

Mickaël Melzani

PHYSIQUE ET MESURE

Histoire et fonctionnement de la physique
à travers la mesure et les unités



ellipses

TABLE DES MATIÈRES

Index thématique	xv
I Comment fonctionnent les sciences physiques ?	1
Introduction	2
1 Structure et fonctionnement des sciences physiques	4
1 Exemple introductif	4
2 Définitions de <i>théorie</i> , <i>modèle</i> , <i>monde observé</i>	7
3 Définition de <i>grandeur physique</i> et rôle de la mesure dans l'utilisation des théories	10
2 Les rôles de la mesure dans l'édification d'une théorie	17
1 Élaboration du modèle ou de la théorie	17
2 Édification d'une théorie selon Maxwell	19
3 Puis selon T. Kuhn	22
4 Conclusion	27
3 Annexe : autour du diagramme des deux mondes	28
1 Une hiérarchie des théories	28
2 Des exemples de diagrammes	34
3 Philosophons autour des deux mondes	34
II Mesurer : définir, utiliser et redéfinir les unités	41
Introduction	42
4 Comment définir une unité ?	45
1 Le mécanisme général de définition	45
2 Quel type de grandeur physique peut-on fixer ?	47
3 Combien de valeurs numériques est-il possible de fixer ou faut-il fixer ?	48
4 Peut-on fixer des grandeurs physiques à la valeur 1 ? Quelles unités obtient-on ?	50
5 Bilan : définition des unités dans les versions successives du SI	51

Table des matières

5	Le mètre : qu'est-ce qui motive la redéfinition d'une unité ?	55
1	Avant la Révolution française, multiplicité et confusion	55
2	1791, le méridien terrestre et la longueur d'une barre	57
3	1960, la longueur d'onde du krypton	61
4	1983, la vitesse de la lumière	62
5	Conclusion	63
6	Liens entre définition et mise en pratique d'une unité	69
1	Réalisation pratique d'une unité	69
2	Redéfinition d'une unité	70
7	Le kilogramme : exemple d'une redéfinition moderne	75
1	La mesure des masses est ancienne	75
2	Le concept de masse en physique et les premières définitions du kilogramme	77
3	Mesures de h dans l'ancien système, puis nouvelle définition	80
4	Mesure des masses dans le SI d'après 2019	87
8	Comment les constantes physiques sont-elles mesurées ?	90
1	Mesure des masses molaires	90
2	Mesure des grandeurs physiques fondamentales, le travail du CODATA . .	93
9	La mole : une unité née de l'étude de la matière	99
1	L'hypothèse atomique	99
2	De l'entrée dans le SI à la redéfinition de 2019	104
3	Redéfinition de 2019	105
4	Conséquence : une mesure indirecte de h avant 2019, une mesure indirecte de m_u après 2019	105
10	L'ampère : la question des unités indépendantes et naissance du SI	108
1	La question d'une unité électrique indépendante des unités mécaniques, et naissance du SI	108
2	Entrée dans le SI et définition avec μ_0 en 1954	117
3	L'ère quantique supprime le SI, les unités hors SI de 1990	118
4	Retour au SI avec la redéfinition de 2019	119
11	Le kelvin : les grandeurs sont avant tout définies par la théorie	125
1	L'invention du concept de température	126
2	Mesurer la température	137
3	Redéfinition de 2019	140
12	La seconde : l'unité ultime	148
1	Prélude : on a toujours mesuré le temps	148
2	La quête de précision	152
3	Synchronisation du temps	154
4	Le temps atomique	156
13	Épilogue : qu'est-ce qu'une constante fondamentale ?	159
1	Des grandeurs physiques plus fondamentales que d'autres	160
2	Les constantes fondamentales	161
3	Les paramètres libres	166
	Conclusion de la partie II	172

