

INFORMATION NUMÉRIQUE
Traitement, interprétation, communication

Philippe Gallion

Signaux optiques



Lavoisier
hermes

Philippe Gallion

Signaux optiques

L*avoisier*
hermes

Pour plus d'informations sur nos publications :



newsletters.lavoisier.fr/9782746248021

Direction éditoriale : Jean-Marc Bocabeille
Composition : Nord Compo, Villeneuve-d'Ascq

© 2018, Lavoisier, Paris
ISBN : 978-2-7462-4802-1

Collection

Information numérique

Traitement, interprétation, communication

dirigée par **Olivier Rioul**

Professeur, Télécom ParisTech,
Université Paris-Saclay, Paris

Comité éditorial :

Gérard Blanchet, Professeur émérite, Télécom ParisTech, Université Paris-Saclay, Paris.

Isabelle Bloch, Professeur, Télécom ParisTech, Université Paris-Saclay, Paris.

Valérie Fernandez, Professeur, Télécom ParisTech, Université Paris-Saclay, Paris.

Benoît Geller, Professeur, ENSTA ParisTech, Université Paris-Saclay, Paris.

Sommaire

Introduction XXI

Chapitre 1 Guidage de la lumière et fibres optiques

1. Introduction	2
<hr/>	
1.1. Nécessité du guidage.....	2
1.2. Structure d'une fibre optique	3
1.3. Une première version des conditions de guidage.....	5
1.4. Particularité des guides diélectriques.....	6
1.5. Comment étudier les fibres optiques ?.....	7
2. Les conditions de guidage de la lumière	7
<hr/>	
2.1. Approche électromagnétique.	7
2.1.1. Les équations générales et leur simplification.....	8
2.1.2. Les différentes solutions dans une région donnée	10
2.2. Les différentes solutions dans l'ensemble du guide.....	10

2.3. Interprétation en termes d'ondes planes et de rayons.....	13
2.4. Que se passe-t-il lorsque les rayons ne sont pas méridiens ?	15
2.5. Comment injecter la lumière dans la fibre ?	16
3. Les modes guidés	18
<hr/>	
3.1. Symétries des modes dans une couche diélectrique	18
3.2. Combien y a-t-il de modes guidés ?	21
3.3. Une autre manière de compter les modes.....	24
3.4. Les modes d'une fibre optique.....	24
3.5. Dispersion intermodale.....	27
Exercice : propagation dans un gradient d'indice.....	30

Chapitre 2

Avatars des signaux optiques dans les fibres

1. Atténuation	33
<hr/>	
1.1. Description phénoménologique.....	33
1.2. Absorption.....	34
1.2.1. Pourquoi l'indice de réfraction est-il complexe ?	34
1.2.2. Pourquoi l'indice complexe produit de l'atténuation ?	38
1.2.3. Absorption de la silice.....	39
1.2.4. Absorption des impuretés	39
1.3. Diffusion	40
1.3.1. Mécanisme de diffusion	40
1.3.2. Diffusion Rayleigh dans les fibres.....	42
1.3.3. Diffusion inélastique.....	42
1.4. Imperfection, connexions et raccords.....	43
1.5. Atténuation globale.....	45

2. Dispersion	46
<hr/>	
2.1. Introduction.....	46
2.2. Dispersion intermodale.....	46
2.2.1. Mécanisme de dispersion intermodale	46
2.2.2. Fibres à gradient d'indice.....	48
2.3. Dispersion de polarisation	49
2.4. Dispersion chromatique intra-modale.....	50
2.4.1. Dispersion du matériau.....	50
2.4.2. Dispersion de guidage.....	53
2.4.3. Effet de la dispersion intramodale	53
2.5. Propagation linéaire d'une impulsion dans une fibre monomode	54
2.6. Influence de la dispersion sur le débit des systèmes de communication	59
2.7. Comment reculer les limites de la dispersion ?	60
3. Propagation non linéaire	63
<hr/>	
3.1. Effet Kerr optique.....	63
3.2. Équation de propagation non linéaire	65
3.3. Approche intuitive	66
Exercice 1 : propagation d'une impulsion gaussienne dans un milieu dispersif.....	68
Exercice 2 : glissement fréquentiel et dispersion.....	69

