



Titre: Traitement du Signal

**Auteurs:** Gérard Scorletti

**Ecole:** [Ecole centrale Lyon](#)

**Résumé:** L'importance du signal dans nos sociétés contemporaines C'est un lieu commun que d'affirmer que notre société contemporaine est la société de l'information. L'information y est véhiculée par les signaux. Face à la masse des signaux qu'il est nécessaire de traiter, souvent en temps réel, les ingénieurs ont créé des systèmes technologiques d'une grande complexité. Ceux-ci ont envahi notre société et font parti des objets incontournables de notre quotidien. En réponse aux enjeux de la société actuelle, des méthodes scientifiques puissantes pour gérer une telle complexité ont été développées par les chercheurs en Sciences de l'Ingénieur. La maîtrise de ces méthodes devient de plus en plus incontournable dans la pratique de l'ingénieur quelque soit le domaine auquel il se destine.

L'objectif de cet enseignement est de donner des bases scientifiques minimales préalables à l'acquisition et à la maîtrise de ces méthodes. D'autre part, combinée avec les enseignements d'[Automatique](#), il s'agit de contribuer à l'acquisition de l'approche « système », incontournable lorsqu'il s'agit de développer des systèmes d'une certaine complexité, même si leur finalité n'est pas de gérer de l'information<sup>1</sup>

Dans le traitement de l'information, il est nécessaire de

- mesurer le signal, souvent à l'aide de capteurs (métrologie) ;
- caractériser et extraire le signal utile (traitement du signal) ;
- le transmettre par un codage adéquat (traitement du signal).

Pour cela, le traitement du signal développe des méthodes basées sur la modélisation mathématique, ces méthodes pouvant être ensuite mises en oeuvre en [électronique](#) (numérique) du signal (réalisation technologique).

### **Extrait du sommaire:**

1 Introduction 9

1.1 Le signal au service de l'être humain 9

1.2 L'importance du signal dans nos sociétés contemporaines 10



- 1.3 Les signaux utiles 10
- 1.4 Plan du [cours](#) 12
- 1.5 Ou trouver l'information ? 12
- 1.6 Remarques sur l'utilisation de ce document 12
- 1.7 Remerciements 13
- 2 Modéliser et caractériser un signal : Analyse en temps et en fréquence 15
  - 2.1 Introduction à la notion de fréquence 16
  - 2.2 Signaux modélisés par des [fonctions](#) définies sur un intervalle
  - 2.3 Signaux modélisés par des fonctions périodiques : séries de Fourier 21
  - 2.4 Signaux modélisés par des fonctions non périodiques : Transformée de Fourier 25
    - 2.4.1 Introduction 25
    - 2.4.2 Définition de la transformée de Fourier 28
    - 2.4.3 Propriétés de la transformée de Fourier 29
    - 2.4.4 énergie 31
    - 2.4.5 Un exemple illustratif 31
  - 2.5 Limites de la modélisation des signaux par des fonctions 32
  - 2.6 Au-delà des fonctions : les distributions 36
    - 2.6.1 Définition des distributions 36
    - 2.6.2 Opérations de base sur les distributions 39
    - 2.6.3 Transformée de Fourier d'une distribution 42
    - 2.6.4 Transformée de Fourier de fonctions (au sens des distributions) 45
  - 2.7 Exemples d'analyse fréquentielle 48
    - 2.7.1 Caractérisation de l'audition humaine 48
    - 2.7.2 Description de la bande VHF 50
  - 2.8 Résolution d'équations différentielles ou de la transformée de Fourier à la transformée de Laplace 50
  - 2.9 En résumé 55
  - 2.10 Annexe du chapitre : un exemple de script [Matlab](#) 56
- 3 Modéliser et caractériser un système : Convolution et filtrage fréquentiel 59
  - 3.1 Un exemple introductif : la compression MP3 59
  - 3.2 Filtrage fréquentiel : objectif 61



