

SCHAUM'S

SIGNAUX ET COMMUNICATIONS

HWEI HSU

Un cours concis et efficace pour toutes les filières

Des méthodes pour apprendre vite et bien

Plus de 450 exercices et problèmes résolus
pour tester vos connaissances

Le manuel qui vous permet d'optimiser vos résultats

2^e édition

EdiScience

Dans cet ouvrage : Signaux et spectres Transmission et filtrage Modulations Probabilités
et processus aléatoires Bruit Théorie de l'information et codage

SCHAUM'S

SIGNAUX ET COMMUNICATIONS

HWEI HSU

Professeur à l'université Fairleigh Dickinson,
New Jersey, États-Unis

Traduit par Francis Cottet

Professeur à l'École Nationale Supérieure
de Mécanique et d'Aérotechnique

2^e édition

EdiScience

Sommaire

Avant propos		VII
Chapitre 1	Signaux et spectres	1
	1.1 Introduction	1
	1.2 Séries de Fourier et spectres discontinus	1
	1.3 Transformée de Fourier et spectre continu	3
	1.4 Propriétés de la transformée de Fourier	4
	1.5 Transformées de Fourier des signaux à puissance finie	6
	Exercices corrigés	8
	Exercices supplémentaires	27
Chapitre 2	Systèmes de transmission et filtrage	29
	2.1 Introduction	29
	2.2 Réponse impulsionnelle et fonction de transfert	29
	2.3 Caractéristiques fréquentielles d'un système LTI	31
	2.4 Transmission des signaux par un système LTI	32
	2.5 Filtres	33
	2.6 Filtres à quadrature de phase et transformée de Hilbert	35
	Exercices corrigés	36
	Exercices supplémentaires	47
Chapitre 3	Modulation d'amplitude	51
	3.1 Introduction	51
	3.2 Modulation d'amplitude	51
	3.3 Modulation d'amplitude à double bande	52
	3.4 Modulation d'amplitude classique	53
	3.5 Modulation d'amplitude à bande latérale unique	56

	3.6	Modulation d'amplitude à bande latérale unique avec porteuse résiduelle	59
	3.7	Décalage fréquentiel et mélange de fréquences	61
	3.8	Multiplexage fréquentiel	62
		Exercices corrigés	63
		Exercices supplémentaires	78
Chapitre 4		Modulation angulaire	81
	4.1	Introduction	81
	4.2	Modulation angulaire et fréquence instantanée	81
	4.3	Modulation de phase et de fréquence	82
	4.4	Analyse spectrale des signaux modulés en phase ou en fréquence	83
	4.5	Modulation angulaire à bande étroite	84
	4.6	Modulation angulaire par un signal sinusoïdal pur	84
	4.7	Largeur spectrale des signaux en modulation angulaire	86
	4.8	Génération des signaux en modulation angulaire	87
	4.9	Démodulation des signaux en modulation angulaire	88
		Exercices corrigés	90
		Exercices supplémentaires	105
Chapitre 5		Transmission numérique des signaux analogiques	107
	5.1	Introduction	107
	5.2	Modulation par impulsions codées	107
	5.3	Théorème de l'échantillonnage	108
	5.4	Échantillonnage	109
	5.5	Modulation d'impulsion en amplitude	111
	5.6	Quantification	111
	5.7	Codage	114
	5.8	Bande passante d'une modulation par impulsions codées	115
	5.9	Modulation Delta	116
	5.10	Format ou codage des signaux	118
	5.11	Multiplexage temporel	119
	5.12	Largeur spectrale en multiplexage temporel	121
	5.13	Interférence entre les symboles et mise en forme des impulsions	121
	5.14	Systèmes de modulation pour les signaux numériques	124
		Exercices corrigés	125
		Exercices supplémentaires	149