Chapitre 3

Émission et amplification, laser

1. Cavités résonnantes	72
<hr/>	
1.1. Modes longitudinaux d'une cavité Fabry-Perot.....	72
1.2. Densité de modes dans une cavité tridimensionnelle.....	75

1.3. Rayonnement thermique.....	80
1.4. Dissipation de l'énergie contenue dans une cavité résonnante	83
1.4.1. Décroissance de l'énergie	83
1.4.2. Propriétés de la lumière émise	85
1.4.3. Analogie avec un circuit résonnant électrique.....	86
2. Transitions radiatives	87
<hr/>	
2.1. Introduction.....	87
2.2. Émission spontanée.....	87
2.2.1. Définition	87
2.2.2. Durée de vie de l'état excité.....	89
2.2.3. Propriétés spectrales.....	90
2.2.4. Diodes électroluminescentes.....	91
2.3. Transitions induites.....	92
2.3.1. Absorption.....	92
2.3.2. Émission induite ou émission stimulée.....	93
2.4. Relations d'Einstein	94
3. Amplificateurs et oscillateurs optiques	96
<hr/>	
3.1. Propagation d'une onde dans un milieu en équilibre thermique.....	96
3.2. Comment obtenir de l'amplification ?.....	98
3.2.1. Y-a-t-il du bruit dans un amplificateur optique ?.....	102
3.3. Réalisation d'un oscillateur optique.....	104
3.3.1. Structure.....	104
3.3.2. Conditions d'oscillation	105
3.3.3. Puissance optique émise	108
Démonstration de la relation de Bose-Einstein.....	109
Exercice : Filtrage et amplification d'une cavité.....	110

Chapitre 4

Addition et détection, cohérence

1. Particularités et représentation des signaux optiques	114
2. Détection directe des signaux optiques	122
2.1. Réponse d'un détecteur.....	122
2.2. Intensité optique	124
2.3. Puissance optique	125
3. Interaction des trains d'onde et fonction de cohérence	126
3.1. Capacité d'interaction de 2 ondes	126
3.2. Fonction de cohérence pour un train d'onde solitaire.....	128
3.3. Fonction de cohérence pour nombreux trains d'onde de même fréquence.....	130
3.4. Les différents cas usuels	132
3.4.1. Interactions incohérentes	132
3.4.2. Interactions cohérentes	133
4. Battements optiques et détection cohérente	135
4.1. Observabilité des battements optiques	135
4.2. Détection optique cohérente.....	137
5. Interférence avec une source à spectre large	139
5.1. Détermination de la figure d'interférence.....	139
5.2. Spectroscopie par transformée de Fourier.....	141
6. Modes d'un récepteur optique	143
6.1. Modes temporels	143
6.2. Modes spatiaux.....	144
6.3. Modes de polarisation.....	145

6.4. Modes total de modes.....	145
6.5. Propriétés générales des modes	145
Largeur équivalente et bande passante équivalente.....	146
Exercice : spectroscopie par transformée de Fourier.....	147

Chapitre 5

Diffraction

1. Formulation générale	150
<hr/>	
1.1. Définition	150
1.2. Principe d'Huygens-Fresnel.....	152
1.3. Formulation tridimensionnelle.....	155
1.4. Formulation cristallographique	160
2. Diffraction optique plane	160
<hr/>	
2.1. Simplification de la relation générale	160
2.2. Considérations pratiques	162
2.2.1. Observation à grande distance.....	162
2.2.2. Observation au foyer d'une lentille	164
2.2.3. Où l'on retrouve les lois de Descartes	165
2.3. Diffraction par une fente	168
2.3.1. Incidence normale	168
2.3.2. Incidence quelconque.....	170
2.4. Diffraction par une ouverture circulaire.....	172
2.4.1. Tache d'Airy.....	172
2.4.2. Œil.....	174
2.4.3. Appareil photographique	174
2.4.4. Télescopes.....	176

