Convolution entre une fonction et  $\delta_a$  119
    - 5.1.3 Transformée de Fourier de  $\delta_a$  120
    - 5.1.4 Développement en série de Fourier du peigne de Dirac. 121
    - 5.1.5 Transformée de Fourier du peigne de Dirac 124
    - 5.1.6 Transformée de Fourier d'un signal périodique 125
  - 5.2 Formule de Poisson dans  $L^1 \mathbb{R}$  125
    - 5.2.1 Application à l'étude d'un signal échantillonné 127
  - 5.3 Théorème d'échantillonnage de Shannon 129
    - 5.3.1 Démonstration dans le cas général 136
    - 5.3.2 Echantillonnage et calcul numérique du spectre - Aliasing . 137
- 6 Analyse temps-fréquence 145
  - 6.1 Introduction 145



- 6.2 Principe d'incertitude 147
  - 6.2.1 Comportements temporel et spectral d'un signal 147
  - 6.2.2 Signaux à durée finie ou à spectre borné 149
  - 6.2.3 Troncature du signal en temps ou en fréquence 150
- 6.3 Transformée de Fourier à fenêtre glissante (STFT) 150
  - 6.3.1 Fenêtrage 150
  - 6.3.2 Les formules de Gabor 153
  - 6.3.3 Comparaison des méthodes de Fourier et Gabor 157
  - 6.3.4 Méthodes d'analyse 159
  - 6.3.5 Estimation de la densité spectrale de puissance d'un signal numérique 159
- 6.4 Distribution de Wigner-Ville 161
- 6.5 La classe de Cohen 163
  - 6.5.1 Positivité 164
  - 6.5.2 La classe de Cohen 164
- 6.6 Exemples : chirps 165
- 6.7 Code SCILAB sommaire pour le spectrogramme 166
- 7 Analyse temps-échelle - Ondelettes 169
  - 7.1 Transformée en ondelettes 169
    - 7.1.1 Définition des ondelettes 173
    - 7.1.2 Ondelettes dans l'espace physique 175
    - 7.1.3 Transformée de Fourier des ondelettes 176
  - 7.2 Transformée en ondelettes [continue](#) : Inversion 177
    - 7.2.1 Exemples 178
  - 7.3 Les ondelettes orthogonales 183
    - 7.3.1 Problème des moments de l'ondelette 187
  - 7.4 Analyse multi-résolution dans  $L_2 \mathbb{R}$  188
    - 7.4.1 Exemples de fonctions d'échelle et d'ondelettes 192
  - 7.5 [Algorithme](#) rapide de décomposition en ondelettes 193
  - 7.6 Filtrage par ondelettes 198
- 266 TABLE DES MATIÈRES
- 8 Introduction à l'analyse vocale 199



- 8.1 Caractéristiques physiques et perceptives des sons 199
  - 8.1.1 Sons périodiques simples : hauteur, intensité 199
  - 8.1.2 Sons périodiques complexes : hauteur, intensité, timbre . 201
  - 8.1.3 Sons apériodiques 202
  - 8.1.4 Résumé des qualités d'un son 203
- 8.2 Reconnaissance des sons voisés 205
  - 8.2.1 Sons voisés, non voisés, pitch 205
  - 8.2.2 Spectrogramme de parole 206
  - 8.2.3 Analyse LPC - Prédiction linéaire 212
- 8.3 Exemple 214
  - 8.3.1 Reconnaissance **automatique** d'un son voisé par corrélation à court terme et calcul de la fréquence fondamentale 214
  - 8.3.2 Les formants 215
- 9 Exercices et travaux pratiques 219
  - 9.1 Chapitre 2 : analyse spectrale 219
    - 9.1.1 Exercices 219
    - 9.1.2 Travaux pratiques 222
  - 9.2 Chapitre 3 : corrélation des signaux 225
    - 9.2.1 Exercices 225
    - 9.2.2 Travaux pratiques 228
  - 9.3 Chapitre 4 : filtrage 230
    - 9.3.1 Exercices 230
    - 9.3.2 Travaux pratiques 236
  - 9.4 Chapitre 5 : échantillonnage 237
    - 9.4.1 Exercices 237
    - 9.4.2 Travaux pratiques 240
  - 9.5 Chapitre 6 : analyse temps-fréquence 243
    - 9.5.1 Exercices 243
    - 9.5.2 Travaux pratiques 245
  - 9.6 Chapitre 7 : analyse temps-échelle 246
    - 9.6.1 Exercices 246



9.6.2 Travaux pratiques 247

9.7 Chapitre 8 : introduction à l'analyse vocale 249


9.7.1 Exercices 249

9.7.2 Travaux pratiques 251

9.8 Travaux pratiques de synthèse 253

[Mathématique appliquée cours 2](#)

**Télécharger le fichier PDF:** [Méthodes mathématiques pour le le Traitement du Signal](#)

[Nous Soutenir](#) 

Le blog contient des publicités, elles permettent de financer l'hébergement et maintenir le blog en fonctionnement. Vous pouvez utiliser adblock pour une lecture sans publicités.