Chapitre 6	Probabilités et variables aléatoires	153
	6.1 Introduction	153
	6.2 Probabilités	153
	6.3 Variables aléatoires	157
	6.4 Variables aléatoires bidimensionnelles	160
	6.5 Fonctions de variables aléatoires	162
	6.6 Moyennes statistiques	164
	6.7 Principales lois de probabilité	167
	Exercices corrigés	169
	Exercices supplémentaires	197
Chapitre 7	Processus aléatoires	201
	7.1 Introduction	201
	7.2 Définitions et notations des processus aléatoires	201
	7.3 Statistique des processus aléatoires	202
	7.4 Corrélations et spectres de puissance	206
	7.5 Transmission de processus aléatoires à travers des systèmes linéaires	208
	7.6 Processus aléatoires spécifiques	210
	Exercices corrigés	214
	Exercices supplémentaires	242
Chapitre 8	Bruit dans les systèmes de communication analogique	245
	8.1 Introduction	245
	8.2 Bruit additif et rapport signal sur bruit	245
	8.3 Bruit dans les systèmes de communications en bande de base	246
	8.4 Bruit dans les systèmes de modulation d'amplitude	247
	8.5 Bruit dans les systèmes de modulation angulaire	253
	Exercices corrigés	258
	Exercices supplémentaires	272
Chapitre 9	Détection optimale	275
	9.1 Introduction	275
	9.2 Détection d'un signal binaire et test des hypothèses	275
	9.3 Probabilité d'erreur et détecteur de maximum de vraisemblance	276
	9.4 Détection optimale	279
	9.5 Évaluation de la probabilité d'erreur dans un système de transmission binaire	281

	Exercices corrigés	283
	Exercices supplémentaires	297
Chapitre 10	Théorie de l'information et codage de la source	299
	10.1 Introduction	299
	10.2 Mesure de l'information	299
	10.3 Canaux de communication discrets sans mémoire	301
	10.4 Information mutuelle	305
	10.5 Capacité d'un canal	306
	10.6 Canal de communication avec bruit blanc gaussien	308
	10.7 Codage de la source d'information	309
	10.8 Codage entropique	312
	Exercices corrigés	313
	Exercices supplémentaires	339
Chapitre 11	Codage pour le contrôle d'erreur	343
	11.1 Introduction	343
	11.2 Codage du canal de communication	343
	11.3 Codage par blocs	344
	11.4 Codes par blocs	344
	11.5 Codes cycliques	348
	11.6 Codes récurrents	353
	11.7 Décodage des codes récurrents	358
	Exercices corrigés	360
	Exercices supplémentaires	386
Annexe A	Transformée de Fourier	389
Annexe B	Fonctions de Bessel $J_n(\beta)$	391
Annexe C	Fonction erreur complémentaire $Q(Z)$	393
Annexe D	Lexique anglais-français	395
Index		398

Annexe A

Transformée de Fourier

$$X(\omega) = \mathcal{F}[x(t)] = \int_{-\infty}^{\infty} x(t)e^{-j\omega t} dt \quad x(t) = \mathcal{F}^{-1}[X(\omega)] = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} X(\omega)e^{j\omega t} d\omega$$

Théorème de Parseval

$$\int_{-\infty}^{\infty} x_1(t)x_2(t)dt = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} X_1(\omega)X_2^*(\omega)d\omega \quad \int_{-\infty}^{\infty} |x(t)|^2 dt = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} |X(\omega)|^2 d\omega$$

Tableau A.1 Propriétés de la transformée de Fourier.

Propriété	$x(t) \leftrightarrow X(\omega)$
Linéarité	$a_1x_1(t) + a_2x_2(t) \leftrightarrow a_1X_1(\omega) + a_2X_2(\omega)$
Décalage temporel	$x(t - t_0) \leftrightarrow X(\omega)e^{-j\omega t_0}$
Homothétie	$x(at) \leftrightarrow \frac{1}{ a } X\left(\frac{\omega}{a}\right)$
Temps inverse	$x(-t) \leftrightarrow X(-\omega)$
Dualité	$X(t) \leftrightarrow 2\pi x(-\omega)$
Décalage fréquentiel	$x(t)e^{j\omega_0 t} \leftrightarrow X(\omega - \omega_0)$
Modulation	$x(t) \cos \omega_0 t \leftrightarrow \frac{1}{2}X(\omega - \omega_0) + \frac{1}{2}X(\omega + \omega_0)$
Dérivation temporelle	$x'(t) \leftrightarrow j\omega X(\omega)$
Dérivation fréquentielle	$-jtx(t) \leftrightarrow X'(\omega)$
Intégration	$\int_{-\infty}^t x(\tau) d\tau \leftrightarrow \frac{1}{j\omega} X(\omega)$
Convolution	$x_1(t) * x_2(t) \leftrightarrow X_1(\omega)X_2(\omega)$
Multiplication	$x_1(t)x_2(t) \leftrightarrow \frac{1}{2\pi} X_1(\omega) * X_2(\omega)$

Tableau A.2 Quelques transformées de Fourier.

