

TABLE DES MATIÈRES

CHAPITRE 1 – NOTIONS DE BASE	1
1.1 Objectifs	1
1.2 Qu'est-ce que la lumière?.....	2
1.3 Concept de rayon lumineux	5
1.4 Limites et principes de l'optique géométrique	5
1.5 Objet et image.....	8
1.5.1 Objet réel et image réelle.....	10
1.5.2 Objet réel et image virtuelle	11
1.5.3 Objet virtuel et image réelle	12
1.5.4 1.5.4 Objet virtuel et image virtuelle.....	13
1.6 Propriétés élémentaires de l'œil humain.....	14
Résumé.....	17
Questions.....	18
Exercices.....	19
Solutions détaillées des exercices 6 et 16b.....	256
CHAPITRE 2 – MIROIR PLAN	23
2.1 Objectifs	23
2.2 Fabrication.....	24
2.3 Loi de la réflexion et loi du retour inverse	25
2.4 Principe de Fermat	26
2.5 Construction et caractéristiques de l'image	27
2.6 Champ d'un miroir plan.....	30
2.7 Rotation du miroir plan.....	32
2.8 Association de miroirs plans.....	34
2.8.1 Propagation d'un rayon	34
2.8.2 Images multiples.....	35
Résumé.....	39
Questions.....	40
Exercices.....	41
Solutions détaillées des exercices 9 et 11	258
CHAPITRE 3 – MIROIR SPHÉRIQUE	45
3.1 Objectifs	45
3.2 Terminologie	46

3.3	Conditions de stigmatisme.....	47
3.4	Conjugaison de l'objet et de l'image.....	48
3.5	Foyer, plan focal et distance focale.....	52
3.6	Grandissement latéral.....	54
3.7	Constructions graphiques.....	59
3.8	Exemples de constructions graphiques.....	61
3.8.1	Miroir concave.....	61
3.8.2	Miroir convexe.....	64
3.9	Récapitulation.....	66
	Résumé.....	68
	Questions.....	70
	Exercices.....	71
	Solutions détaillées des exercices 3, 4, 11, 13f, 18 et 19.....	261
CHAPITRE 4 – RÉFRACTION.....		79
4.1	Objectifs.....	79
4.2	Vitesse de la lumière.....	80
4.3	Indice de réfraction.....	80
4.4	Loi de la réfraction.....	81
4.5	Principe de Fermat et réfraction.....	86
4.6	Limites des petits angles.....	89
4.7	Réflexion totale.....	91
4.8	Méthode graphique de construction du rayon réfracté.....	93
	Résumé.....	97
	Questions.....	98
	Exercices.....	99
	Solutions détaillées des exercices 7, 10 et 13.....	269
CHAPITRE 5 – DIOPTRE PLAN.....		103
5.1	Objectifs.....	103
5.2	Conditions de stigmatisme et formule de conjugaison.....	104
5.3	Construction graphique pour le domaine paraxial.....	108
5.4	Image d'un objet fini et grandissement.....	112
	Résumé.....	114
	Questions.....	114
	Exercices.....	115
	Solutions détaillées des exercices 4a, 9 et 11.....	274

CHAPITRE 6 – LAME À FACES PARALLÈLES	119
6.1 Objectifs	119
6.2 Trajet suivi par un rayon lumineux	120
6.3 Déplacement latéral	122
6.3.1 Cas général	122
6.3.2 Cas des petits angles (facultatif)	123
6.4 Formation de l’image (domaine paraxial)	127
Résumé	131
Questions	132
Exercices	133
Solution détaillée de l’exercice 6	279
CHAPITRE 7 – PRISME	137
7.1 Objectifs	137
7.2 Définitions	138
7.3 Déviation d’un rayon lumineux	139
7.4 Construction graphique du trajet d’un rayon	143
7.5 Conditions d’émergence	144
7.6 Étude de la déviation	147
7.6.1 Influence de l’angle du prisme	148
7.6.2 Influence de l’indice du prisme	149
7.6.3 Influence de l’angle d’incidence	150
7.7 Prisme de petit angle	156
7.8 Dispersion	160
Résumé	163
Questions	164
Exercices	165
Solutions détaillées des exercices 4, 7, 11 et 15	280
CHAPITRE 8 – DIOPTRE SPHÉRIQUE	169
8.1 Objectifs	169
8.2 Terminologie	170
8.3 Formule de conjugaison	171
8.4 Puissance d’un dioptré	174
8.5 Quelques notions de sphérométrie	176
8.6 Foyers, distance focale et plans focaux	179
8.7 Grandissement latéral	183