2.5. Diffraction par un réseau	177
2.6. Théorème de Babinet.....	179
Exercice 1 : diffraction par un réseau unidimensionnel de fentes rectangulaires	180
Exercice 2 : diffraction par un réseau sinusoïdal et apodisation.....	181

Chapitre 6

Holographie et stockage optique

1. Introduction	182
<hr/>	
2. Propriétés des plaques photographiques	185
<hr/>	
3. Principe de l'holographie	187
<hr/>	
4. Les trois montages holographiques fondamentaux	188
<hr/>	
4.1. Holographie de Gabor.....	188
4.1.1. Principe	188
4.1.2. Limites de l'holographie de Gabor.....	191
4.1.3. Effet d'un changement de longueur d'onde à la reconstruction	191
4.2. Holographie de Leith et Upatnieks.....	193
4.2.1. Principe	193
4.2.2. Reconstruction du relief	195
4.3. Holographie de Fourier.....	196
<hr/>	
5. Applications de l'holographie	199
<hr/>	
5.1. Application à la microscopie électronique.....	199
5.2. Interférométrie par holographie.....	199

5.3. Correction des aberrations d'un système optique	200
5.4. Autres applications	201
Stockage optique, lecteurs de CD, DVD et Blu-ray	203
Exercice : réseau zoné de Fresnel	205

Chapitre 7

Traitement des signaux spatiaux

1. Filtrage des fréquences spatiales	207
<hr/>	
1.1. Montage double diffraction.....	207
1.2. Interprétation des fréquences spatiales	210
1.3. Exemples d'applications	213
1.3.1. Filtrage	213
1.3.2. Contraste de phase.....	214
2. Échantillonnage et interpolation des images	216
<hr/>	
2.1. Échantillonnage d'une image	216
2.2. Influence de l'échantillonnage sur le spectre.....	218
2.3. Peut-on restituer la fonction initiale à partir de la fonction échantillonnée ?.....	219
2.4. Interpolation de la fonction continue.....	220
3. Reconnaissance des formes	224
<hr/>	
3.1. Réalisation du filtre	224
3.2. Dispositif	224
3.3. Applications	227
4. Formation et déformation des images dans les instruments d'optique	227
<hr/>	
4.1. Introduction.....	227

4.2. Réponse impulsionnelle d'un système optique.....	228
4.3. Objet étendu en éclairage cohérent.....	230
4.4. Objet étendu en éclairage incohérent.....	231
4.5. Effet de la limitation transverse sur les fonctions de transfert.....	232
Exercice 1 : suppression de la composante continue.....	235
Exercice 2 : détection d'un défaut.....	236

Chapitre 8

Milieux de propagation

1. Retour sur les bases de la propagation.....	238
<hr/>	
1.1. À quel niveau de détail faut-il étudier la propagation ?.....	238
1.2. Grandeurs physiques actrices la propagation.....	239
1.2.1. Charge d'espace et charges mobiles.....	239
1.2.2. Champ électrique et champ magnétique.....	240
1.2.3. Induction électrique et induction magnétique.....	241
1.3. Lois régissant leurs interactions.....	244
1.3.1. Conservation de la charge.....	244
1.3.2. Équations de Maxwell principales.....	245
1.3.3. Équations de Maxwell complémentaires.....	246
1.3.4. Relations constitutives.....	246
2. Différentes propriétés des milieux de propagation et relations constitutives.....	247
<hr/>	
2.1. Linéarité.....	247
2.2. Propriétés relative à l'espace.....	248
2.2.1. Localité.....	248
2.2.2. Homogénéité.....	250