- 3.3 Systèmes de convolution 62
  - 3.3.1 Produit de convolution et systèmes de convolution 62
  - 3.3.2 Produit de convolution et distribution 67
  - 3.3.3 Sortie d'un système de convolution pour une entrée sinusoïdale : réponse harmonique 69
  - 3.3.4 Produit de convolution et transformées de Fourier et de Laplace 70
  - 3.3.5 Système de convolution et fonction de transfert 72
  - 3.3.6 Simulation d'un système de convolution 73
- 3.4 Filtrage fréquentiel 73
  - 3.4.1 Filtres analogiques 73
  - 3.4.2 L'idéal peut-il être atteint ? 76
  - 3.4.3 Filtres analogiques classiques 77
- 3.5 Fenêtrage temporel 87
- 3.6 En résumé 95
- 3.7 Annexe du chapitre 96
  - 3.7.1 Un environnement évolué de simulation "signaux et systèmes" : Simulink 96
  - 3.7.2 Exemple de script Matlab pour le calcul de filtres 98
- 4 Autocorrélation et intercorrélation des signaux déterministes 101
  - 4.1 Energie et puissance 101
    - 4.1.1 Définition 101
    - 4.1.2 Intercorrélation et autocorrélation 104
    - 4.1.3 Densités spectrales 105
  - 4.2 Quelques applications 106
    - 4.2.1 Autocorrélation appliquée à l'extraction d'information d'un signal dégradé 106
    - 4.2.2 Intercorrélation appliquée à la mesure d'un temps de propagation 108
  - 4.3 Conclusion 110
- 5 De l'analogique au numérique 111
  - 5.1 Modélisation d'un signal discret par peigne de Dirac 112
    - 5.1.1 Transformée de Fourier d'un signal discret 112
    - 5.1.2 Transformée en Z d'un signal discret 113
    - 5.1.3 Expression d'un signal discret basée sur un peigne 114



- 5.2 De la transformée de Fourier d'un signal échantillonné 115
- 5.3 Théorème de Shannon 117
  - 5.3.1 L'enseignement de Shannon 120
  - 5.3.2 De l'art de bien échantillonner 121
  - 5.3.3 De l'art de reconstituer un signal continu à partir du signal échantillonné 123
- 5.4 De la transformée de Fourier discrète aux analyseurs de spectre numériques 124
  - 5.4.1 TFD pour le calcul du spectre de signaux à support fini 126
  - 5.4.2 TFD pour le calcul du spectre de signaux périodiques 131
  - 5.4.3 Principe de l'analyseur numérique de spectre 136
- 5.5 En résumé 138
- 5.6 Annexe du chapitre : exemples de scripts Matlab 139
- 6 Filtrage numérique 141
  - 6.1 Convolution discrète 141
    - 6.1.1 Produit de convolution discret et systèmes de convolution discrets 141
    - 6.1.2 Système de convolution discret et fonction de transfert 143
  - 6.2 Conception de filtres à réponse impulsionnelle infinie 146
  - 6.3 Conception de filtres à réponse impulsionnelle finie 152
    - 6.3.1 Conception par la méthode du fenêtrage 155
    - 6.3.2 Conception par échantillonnage fréquentiel 160
  - 6.4 Une remarque en guise de conclusion 162
  - 6.5 Annexe du chapitre : exemples de script Matlab 162
    - 6.5.1 Conception de filtres RIIs 162
    - 6.5.2 Conception de filtres RIFs 164
- 7 Des signaux déterministes aux signaux aléatoires 167
  - 7.1 Energie et puissance pour les signaux discrets 167
  - 7.2 Signaux aléatoires 167
    - 7.2.1 Définition 167
    - 7.2.2 Modélisation 169
    - 7.2.3 Quelques applications 173
  - 7.3 Modélisation d'un signal par un filtre générateur 174
    - 7.3.1 Filtre générateur par la méthode de Yule-Walker 174



7.3.2 La méthode de Yule-Walker comme solution d'un problème d'optimisation 180

7.3.3 Une application des filtres générateurs : le codage LPC en traitement de la parole 180

7.4 Annexe du chapitre : exemples de script Matlab 182

[Formation-Traitement-du-signal-cours 5](#)

**Télécharger le fichiers PDF:** [Traitement du Signal](#)