$x(t)$	$X(\omega)$
$\delta(t)$	1
$\delta(t - t_0)$	$e^{-j\omega t_0}$
1	$2\pi\delta(\omega)$
$u(t)$	$\frac{2}{j\omega}\delta(\omega) + \frac{1}{j\omega}$
$\text{sgn}(t)$	$\frac{2}{j\omega}$
$\frac{1}{\pi t}$	$-j \text{sgn}(\omega)$
$e^{j\omega t_0}$	$2\pi\delta(\omega - \omega_0)$
$\cos \omega_0 t$	$\pi[\delta(\omega - \omega_0) + \delta(\omega + \omega_0)]$
$\sin \omega_0 t$	$-j\pi[\delta(\omega - \omega_0) - \delta(\omega + \omega_0)]$
$e^{-at}u(t)$ pour $a > 0$	$\frac{1}{j\omega + a}$
$te^{-at}u(t)$ pour $a > 0$	$\frac{1}{(j\omega + a)^2}$
$e^{-a t }$ pour $a > 0$	$\frac{2a}{\omega^2 + a^2}$
$e^{-t^2/(2\sigma^2)}$	$\sigma\sqrt{2\pi}e^{-\sigma^2\omega^2/2}$
$p_a(t) = \begin{cases} 1 & t < a \\ 0 & t > a \end{cases}$	$2a \frac{\sin a\omega}{a\omega}$
$\frac{\sin at}{\pi t}$	$p_a(\omega) = \begin{cases} 1 & \omega < a \\ 0 & \omega > a \end{cases}$
$x(t) = \begin{cases} 1 - \frac{ t }{a} & t < a \\ 0 & t > a \end{cases}$	$a \left[\frac{\sin(a\omega/2)}{a\omega/2} \right]^2$
$\sum_{-\infty}^{\infty} \delta(t - nT)$	$\omega_0 \sum_{-\infty}^{\infty} \delta(\omega - n\omega_0)$ pour $\omega_0 = \frac{2\pi}{T}$
$\hat{x}(t) = \int_{-\infty}^{\infty} \frac{x(\tau)}{t - \tau} dt$	$-j \text{sgn}(\omega)X(\omega)$

Annexe B

Fonctions de Bessel $J_n(\beta)$

(Fonctions de Bessel de première espèce d'ordre n et d'argument β)

FONCTIONS GÉNÉRATRICES ET DÉFINITIONS

$$e^{j\beta \sin \omega_m t} = \sum_{n=-\infty}^{\infty} J_n(\beta) e^{jn\omega_m t}$$

$$J_n(\beta) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} e^{j(\beta \sin \lambda - n\lambda)\omega_m t} d\lambda$$

$$J_n(\beta) = \sum_{k=0}^{\infty} \frac{(-1)^k (\beta/2)^{2k+n}}{k!(k+n)!}$$

PROPRIÉTÉS DE $J_n(\beta)$

1. $J_{-n}(\beta) = (-1)^n J_n(\beta)$
2. $J_{n-1}(\beta) + J_{n+1}(\beta) = \frac{2n}{\beta} J_n(\beta)$
3. $\sum_{n=-\infty}^{\infty} J_n^2(\beta) = 1$

Annexe C

Fonction erreur complémentaire $Q(Z)$

$$Q(z) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_z^{\infty} e^{-\lambda^2/2} d\lambda$$

$$Q(0) = \frac{1}{2} \quad Q(-z) = 1 - Q(z) \quad \text{pour } z \geq 0$$

$$Q(z) = \frac{1}{2} - \text{erf}(z)$$

$$\text{erf}(z) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_0^z e^{-\lambda^2/2} d\lambda$$

$$Q(z) \approx \frac{1}{\sqrt{2\pi z}} e^{-z^2/2} \quad \text{pour } z \gg 1 \quad (z > 4)$$