2.2.3. Isotropie et anisotropie.....	250
2.3. Propriétés relatives au temps.....	251
2.3.1. Permanence	251
2.3.2. Instantanéité et mémoire.....	251
2.4. Milieux linéaires homogènes et permanents	252
2.4.1. Milieux sans latence ni mémoire ou milieux instantanés.....	252
2.4.2. Milieux à latence et à mémoire ou milieux dispersifs.....	254
3. Propagation dans les milieux permanents linéaires et isotopes	257
<hr/>	
4. Propagation des ondes planes	258
4.1. Qu'est qu'une onde plane ?.....	258
4.2. Simplification des équations.....	260
4.3. Propagation dans un milieu anisotrope	261
4.4. Cas simple des milieux isotropes.....	262
5. Propagation des ondes sphériques	264
<hr/>	
Exercice 1 : propagation dans un milieu anisotrope.....	265
Exercice 2 : effet Faraday et non-réciprocité.....	266

Chapitre 9

Symétrie et réflexion

1. Étude sommaire : les lois de Snell-Descartes	268
<hr/>	
1.1. Relations de continuité.....	268
1.2. Loi de Snell-Descartes	271
1.2.1. Première loi de Snell-Descartes.....	271
1.2.2. Seconde loi de Snell-Descartes.....	272
1.2.3. Troisième loi de Snell-Descartes.....	273

2. Symétrie des ondes électromagnétiques	274
2.1. Ondes transverse électrique (TE) et transverse magnétique (TM)	274
2.2. Transformation des vecteurs par symétrie	275
2.3. Parité des champs dans la symétrie par rapport au plan d'incidence	278
2.4. Champs propres de la réflexion et de la transmission	278
2.5. Impédances d'ondes	279
2.5.1. Impédance d'onde	279
2.5.2. Impédance d'onde par rapport à la normale au dioptre	280
3. Coefficients de réflexion et de transmission	281
3.1. Coefficient de réflexion en fonction des impédances de mode	281
3.2. Coefficient de réflexion en fonction de l'angle d'incidence	282
3.2.1. Désadaptation d'impédance en fonction de l'angle d'incidence	282
3.2.2. Réflexion sur un milieu plus réfringent $v = n_1/n_2 < 1$	282
3.2.3. Réflexion sur un milieu moins réfringent $v = n_1/n_2 > 1$	284
3.2.4. Réflexion d'un champ quelconque	286
3.2.5. Coefficient de réflexion en intensité	286
4. Autres types de réflexions	287
4.1. Réflexion métallique	287
4.2. Réflexion sur un milieu périodique	288
4.3. Réflexions plus compliquées	290
Exercice : augmentation du pouvoir réflecteur d'une surface	290

Chapitre 10

Optique quantique

1. Onde et/ou corpuscule ?	294
1.1. Une longue suite de revirements.....	294
1.2. Les grandes étapes du développement de la physique quantique	296
1.3. Relation avec la physique classique	299
1.3.1. Renoncements de la physique quantique	299
1.3.2. Principe de correspondance	300
1.3.3. Principe de complémentarité	300
2. Formalisme générale de la physique quantique et implications	303
2.1. De la position à la fonction d'onde.....	303
2.2. États superposés	303
2.3. Observations et mesures	305
2.3.1. Opérateurs	305
2.3.2. Les évolutions temporelles d'un système quantique.....	306
2.3.3. Réduction du paquet d'onde	306
2.3.4. Valeur moyenne d'une mesure.....	308
2.3.5. Fluctuations des mesures	309
2.4. Mesures consécutives, commutations des opérateurs et indétermination.....	310
2.4.1. Mesures successives et commutations d'opérateurs	310
2.4.2. Principe d'incertitude (ou plutôt d'indétermination).....	311
2.4.3. Relations d'indétermination d'Heisenberg	312
2.4.4. Obtention directe par la valeur des opérateurs.....	313
2.4.5. Obtention par la transformée de Fourier	313
3. Signaux quantiques	314
3.1. Opérateurs pour les paramètres usuels des signaux optiques	314

3.2. Indétermination des signaux optiques	315
3.2.1. Relation d'indétermination entre le nombre de photons et phase	315
3.2.2. Relation d'indétermination pour les deux quadratures du champ	316
3.3. Fluctuations fondamentales ou fluctuations du vide	317
3.4. États cohérents et états de nombre	318
4. Étrangetés et applications	319
<hr/>	
4.1. États (de fluctuations) comprimé(e)s de la lumière	319
4.2. Corrélation EPR et intrication	320
4.3. Cryptographie quantique	322
4.4. Qbits et calcul quantique	324
Exercice 1 : commutation d'opérateurs et indétermination	326
Exercice 2 : communications quantiques	326
Annexe : largeurs quadratiques	328

