



**Daniel Hennequin
Véronique Zehnlé
Didier Dangoisse**

Les lasers

Cours et exercices corrigés

3^e édition

L3 physique
Master physique
Écoles d'ingénieurs

DUNOD

D. Hennequin,
V. Zehnlé,
D. Dangoisse



Les lasers

Cours et exercices corrigés

جامعة أمحمد بوقرة - بومرداس
Université M'hamed Bougara - Boumerdes
المكتبة الجامعية
رقم الجرد: 0124.279

3^e édition

جامعة أمحمد بوقرة - بومرداس
Université M'hamed Bougara - BOUMERDES
المكتبة الجامعية
رقم: 535.374.1ZE.H.
03 exp.

DUNOD

TABLE DES MATIÈRES

Remerciements	V
Conseils de lecture	VII
Introduction	XIII
Chapitre 1. Principes de base et modélisation	1
1.1 Interaction matière-rayonnement	1
1.2 Modélisation du laser à deux niveaux	7
1.3 Conclusion	16
Compléments	16
A Coefficients d'Einstein	16
B Laser à trois niveaux	19
C Laser à quatre niveaux	23
D Équations réduites du laser	25
E Stabilité des régimes stationnaires du laser	26
Exercices	29
Chapitre 2. Faisceaux gaussiens	33
2.1 Propagation d'un rayon lumineux : les matrices ABCD	33
2.2 Équations de Maxwell	36
2.3 Faisceaux gaussiens	39
2.4 Propagation d'un faisceau gaussien	48
Compléments	53
A Quelques exemples de matrices ABCD	53
B Transformation des faisceaux gaussiens par une lentille mince	57
Exercices	59
Chapitre 3. Les cavités	65
3.1 Résonateur de Perot-Fabry	66
3.2 Stabilité des résonateurs avec miroirs sphériques	69
3.3 Modes propres de cavité	74
3.4 Pertes dans un résonateur ouvert	80
3.5 Conclusion	84
Compléments	84
A Cavité en anneau	84
B Les cavités guide d'onde	86
C Optimisation du couplage vers l'extérieur	88
Exercices	89

Les lasers

Chapitre 4. Théorie semi-classique du laser	93
4.1 Interaction matière-rayonnement	93
4.2 Équations de Maxwell-Bloch	102
4.3 Forme de raie	110
4.4 Résumé	115
Compléments	117
A Modèle de l'électron élastiquement lié	117
B Équations de Bloch du laser	118
C Classification des différents lasers	121
D Lamb dip	122
E Solutions stationnaires du laser	123
F Largeur de Schawlow-Townes	126
Exercices	128
Chapitre 5. Optique non linéaire	131
5.1 Polarisation non linéaire	133
5.2 Mélange à trois ondes	140
5.3 Mélange à quatre ondes	151
5.4 La diffusion stimulée	152
Compléments	157
A Oscillateur forcé dans un potentiel anharmonique	157
B Accord de phase par biréfringence	159
C Conversion paramétrique de fréquence	162
D Effet Pockels	163
E Modèle classique de diffusion Raman	165
F Modèle classique de diffusion Brillouin	167
Exercices	172
Chapitre 6. Comportement dynamique des lasers	179
6.1 Comportement dynamique intrinsèque	180
6.2 Modulation des paramètres du laser	186
6.3 Impulsions courtes et ultracourtes	195
6.4 Laser à signal injecté	202
Compléments	205
A Le chaos déterministe	205
B Laser à absorbant saturable	208
C Laser bimode	212
D Notion de dispersion de vitesse de groupe	215
E Localisation temps-fréquence d'une impulsion lumineuse gaussienne	218
F Propagation d'une impulsion gaussienne dans un milieu dispersif linéaire	219
Exercices	223
Chapitre 7. Principaux lasers	225
7.1 Lasers à semi-conducteur	226
7.2 Autres lasers	234
Compléments	251
A Bandes d'énergie dans un semi-conducteur	251
B Dopage d'un semi-conducteur	256

Chapitre 8. Quelques applications des lasers	259
8.1 Directivité	260
8.2 Focalisation	269
8.3 Monochromaticité	278
8.4 Puissance	288
8.5 Cohérence	294
Compléments	299
A Sécurité laser	299
B Balayage d'un faisceau	301
Solutions des exercices	303
Bibliographie	317
Index des notations	319
Index	323

Daniel Hennequin
Véronique Zehnlé
Didier Dangoisse

Les lasers

Cet ouvrage présente de manière simple et pédagogique les fondements de la physique des lasers.

Les trois premiers chapitres abordent de façon progressive les concepts de base : amplification lumineuse et modélisation simple du fonctionnement d'un laser, théorie des faisceaux gaussiens, cavités lasers. La description des lasers dans le cadre de la théorie semi-classique est ensuite développée.

Les chapitres suivants donnent une introduction à l'optique non linéaire, décrivent les comportements dynamiques caractérisant les lasers ainsi que les principaux types de lasers. Le dernier chapitre propose une synthèse des principales applications qui font appel aux lasers.

Chaque chapitre se termine par une série d'exercices, dont les corrigés figurent à la fin du livre.

Dans cette nouvelle édition entièrement révisée, une introduction à l'histoire des lasers a été ajoutée. L'ordre des chapitres a été revu pour une approche plus didactique du thème. Enfin, le chapitre concernant les applications a entièrement été remis à jour.

Cet ouvrage est destiné aux étudiants en L3 ou M1 en physique ainsi qu'aux élèves ingénieurs, ou aux ingénieurs qui souhaitent actualiser leurs connaissances.

3^e édition

Daniel Hennequin

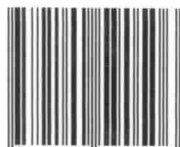
est chargé de
recherche au CNRS.

Véronique Zehnlé

est professeur à
l'Université de Lille 1.

Didier Dangoisse

a été professeur
à l'Université Lille 1
jusqu'en 2011.



9 782100 590506

6973291

ISBN 978-2-10-059050-6

