

# TECHNOSUP

Les FILIÈRES TECHNOLOGIQUES des ENSEIGNEMENTS SUPÉRIEURS

## TRAITEMENT DU SIGNAL

# L'essentiel en théorie et traitement du signal

Signaux déterministes et aléatoires,  
continus et discrets

Yvan DUROC





# Table des matières

|  |           |
|--|-----------|
| <b>Avant-propos</b> .....  | <b>3</b>  |
| <b>Table des matières</b> .....                                    | <b>5</b>  |
| <b>Chapitre I. Signaux déterministes continus</b> .....            | <b>9</b>  |
| 1. Classification des signaux .....                                | 10        |
| 2. Représentations en temps et en fréquence .....                  | 13        |
| 3. Transformée de Fourier – TF .....                               | 14        |
| 4. Propriétés de la transformée de Fourier .....                   | 16        |
| 5. Distribution de Dirac – Peigne de Dirac .....                   | 21        |
| 6. Séries de Fourier .....   | 23        |
| 7. Produit de convolution .....                                    | 25        |
| 8. Transformée de Fourier et produit de convolution .....          | 28        |
| 9. Filtre (fréquentiel) .....                                      | 30        |
| 10. Apodisation ou filtre temporel .....                           | 35        |
| 11. Transformée de Fourier d'un signal périodique .....            | 36        |
| 12. Annexe : Eléments sur les distributions .....                  | 38        |
| <b>Chapitre II. Eléments d'analyse spectrale</b> .....             | <b>45</b> |
| 1. Densité spectrale d'énergie .....                               | 46        |
| 2. Fonction d'autocorrélation .....                                | 47        |
| 3. Densité spectrale d'énergie croisée - Intercorrélation .....    | 50        |
| 4. Densité spectrale de puissance – Fonctions de corrélation ..... | 51        |
| 5. Exemples d'applications des fonctions de corrélation .....      | 53        |
| 6. Analyse de Fourier à court terme - Spectrogramme .....          | 59        |
| <b>Chapitre III. Signaux déterministes discrets</b> .....          | <b>61</b> |
| 1. Echantillonnage .....   | 62        |
| 2. Limites pratiques de l'échantillonnage idéal .....              | 66        |
| 3. Transformées usuelles en TdS .....                              | 73        |
| 4. Transformée de Laplace – TL .....                               | 74        |
| 5. Transformée de Laplace à temps discret – TLd .....              | 76        |

|  |            |
|--|------------|
| 6. Transformée en $z - Tz$ .....                                   | 78         |
| 7. Conditions d'existence de la transformée en $z$ .....           | 80         |
| 8. Propriétés de la transformée en $z$ .....                       | 84         |
| 9. Transformée en $z$ inverse .....                                | 85         |
| 10. Transformée en $z$ monolatérale - $Tzm$ .....                  | 91         |
| 11. Lien entre TF et $Tz$ .....                                    | 93         |
| 12. Transformée de Fourier des signaux à temps discret - Tfd ..... | 94         |
| 13. Transformée de Fourier discrète - TFD .....                    | 95         |
| 14. Transformée de Fourier rapide - TFR (FFT) .....                | 97         |
| 15. Produit de convolution .....                                   | 103        |
| 16. Produit de corrélation .....                                   | 107        |
| 17. Observation spectrale et apodisation .....                     | 109        |
| <b>Chapitre IV. Introduction au filtrage numérique</b> .....       | <b>117</b> |
| 1. Présentation générale .....                                     | 118        |
| 2. Systèmes discrets linéaires et invariants .....                 | 119        |
| 3. Filtres à réponse impulsionnelle finie .....                    | 122        |
| 4. Filtres à réponse impulsionnelle infinie .....                  | 125        |
| 5. Introduction à la synthèse de filtres numériques .....          | 128        |
| 6. Synthèse d'un filtre RIF .....                                  | 129        |
| 7. Conclusion .....  | 133        |
| <b>Chapitre V. Signaux aléatoires</b> .....                        | <b>135</b> |
| 1. Rappels sur la théorie des probabilités .....                   | 136        |
| 2. Processus, signaux et variables aléatoires .....                | 137        |
| 3. Signaux aléatoires - Formulation temporelle .....               | 139        |
| 4. Variables aléatoires - Formulation statistique .....            | 141        |
| 5. Exemples de lois de probabilités .....                          | 148        |
| 6. Variables aléatoires bidimensionnelles - VAB .....              | 150        |
| 7. Processus aléatoires ou processus stochastiques .....           | 154        |
| 8. Signal et variable aléatoires .....                             | 158        |
| 9. Etude d'un processus aléatoire ; exemple .....                  | 159        |
| 10. Le bruit - Formalisme mathématique .....                       | 163        |
| 11. Filtrage linéaire de PA SSL .....                              | 166        |
| <b>Chapitre VI. Problèmes de synthèse</b> .....                    | <b>169</b> |
| 1. Exercices d'application .....                                   | 170        |
| 2. Oscilloscope et analyse spectrale .....                         | 172        |

|   |            |
|---|------------|
| 3. Système DTMF et algorithme de Goertzel .....                   | 173        |
| 4. Circuit RC et filtrage numérique .....                         | 175        |
| 5. Synthèse de filtre RII .....                                   | 177        |
| 6. Synthèse de filtres numériques 1D et 2D.....                   | 179        |
| 7. Transmission numérique en bande base .....                     | 182        |
| 8. Performance d'une transmission en bande de base.....           | 186        |
| 9. Modélisation des signaux à bande étroite et applications ..... | 189        |
| 10. Eléments de correction.....                                   | 192        |
| <b>Conclusion.....</b>  | <b>207</b> |
| <b>Bibliographie .....</b>  | <b>208</b> |
| <b>Index.....</b>   | <b>209</b> |