III	Structure des systèmes d'unités et de grandeurs	173
	Introduction	174
	14 Nature des grandeurs, dimension, homogénéité	176
	1 Nature d'une grandeur	176
	2 Autour de la mesure : étalon, unités...	177
	3 ... puis dimension et homogénéité	183
	15 Grandeurs de base et dérivées : structure dimensionnelle	186
	1 Exemple introductif	186
	2 Définitions des grandeurs de base et dérivées	187
	3 Exemples de choix des grandeurs de base	193
	4 Bilan	199
	16 Grandeurs primaires et secondaires : procédures de mesure	202
	1 Comment les grandeurs sont-elles définies ?	202
	2 Opérations de mesure des grandeurs primaires, propriétés en découlant	205
	3 Comment savoir si une grandeur est primaire ou secondaire ?	211
	4 Exemples dans le cadre des SI successifs	216
	5 Implications sur la façon de mesurer les grandeurs	218
	6 Bilan	222
	17 Suite de l'épilogue sur ce qu'est une constante fondamentale	223
	1 Discussion sur la disparition des constantes	223
	Conclusion de la partie III	229
	18 Annexe : exemples de systèmes de grandeurs	231
	1 Systèmes de grandeurs en mécanique	231
	19 Annexe : le théorème de Vaschy-Buckingham	240
	1 Un exemple simple	241
	2 Énoncé et démonstration générale	243
	3 Commentaires	245
	4 Brève histoire (1878-1922)	248
IV	Histoire du concept de grandeur physique	251
	Introduction	252
	20 Repères chronologiques	254
	1 Découpage chronologique	254
	2 Les deux révolutions modernes et le rôle de la mesure	257
	3 Physique mathématique ou expérimentale	258
	4 Bibliographie	261
	21 Introduction par un exemple : une démonstration de Galilée	266
	22 Le langage de la physique : de la géométrie (−350-1800)...	271
	1 Les racines grecques	271
	2 Monde arabe, Moyen Âge : quelques progrès	286

Table des matières

3	Une utilisation puissante par les physiciens modernes	289
4	Puis un déclin jusque vers 1800	298
23	... à l'algèbre (vers une domination entre 1700 et 1800)	299
1	Introduction et vocabulaire	299
2	Procédures de résolution dans l'Antiquité	301
3	Monde arabe : naissance de l'algèbre	302
4	Renaissance (1500-1600)	303
5	Descartes : introduction sérieuse de l'algèbre en physique (1637)	307
6	Fin de partie pour la géométrie non métrique : Euler, Lagrange, Laplace .	311
24	De la géométrie à l'algèbre : l'exemple du concept de vitesse	314
1	Parenthèse : vitesse instantanée ou moyenne	315
2	Du langage des proportions au langage algébrique avec égalités vraies . .	316
3	Un obstacle sur la route de l'algébrisation : le ratio hétérogène	323
4	La question de l'unité absolue de vitesse	325
5	Cas d'autres grandeurs et conclusion	327
25	Naissance des systèmes d'unités absolues (1800-1900)	328
1	L'influence de la réforme métrique et la nouvelle culture métrologique . .	329
2	Unités absolues en mécanique	330
3	Fourier et son système d'unités absolues, dimension et homogénéité	333
4	Les unités absolues au cœur de la mathématisation de l'électromagnétisme	338
5	Biot, 1816 : un traité presque actuel	345
6	Acceptation tardive en mécanique rationnelle	346
26	Vers la notion actuelle de grandeur (1820-2000)	350
1	Émergence des notions de dimension et d'homogénéité	350
2	L'algèbre des grandeurs	355
3	Controverses sur le statut des grandeurs	359
27	Les réflexions sur l'algèbre des grandeurs et la mesure (1887-...)	365
1	Épistémologie de la mesure	365
2	Formalisation de l'algèbre des grandeurs	371
	Conclusion de la partie IV	372
	Conclusion générale	374
	Lexique	377
	Bibliographie	379
	Index	389