Tableau C.1 Fonction $Q(z)$.

z	$Q(z)$	z	$Q(z)$	z	$Q(z)$	z	$Q(z)$
0,00	0,5000	1,00	0,1587	2,00	0,0228	3,00	0,00135
0,05	0,4801	1,05	0,1469	2,05	0,0202	3,05	0,00114
0,10	0,4602	1,10	0,1357	2,10	0,0179	3,10	0,00097
0,15	0,4404	1,15	0,1251	2,15	0,0158	3,15	0,00082
0,20	0,4207	1,20	0,1151	2,20	0,0139	3,20	0,00069
0,25	0,4013	1,25	0,1056	2,25	0,0122	3,25	0,00058
0,30	0,3821	1,30	0,0968	2,30	0,0107	3,30	0,00048
0,35	0,3632	1,35	0,0885	2,35	0,0094	3,35	0,00040
0,40	0,3446	1,40	0,0808	2,40	0,0082	3,40	0,00034
0,45	0,3264	1,45	0,0735	2,45	0,0071	3,45	0,00028
0,50	0,3085	1,50	0,0668	2,50	0,0062	3,50	0,00023
0,55	0,2912	1,55	0,0606	2,55	0,0054	3,55	0,00019
0,60	0,2743	1,60	0,0548	2,60	0,0047	3,60	0,00016
0,65	0,2578	1,65	0,0495	2,65	0,0040	3,65	0,00013
0,70	0,2420	1,70	0,0446	2,70	0,0035	3,70	0,00011
0,75	0,2266	1,75	0,0401	2,75	0,0030	3,75	0,00009
0,80	0,2169	1,80	0,0359	2,80	0,0026	3,80	0,00007
0,85	0,1977	1,85	0,0322	2,85	0,0022	3,85	0,00006
0,90	0,1841	1,90	0,0287	2,90	0,0019	3,90	0,00005
0,95	0,1711	1,95	0,0256	2,95	0,0016	3,95	0,00004
4,00	0,00003						
4,25	10^{-5}						
4,75	10^{-6}						
5,20	10^{-7}						
5,60	10^{-8}						

Annexe D

Lexique anglais-français

Anglais	Français
Amplitude modulation	Modulation d'amplitude
Amplitude spectrum	Module de la fonction de transfert
Amplitude-Shift Keying (ASK)	Modulation d'amplitude (signaux binaires)
Analog-to-Digital Converter (ADC)	Convertisseur analogique-numérique (CAN)
Angle modulation	Modulation angulaire
Angular frequency	Pulsation ou fréquence angulaire
Band-limited	Spectre borné
Bandwidth	Bande passante
Block coding	Code par blocs
Carrier signal	Onde porteuse
Code length	Longueur du code
Code rate	Taux de redondance du code
Coding	Code
Communication engineering	Ingénierie de la communication
Conditional probability	Probabilité conditionnelle
Convolutional coding	Code convolutionnel ou récurrent
Cutoff frequency	Fréquence de coupure
Decoder	Codeur
Digital-to-Analog Converter (DAC)	Convertisseur numérique analogique (CNA)
Discrete spectrum	Spectre discontinu
Distribution function	Fonction de répartition
Cumulative distribution function (cdf)	Modulation d'amplitude à double bande (DB)
Double-sideband modulation (DSB)	Codeur
Encoder	Codage
Encoding	Signal à énergie finie
Energy signal	Fonction paire
Even function	