Chapitre 11

Bruit thermique et bruit quantique

1. Introduction	331
<hr/>	
1.1. Incertitude et information	331
1.2. Limites fondamentales d'un système de transmission	332
2. Rayonnement et bruit et thermiques	334
<hr/>	
2.1. Puissance moyenne de rayonnement thermique	334
2.1.1. Puissance moyenne dans un mode spatial unique	335
2.1.2. Puissance moyenne dans de nombreux modes spatiaux.	336
2.2. Fluctuations du rayonnement thermique	337
2.2.1. Fluctuations du rayonnement thermique dans un mode spatial unique	337

2.2.2. Fluctuations de l'amplitude crête.....	339
2.2.3. Fluctuations des quadratures et fluctuations de l'amplitude.....	340
2.2.4. Fluctuations du rayonnement thermique dans un ensemble de modes.....	341
2.3. Autres justification du caractère gaussien.....	342
2.3.1. Maximisation de l'imprévisibilité.....	342
2.3.2. Théorème central limite.....	343
2.4. Bruit thermique aux fréquences radioélectriques.....	344
2.4.1. Approximation basse fréquence et relation de Johnson.....	344
2.4.2. Théorème de fluctuation dissipation.....	345
2.5. Bruit thermique aux fréquences optiques.....	347
3. Bruit quantique	347
<hr/>	
3.1. Approche corpusculaire : bruit de grenaille ou bruit « shot ».....	347
3.1.1. Distribution de Poisson.....	348
3.1.2. Fluctuations.....	350
3.1.3. Approximation gaussienne.....	351
3.1.4. Bruit corpusculaire dans une détection de puissance.....	351
3.1.5. Bruit corpusculaire dans une détection d'amplitude.....	353
3.2. Approche ondulatoire.....	354
3.3. Peut-on échapper au bruit corpusculaire avec de l'atténuation ?.....	357
3.4. Bruit d'amplification.....	358
3.4.1. Principe d'indétermination.....	358
3.4.2. Bruit minimum ajouté par un amplificateur linéaire.....	359
3.4.3. Réduction du bruit sur l'une des deux quadratures.....	361
4. Bruit total	363
<hr/>	
Exercice : bruit d'amplification	365

Corrigés des exercices	368
Transformées de Fourier usuelles	407
Bibliographie	411

Introduction

L'optique est longtemps restée un domaine de la physique classique aux applications limitées aux instruments et à la visualisation. C'est aujourd'hui l'une des sciences de l'ingénieur et ses applications extrêmement riches ont envahi de nombreux secteurs de l'activité industrielle. La lumière et ses technologies sont des acteurs majeurs du développement de la société.

Au cours des dernières décennies, l'optique a, de plus, développé des liens très forts avec les sciences de l'information et de la communication. Ces liens tiennent à l'aptitude des ondes optiques à transporter des signaux temporels très rapides ou à gérer et stocker des signaux spatiaux. Ces liens tiennent aussi à l'utilisation d'un formalisme commun comme l'analyse de Fourier et la théorie du signal. Paradoxalement, la richesse de ses applications occulte souvent ses bases physiques et la relègue aux performances actuelles de ses technologies et à des modèles de représentation tendus vers leur utilité à court terme.

