

Table des matières

Préface	iii
Avant propos	ix
I Vocabulaire, notations et outils	1
Introduction à la mesure	1
Applications et caractéristiques de la mesure	3
Glossaire	4
Formulaire	6
II Grandeur	7
1 Grandeurs	7
2 Lois de comportement	8
3 Dimensions	9
4 Équation aux dimensions, principe d'homogénéité	10
5 Pièges à éviter : le modèle inexact	14
5.1 Modèle mathématique inapproprié	14
5.2 Modèle physique inapproprié	16
III Mesure	17
1 Définition	17
2 Propriétés de la mesure	18
3 Types de mesure	19
3.1 Mesure directe	19
3.2 Mesure indirecte	19
3.3 Mesures répétées, mesures multiples	20
4 Exactitude, justesse, fidélité, répétabilité, reproductibilité d'une mesure	20
5 Unités de mesure	22
5.1 Unités de base du SI	23

5.2	Unités dérivées du SI	25
5.3	Unités hors du SI	30

IV Erreurs et incertitudes de mesure **33**

1	Erreur de mesure	33
1.1	Définition	34
1.2	Causes d'erreurs	35
2	Support théorique : qui sont la mesure et son incertitude ? .	37
2.1	La mesure est une variable aléatoire	39
2.2	Deux intervalles de confiance	45
2.3	Avez-vous compris ?	46
2.4	La distribution des mesures peut-elle être gaussienne ?	47
2.5	Mesures indirectes	51
2.6	Mesures multiples : régression linéaire et méthode de réduction	53
3	Incertitudes normalisées	56
3.1	Incertitude-type de type A	57
3.2	Incertitude-type de type B	57
3.3	Combinaison d'incertitude	61
3.4	Propagation des incertitudes	63
3.5	Incertitude-type élargie	65
3.6	Écriture des résultats de mesure	66
4	Applications pratiques	66
4.1	Mesures directes	67
4.2	Mesures multiples	69
4.3	Combinaison d'incertitudes : incertitude-type com- posée et élargie	70
4.4	Incertitude type élargie et intervalle de confiance .	71
4.5	La distribution des mesures est-elle gaussienne ? .	73

V Analyse spectrale **89**

1	Définitions pour les signaux périodiques	90
2	Pourquoi l'analyse fréquentielle ?	91
3	Spectre, série de Fourier	92
3.1	Spectre	92
3.2	Série de Fourier	92
3.3	Propriétés de la série de Fourier	95
4	Applications de l'analyse spectrale	97

4.1	Analyse de signaux simples	97
4.2	Signal modulé en amplitude	98
4.3	Acoustique	99
4.4	Mesure interférométrique	99
5	Systèmes de mesure linéaires	104
5.1	Linéarité de l'appareil	104
5.2	Réponse impulsionnelle	105
5.3	Fonction de transfert	107
5.4	Filtre électronique	109
5.5	L'appareil de mesure est un filtre	110
6	Action d'un appareil sur un signal	111
VI Choix d'un appareil, méthodes de mesure		115
1	Analogique, numérique	115
2	Caractéristiques des instruments de mesure	116
3	Valeur efficace	118
4	Chaîne de mesure, bruit et échantillonnage	119
4.1	Bruit	120
4.2	Échantillonnage : théorème de Shannon-Wittaker	121
4.3	Lien analogique numérique	122
5	Méthodes de mesure	125
5.1	Une mesure par comparaison : la stroboscopie	126
5.2	Une mesure par compensation : pont de mesure	126
5.3	Une mesure différentielle : absorptance et concentration chimique	128
6	Synthèse : caractérisation d'une chaîne de mesure	129
VII Capteurs		135
1	Capteur passif, capteur actif	135
2	Mesure acoustique : microphone électroacoustique	136
2.1	Principe général du microphone électroacoustique	136
2.2	Modélisation du microphone	136
2.3	Caractéristiques commerciales d'un microphone	139
3	Mesure d'excitation magnétique : sonde à effet Hall	140
4	Mesure thermique : thermistance	141
5	Mesure photométrique et électronique	142
5.1	Semiconducteur, jonction	142
5.2	Applications : redressement et photodiode	145

VII	Exercices, aides et solutions	147
1	Énoncés	147
1.1	Grandeurs, dimensions	147
1.2	Mesure	149
1.3	Unités	150
1.4	Erreurs	153
1.5	Incertitudes, résultats de mesure	154
1.6	Analyse spectrale	161
1.7	L'appareil n'est pas parfait...	165
1.8	Choix d'un appareil	168
1.9	Méthodes de mesure	171
2	Solutions des exercices	172
	Épilogue	202

A	Compléments et tables	203
1	Cercle trigonométrique, déphasage, formules de trigonométrie	203
2	Indépendance des mesures au sens des probabilités	203
3	Test d'hypothèse : deux grandeurs mesurées sont-elles indépendantes ?	204
4	Test d'hypothèse : la valeur de mesure est-elle aberrante ?	204
5	Table : loi de Gauss, loi normale	205
6	Table : loi du χ^2	209
7	Table : loi de Smirnov-Kolmogorov	212
8	Table : loi de Student	215