Anglais	Français
Experiment	Expérience
Frequency bandwith	Largeur spectrale ou bande passante
Frequency modulation	Modulation de fréquence
Frequency response (transfer function)	Fonction de transfert
Frequency-Shift Keying (FSK)	Modulation de fréquence (signaux binaires)
Independent events	Événements indépendants
Joint cumulative distribution function	Fonction de répartition bidimensionnelle
Likelihood	Vraisemblance
Line spectrum	Spectre de raies
Linear time-invariant system (LTI)	Système linéaire temporellement invariant (LTI)
Lower sideband	Bande latérale inférieure (BLI)
Marginal distribution function	Fonction de répartition marginale
Mean / Expectation	Moyenne / Espérance mathématique
Memoryless	Sans mémoire
Message signal	Signal informatif
Modulated signal	Signal modulé
Modulating signal	Signal modulant
Modulation index	Indice de modulation
Moment	Moment
Narrowband	Bande étroite
Noise	Bruit
Odd function	Fonction impaire
Ordinary amplitude modulation (AM)	Modulation d'amplitude (MA)
Phase modulation	Modulation de phase
Phase spectrum	Phase de la fonction de transfert
Phase-Shift Keying (PSK)	Modulation de phase (signaux binaires)
Piecewise continuous	Absolument continu
Power signal	Signal à puissance finie
Power spectrum	Spectre en puissance (densité spectrale)
Probability	Probabilité
Probability density function (pdf)	Densité de probabilité (<i>variable continue</i>)
Probability mass function (pmf)	Fonction de probabilité ou probabilité (<i>variable discrète</i>)
Pulse Code Modulation (PCM)	Modulation par impulsions codées (MIC)
Quadrature amplitude modulation (QAM)	Modulation d'amplitude à quadrature de phase (MAQ)
Quantizing	Quantification
Raised-Cosine Filter	Fenêtre de Hanning généralisée
Random experiment	Expérience ou épreuve aléatoire
Random variable (r.v.)	Variable aléatoire (v.a.)
Range	Domaine, Intervalle

Anglais	Français
Root mean square (rms)	Moyenne quadratique
Sample	Échantillon
Sample-and-hold	Échantillonneur-bloqueur
Sampling	Échantillonnage
Scaling	Facteur d'échelle ou homothétie
Scrambler	Brouilleur
Security	Sécurité (confidentialité)
Signal	Signal ou (<i>par extension</i>) traitement du signal
Single-sidedband modulation (SSB)	Modulation d'amplitude à bande latérale unique (BLU)
Spectrum, spectra	Spectre, spectres
Standard deviation	Écart type
Time-division multiplexing (TDM)	Multiplexage temporel
Unit step function	Signal échelon
Unit step response	Réponse indicielle
Upper sideband	Bande latérale supérieure (BLS)
Vestigial-sidedband modulation (VSB)	Modulation d'amplitude à bande latérale unique avec porteuse résiduelle (BLU-PR)
Voltage controlled oscillator (VCO)	Oscillateur commandé par tension
White noise	Bruit blanc

Index

A-B-C

Alphabet 299
Autocorrélation 203, 206
Autocovariance 203, 206
Bande de base 246
Bande de base bipolaire 282
Bande de base unipolaire 281
Bande passante 34
Battement 65
Brouilleur 76
Bruit blanc 211, 247
Bruit blanc à spectre limité 212
Bruit de quantification 111, 137
Bruit gaussien 246
Canal avec bruit blanc gaussien 330
Canal binaire à effacement 320
Canal de communication 43, 301
Canal de communication binaire symétrique 304, 307
Canal de communication déterministe 303, 307
Canal de communication sans bruit 307
Canal de communication sans perte 303, 307
Canal sans bruit 304
Canal sans perte 320
Canal symétrique binaire 360
Capacité 325
Capacité d'un canal 306
Causal 30
Codage 107, 114, 143, 309, 343
Codage bipolaire simple 119, 143
Codage de Huffman 312
Codage de Shannon-Fano 312
Codage Manchester 119
Codage NRZ 118
Codage NRZ Bipolaire 119
Codage NRZ unipolaire 143
Codage par blocs 344
Codage RZ bipolaire 119, 143
Codage RZ unipolaire 119
Code à décodage unique 311
Code à longueur fixe 310
Code à longueur variable 310
Code à préfixe différent 311

Code cyclique 349
Code de Goley 352
Code distinct 311
Code instantané 311
Code linéaire 345
Code linéaire cyclique 351
Code optimal 311
Code polynomial 349
Code récurrent 353
Code systématique 346
Codes BCH 353
Codes correcteurs 343
Codes de Reed-Salomon 353
Codes détecteurs 343
Codeur 309
Codeur catastrophique 383
Coefficients de Fourier 2
Commutateur d'échantillonnage 146
Compandeur 114
Compression du signal 113
Convolution 5, 19
Corrélation 166
Corrélation croisée 206
Courbe de phase 2
Covariance 166
Covariance croisée 207