Cependant, le laser n'a pas été inventé en perfectionnant les chandelles et Fermat n'a pas découvert son célèbre théorème en travaillant sur la cryptographie qui l'utilise aujourd'hui largement. Les performances technologiques à un instant donné, sur les lesquelles il est souvent possible de progresser, et dans un contexte donné, qu'il est toujours possible d'élargir, ne sont pas une vision prospective. Anticiper les ruptures technologiques, ou plus souvent simplement leur faire face, implique une compréhension des phénomènes physiques pérennes mis en jeu et des limitations fondamentales. S'il n'est évidemment possible

que de perdre sur les limitations fondamentales, leur connaissance motive pour le dépassement des limitations technologiques du moment, sur lesquelles il est souvent possible de progresser, et pour la recherche d'applications nouvelles. Sans prétendre à l'exhaustivité, car la liste peut évidemment s'enrichir, cet ouvrage a pour objectif d'aborder, au delà d'une description des performances du moment qui le rendrait rapidement obsolète, les principes physiques fondamentaux, qui conditionnent aujourd'hui, et conditionneront avec d'autres, les évolutions futures du domaine, indépendamment des réalisations technologiques qui les mettent en œuvre.

Cet ouvrage adresse s'adresse aux élèves suivant ou ayant suivi les enseignements de la physique en cursus de licence ou en classes préparatoires et possédant, au moins en partie, les bases élémentaires du domaine. Il s'adresse aussi aux ingénieurs soucieux de compréhension ayant à intégrer sans préparation des technologies optiques dans leurs activités nouvelles. Faute de temps, les enseignements de base du domaine laissent souvent trop peu de place à une compréhension vraiment profonde des phénomènes physiques et à une perception claire de leur champ d'application indispensables tant pour l'audace nécessaire à toute hypothèse simplificatrice que pour l'évaluation indispensable de tout résultat.

Ce cours propose donc une approche différente et complémentaire de l'optique et de ses signaux, s'appuyant sur ses applications actuelles et privilégiant le sens physique et l'intuition, pour dégager les concepts et les méthodes constituant par leur pérennité les bases indispensables pour appréhender les grandes évolutions technologiques à venir. Dans cette approche, les outils performants et adaptés, comme l'analyse de

Fourier et la théorie des distributions, supposés non acquis, seront introduits progressivement pour permettre de traiter le sujet au meilleur niveau, tout en limitant les formalisations lourdes. C'est évidemment en tant qu'acteur que l'on apprend le plus de choses et que l'on acquiert le plus d'audace pour naviguer entre la trop grande complexité de ce qui vise exactitude et la naïveté des modèles trop simples. Aussi, une partie du contenu, est proposée à la fin de chaque chapitre sous forme d'exercices avec un corrigé détaillé.

Sans vouloir prétendre à la création d'un genre littéraire nouveau il m'est apparu intéressant, au risque d'une futilité mal contenue, de rompre avec l'austérité d'usage dans les ouvrages scientifiques en l'enrichissant de quelques citations détournées ou à l'humour décalé en résonance avec mon propos. J'ai pu tester l'efficacité du supplément d'âme qu'elles apportent au long de mes nombreuses années d'enseignement dans mon Ecole et en bien d'autres endroits, en vérifiant qu'ils interpellent les jeunes scientifiques qui en sont plus souvent spontanément adeptes que de la rigueur. Convaincu qu'elles frappent d'avantage l'esprit et mobilisent d'avantage la mémoire que la rigueur la plus stricte, j'ai aussi pris la liberté d'utiliser souvent des métaphores hardies.

En ce qui concerne l'ordonnancement des chapitres, afin d'entretenir, sinon susciter, l'intérêt du lecteur, j'ai pris aussi délibérément quelques distances avec la tradition de progresser du plus général vers le particulier et du plus fondamental vers l'appliqué. J'ai plutôt eu le souci de progresser, de conserve avec les applications actuelles, du plus simple au plus compliqué. Le chapitre 1 porte sur les fibres optiques et traite, plus généralement, du guidage de la lumière dans les

diélectriques. Les avatars des signaux temporels se propageant dans les fibres, atténuation dispersion et non-linéarités, font l'objet du chapitre 2. L'émission, l'amplification de la lumière, l'électroluminescence, et le laser sont abordés au chapitre 3. Une modélisation simple des propriétés temporelles du signal optique et de sa cohérence est proposée au chapitre 4 incluant aussi la photo détection. Les chapitres 5, 6 et 7 traitent plus spécifiquement des signaux spatiaux et concernent respectivement, la diffraction, l'holographie et le stockage optique et le traitement physique des signaux optiques bidimensionnels. Le chapitre 8 est un retour aux bases permettant de décrire la propagation dans les différents milieux en incluant ses effets vectoriels. Le chapitre 9 s'appuie sur la symétrie des ondes électromagnétiques pour aborder le problème de la réflexion et de la transmission par un dioptre. Le chapitre 10 est une introduction très simple à l'optique quantique et le chapitre 11 traite des spécificités du bruit dans le domaine optique.