8.8	Constructions graphiques.....	188
8.8.1	Méthode du rayon parallèle.....	188
8.8.2	Méthode du rayon oblique.....	190
8.9	Récapitulation.....	194
	Résumé.....	196
	Questions.....	197
	Exercices.....	198
	Solutions détaillées des exercices 5, 6, 9, 17 et 18.....	286
CHAPITRE 9 – LENTILLES MINCES.....		209
9.1	Objectifs.....	209
9.2	Définitions et terminologie.....	210
9.3	Formule de conjugaison.....	211
9.4	Foyers.....	214
9.5	Puissance d'une lentille mince.....	217
9.6	Constructions graphiques.....	219
9.6.1	Méthode du rayon parallèle.....	219
9.6.2	Méthode du rayon oblique.....	220
9.7	Récapitulation graphique.....	221
9.8	Grandissement latéral.....	224
9.9	Effet prismatique d'une lentille.....	225
9.10	Lentille minces accolées.....	228
9.11	Lentille mince entre deux milieux d'indices différents.....	230
9.11.1	Formule de conjugaison.....	230
9.11.2	Grandissement latéral.....	232
9.12	Formule de Newton.....	236
	Résumé.....	240
	Questions.....	242
	Exercices.....	243
	Exercices récapitulatifs.....	251
	Solutions détaillées des exercices 2, 8, 13 et 17.....	294
	Solutions détaillées des exercices récapitulatifs 1a et 1h.....	298
	Annexe 1 – Solutionnaire.....	255
	Annexe 2 – Abrégé de mathématiques.....	301
	Annexe 3 – Réponses aux questions et aux exercices.....	309
	Annexe 4 – Formulaire.....	327
	Index.....	329

LISTE DES FIGURES ET DES TABLEAUX

Chapitre 1

Figure 1.1	Spectre électromagnétique	2
Figure 1.2	Ondes circulaires émises par une source périodique	3
Figure 1.3	Sensibilité relative de l'œil en fonction de la longueur d'onde pour un niveau standard d'illumination	4
Figure 1.4	Représentation d'un rayon, d'un pinceau et d'un faisceau lumineux	5
Figure 1.5	Réflexion et réfraction à la jonction air-plastique	6
Figure 1.6	Lois de Descartes : réflexion et réfraction	7
Figure 1.7	Nature des objets et des images	9
Figure 1.8	Objet réel et image réelle	10
Figure 1.9	Observation d'une image réelle non recueillie sur un écran	10
Figure 1.10	Image réelle produite par une loupe tenue à bout de bras	11
Figure 1.11	Objet réel et image virtuelle	11
Figure 1.12	Image virtuelle produite par un verre correcteur de myope	12
Figure 1.13	Objet virtuel et image réelle	12
Figure 1.14	Objet virtuel et image virtuelle	13
Figure 1.15	Combinaison d'éléments donnant naissance à des objets virtuels	13
Figure 1.16	Domaine de vision distincte d'une personne d'une vingtaine d'années	14
Figure 1.17	Œil emmétrope sans accommodation	14
Figure 1.18	Œil emmétrope avec accommodation maximale	15
Figure 1.19	Objet virtuel pour un œil emmétrope	15
Figure 1.20	Objet réel situé en deçà du punctum proximum	16

Chapitre 2

Figure 2.1	Réflexions diffuse et spéculaire	24
Figure 2.2	Réflexions métallique et vitreuse	25
Figure 2.3	Loi de la réflexion	26
Figure 2.4	Principe de Fermat dans le cas de la réflexion	26
Figure 2.5	Construction de l'image avec un miroir plan	27
Figure 2.6	Pinceau lumineux entrant dans l'œil après réflexion	28
Figure 2.7	Image d'un objet étendu dans un miroir plan	29
Figure 2.8	Schéma de principe	30
Figure 2.9	Champ d'un miroir plan	31
Figure 2.10	Schéma de principe	32
Figure 2.11	Effet de rotation d'un miroir sur le rayon réfléchi	32

Figure 2.12	Schéma de principe	33
Figure 2.13	Rotation d'un rayon lumineux subissant deux réflexions successives	34
Figure 2.14	Images multiples produites par deux miroirs perpendiculaires	35
Figure 2.15	Photo avec deux miroirs perpendiculaires	36
Figure 2.16	Images multiples produites par deux miroirs à 72°	37
Figure 2.17	Images multiples produites par deux miroirs à 72°	38