D-E-F

Débit d'information 301
Décodage à maximum de vraisemblance 359
Décodage de Viterbi 359
Démodulateur synchrone 75
Démodulation synchrone 60
Densité de probabilité bidimensionnelle 164
Densité de probabilité du premier ordre 202
Densité de probabilité du second ordre 202
Densité spectrale croisée 207
Densité spectrale de puissance 207
Dent de scie 27
Détecteur d'enveloppe 102
Détection d'enveloppe 54, 250

Détection optimale 275
 Détection synchrone 53, 250
 Diagramme d'état 356
 Diagramme sous forme d'arbre 357
 Discriminateur de fréquence 88
 Distance de Hamming 345, 362
 Distance minimale 345, 364
 Distorsion de phase 33
 Distorsion en amplitude 33
 Écart type 166
 Échantillonnage 107
 Échantillonnage idéal 109
 Échantillonnage naturel 110, 133
 Échantillonnage régulier 110
 Échantillonneur-bloqueur 110
 Échelon unitaire 24
 Énergie 3
 Entropie 300
 Entropie différentielle 308
 Ergodique 205
 Erreur catastrophique 383
 Erreur de quantification 111
 Espace des solutions 153
 Espérance mathématique 164
 Événements indépendants 156
 Fenêtre de Hanning 123, 148
 Filtre 32
 Filtre à bande étroite 34
 Filtre à quadrature de phase 35
 Filtre adapté 279
 Filtre adapté pour bruit coloré 292
 Filtre causal 34
 Filtre d'égalisation 44
 Filtre gaussien 48
 Filtre idéal 33
 Filtre idéal passe-bande 33
 Filtre idéal passe-bas 34
 Filtre idéal passe-haut 34
 Filtre idéal réjecteur 34
 Filtre passe-bas 40
 Filtre passe-bas idéal 42
 Filtre passe-haut 41
 Fonction de probabilité 158
 Fonction de répartition 158, 159
 Fonction de répartition bidimensionnelle 160
 Fonction de répartition du premier ordre 202
 Fonction de répartition du second ordre 202
 Fonction de transfert 31, 38
 Fonction densité de probabilité 159
 Fonction densité de probabilité conditionnelle 162
 Fonction échelon 14
 Fonction erreur complémentaire 169
 Fonction impulsion unité 6

Fonction signe 16
 Fonction unité 14
 Fonctions densité de probabilité marginales 162
 Formule de Parseval 13
 Fréquence de coupure 34
 Fréquence de Nyquist 108
 Fréquence instantanée 90

I-J-M

Indice de modulation 85
 Inégalité de Cauchy-Schwarz 196
 Inégalité de Chebyshev 196
 Inégalité de Kraft 311
 Inégalité de Markov 195
 Inéquation de Bonferroni 171
 Information mutuelle 306
 Interférence entre les symboles 121
 Largeur spectrale 52, 86
 Loi binomiale 167, 179
 Loi de compression 113, 139
 Loi de Gauss 168
 Loi de Poisson 168, 179
 Loi de Shannon-Hartley 309
 Loi normale 168
 Loi normale standard 169
 Longueur d'un mot du code 309
 Matrice de covariance 210
 Matrice de probabilité conjointe 303
 Matrice de test de parité 347
 Matrice du canal de communication 302
 Matrice génératrice 347
 Mélangeur fréquentiel 61
 Modulateur indirect de Armstrong 99
 Modulation 51
 Modulation à bande latérale unique 56, 69
 Modulation à bande latérale unique avec porteuse résiduelle 60
 Modulation à double bande 248
 Modulation angulaire 51, 81, 92, 253
 Modulation angulaire à bande étroite 84, 95
 Modulation d'amplitude 51, 65, 92, 95, 124, 250, 282
 Modulation d'amplitude à bande latérale unique 249
 Modulation d'amplitude à double bande 52
 Modulation d'amplitude à quadrature de phase 77
 Modulation de fréquence 97, 124, 255, 270, 283
 Modulation de fréquence à bande étroite 267
 Modulation de phase 51, 254, 282
 Modulation delta 107, 116, 117, 141, 143
 Modulation Delta adaptative 118
 Modulation exponentielle 83
 Modulation par impulsions codées 107
 Moment 165, 203