Prétendre à la fraîcheur de la source et ne pas mentionner tout ce que je dois à Eliane Mercier et Charles Vassallo qui n'ont précédé dans les cours d'optique et d'électromagnétisme à Télécom ParisTech, appelé alors Ecole Nationale Supérieure des Télécommunications, serait une oblitération par appropriation. Ils m'ont beaucoup appris alors que j'étais chargé des travaux dirigés et cet ouvrage n'aurait jamais existé sans leurs apports. Il existe bien sûr de nombreux excellents livres sur ces sujets m'ayant aussi beaucoup apporté. Tenter d'en faire une liste exhaustive est difficile et expose à des oublis, aussi ai-je pris le parti de ne citer, par chapitre que les plus circonvoisins à l'approche retenue. Je dois également beaucoup à mes collègues, chargés de travaux dirigés à

leur tour, qui m'ont aidé à améliorer et à faire évoluer ces enseignements. Je dois enfin beaucoup à de nombreuses promotions d'élèves qui m'ont aidé à percevoir et accompagner les évolutions rapides de leurs attentes et à simplifier et adapter mon message. Malgré toutes ces contributions et ces aides, je reste le seul responsable des erreurs et omissions résiduelles.

L'optique a développé, au cours des dernières décennies, des liens très forts avec l'électronique et avec les sciences de l'information et de la communication. Elle est devenue aujourd'hui, avec l'optoélectronique, une des sciences de l'ingénieur dont les applications extrêmement riches ont envahi de nombreux secteurs de l'activité industrielle.

Cet ouvrage s'adresse aux élèves suivant, ou ayant suivi, les enseignements de la physique en cursus de licence ou en classes préparatoires et qui possèdent, au moins en partie, les bases élémentaires du domaine. Il s'adresse aussi aux ingénieurs, de plus en plus nombreux, ayant à intégrer des technologies optiques et optoélectroniques dans leurs activités.

Pour les premiers, il prolonge l'approche de l'optique donnée dans les cours de physique de base, en abordant la lumière en tant que signal vecteur de l'information. Les outils mathématiques requis, analyse de Fourier, distributions et théorie du signal, souvent non maîtrisés à ce niveau, sont introduits intuitivement et progressivement.

Pour les seconds, cet ouvrage a pour objectif, au-delà d'une description des applications actuelles, d'apporter une compréhension des propriétés fondamentales du signal optique et des phénomènes physiques mis en jeu pour sa génération, sa propagation et sa détection. Il introduit les concepts et les méthodes pérennes indispensables pour appréhender les grandes évolutions technologiques à venir du domaine. Une place relativement importante est consacrée aux bruits et aux aspects quantiques.

Sans vouloir prétendre à la création d'un genre littéraire nouveau, il est apparu intéressant à l'auteur, au risque d'une futilité mal contenue, de rompre avec l'austérité d'usage dans les ouvrages scientifiques en l'enrichissant de quelques citations détournées ou à l'humour décalé. Il a aussi pris la liberté d'utiliser souvent des métaphores hardies. Il a pu vérifier, au long de ses nombreuses années d'enseignement, que ces digressions interpellent fortement les scientifiques et qu'elles frappent davantage l'esprit et mobilisent davantage la mémoire que la rigueur la plus stricte.

Philippe Gallion *Docteur es Sciences, est Professeur Émérite à Télécom ParisTech, anciennement École Nationale Supérieure des Télécommunications, où il a dirigé le Département Communications et Électronique. Il a également enseigné à l'Université Pierre et Marie Curie (Paris VI), dans différentes Grandes Écoles et dans de nombreuses universités étrangères.*