Moyenne 164, 203
 Multiplexage 62
 Multiplexage fréquentiel 62
 Multiplexage temporel 119, 145
 Multiplieur de fréquence 87, 99

O-P-Q-R

Onde porteuse 51
 Peigne de Dirac 22, 24
 Période d'échantillonnage 108
 Poids de Hamming 345
 Polynôme de test de parité 350
 Polynôme générateur 350
 Polynôme syndrome 350
 Probabilité conditionnelle 156
 Probabilité d'erreur 276
 Probabilité de transition 302
 Probabilités 154
 Processus 201
 Processus gaussien 210, 236
 Puissance moyenne 4
 Pulsation instantanée 81
 Quantification 107, 111, 136
 Quantification uniforme 113
 Radiodiffusion 270
 Rapport de vraisemblance 277, 283
 Rapport signal sur bruit 137, 245
 Redondance du code 310, 344
 Règle de Carson 86, 98
 Relations de Wiener-Khinchin 207
 Réponse impulsionnelle 30, 38, 208
 Réponse impulsionnelle du codeur 355
 Réponse indicielle 38

S-T-V

Série de Fourier 1
 Signal carré périodique 9
 Signal impulsion carré 15
 Signal porte 15
 Source d'information 299
 Sous-échantillonnage 128, 132
 Spectre d'amplitude 2
 Spectre de puissance 207, 220
 Spectre de puissance croisé 207
 Spectre de raies 2
 Stationnaire 203
 Stationnaire au sens large 204
 Symboles 299, 335
 Syndrome 348
 Système linéaire temporellement invariant 30, 208
 Théorème central limite 169
 Théorème de Bayes 157
 Théorème de l'échantillonnage 126
 Théorème de Parseval 2, 4, 21, 27
 Transformée de Fourier 3, 24, 207
 Transformée de Fourier inverse 3
 Transformée de Hilbert 35, 45
 Transformée duale de Hilbert 49
 Treillis 358
 Variable aléatoire 157
 Variable aléatoire continue 158
 Variable aléatoire discrète 158
 Variable aléatoire exponentielle 181
 Variable aléatoire uniforme 181
 Variance 165
 Vraisemblance 277

Pour apprendre sans (trop d') effort

SIGNAUX ET COMMUNICATIONS

2^e édition

Cet ouvrage présente l'ensemble des principes de base en théorie, traitement et transmission des signaux, analogiques et numériques : signaux et spectres, systèmes de transmission, filtrage, modulation, codage... Plus de 450 exercices et problèmes, résolus pour la plupart et classés par thèmes, illustrent le cours.

SOMMAIRE

- Signaux et spectres
- Systèmes de transmission et filtrage
- Modulation d'amplitude
- Modulation angulaire
- Transmission numérique des signaux analogiques
- Probabilités et variables aléatoires
- Processus aléatoires
- Bruit dans les systèmes de communication analogique
- Détection optimale
- Théorie de l'information et codage de la source
- Codage pour le contrôle d'erreur
- Annexes mathématiques

PUBLIC

- Formations avancées ingénierie électrique et informatique
- Élèves en écoles d'ingénieurs
- Étudiants en 2^e cycle/Master
- Professionnels en formation continue



ISBN 2 10 007268 4

SIGNAUX ET COMMUNICATIONS

PRÉPARATION EXAMENS-CONCOURS



10/11/04

PRIX ÉDITEUR
35,00 EUR

PRIX FNAC
33.25 EUR

w.ediscience.net

SCHAUM'S

HWEI HSU est docteur en électronique, diplômé de l'Université nationale de Taiwan. Il enseigne actuellement l'ingénierie électronique à l'université Fairleigh Dickinson du New Jersey, États-Unis.

*Traduit de l'américain
par Francis Cottet*