Chapitre 3

Figure 3.1	Miroirs concave et convexe	46
Figure 3.2	Construction de rayons réfléchis	47
Figure 3.3	Détermination de l'image P' d'un point objet P	48
Tableau 3.1	Approximation des petits angles	50
Figure 3.4	Schéma de principe	52
Figure 3.5	Image au foyer correspondant à un objet ponctuel à l'infini	52
Figure 3.6	Image à l'infini correspondant à un objet ponctuel au foyer	53
Figure 3.7	Notion de grandissement	55
Figure 3.8	Interprétation du grandissement	56
Figure 3.9	Production, avec un miroir sphérique, d'une image sur écran cinq fois plus grande que l'objet	57
Figure 3.10	Objet réel dont l'image produite par le miroir est droite et deux fois plus petite	58
Figure 3.11	Construction des rayons réfléchis pour trois rayons incidents particuliers (miroir concave)	59
Figure 3.12	Construction du rayon réfléchi pour un rayon incident quelconque (miroir concave)	60
Figure 3.13	Construction des rayons réfléchis pour trois rayons incidents particuliers (miroir convexe)	60
Figure 3.14	Construction du rayon réfléchi pour un rayon incident quelconque (miroir convexe)	61
Figure 3.15	Miroir concave: image d'un objet situé au-delà du centre de courbure	61
Figure 3.16	Miroir concave formant une image réelle, renversée et réduite d'un objet situé au-delà de son centre de courbure	62
Figure 3.17	Miroir concave: image d'un objet situé en deçà du foyer	62
Figure 3.18	Miroir concave formant une image virtuelle, droite et agrandie d'un objet situé en deçà de son foyer	63
Figure 3.19	Miroir concave: image d'un objet virtuel	63
Figure 3.20	Miroir convexe: image d'un objet réel	64
Figure 3.21	Miroir convexe formant toujours une image virtuelle, droite et réduite d'un objet réel	65
Figure 3.22	Miroir convexe: image réelle d'un objet virtuel	65

Figure 3.23	Miroir convexe: image virtuelle d'un objet virtuel.....	66
Figure 3.24	Miroir concave: illustration récapitulative.....	66
Figure 3.25	Miroir convexe: illustration récapitulative.....	67

Chapitre 4

Tableau 4.1	Indices de réfraction de quelques substances.....	81
Tableau 4.2	Observations de Ptolémée.....	82
Figure 4.1	Réfraction de la lumière.....	82
Tableau 4.3	Réfraction à la jonction air-eau.....	83
Figure 4.2	Schéma des données.....	84
Figure 4.3	Trajet approximatif du rayon.....	84
Figure 4.4	Distance parcourue dans l'eau.....	85
Figure 4.5	Distance parcourue dans le verre.....	86
Figure 4.6	Principe de Fermat appliqué à la réfraction.....	87
Tableau 4.4	Vérification du principe de Fermat.....	88
Tableau 4.5	Approximation des petits angles.....	89
Figure 4.7	Loi de la réfraction pour $n_1 = 1,00$ et $n_2 = 1,33$	90
Figure 4.8	Angle limite de la réfraction.....	91
Figure 4.9	Réflexion totale.....	92
Figure 4.10	Périscope.....	93
Figure 4.11	Jumelles à prisme.....	93
Figure 4.12	Construction du rayon réfracté en passant d'un milieu d'indice faible à un milieu d'indice élevé.....	94
Figure 4.13	Construction du rayon réfléchi en passant d'un milieu d'indice élevé à un milieu d'indice faible.....	95
Figure 4.14	Détermination graphique de l'angle limite et illustration de la réflexion totale.....	96

Chapitre 5

Figure 5.1	Position de l'image selon l'angle des rayons.....	104
Figure 5.2	Image d'un point formé par un dioptré plan.....	105
Figure 5.3	Rayons et approximation du domaine paraxial.....	107
Figure 5.4	Rayons paraxiaux (dioptré plan).....	107
Figure 5.5	Construction graphique de l'image formée par un dioptré plan.....	108
Figure 5.6	Construction graphique de l'image formée par un dioptré plan.....	109
Figure 5.7	Tracé approximatif des rayons issus du piranha.....	110
Figure 5.8	Détermination par méthode graphique de l'image du piranha.....	112
Figure 5.9	Image d'un objet fini (dioptré plan).....	113

Chapitre 6

Figure 6.1	Trajet d'un rayon lumineux traversant une lame à faces parallèles	120
Figure 6.2	Passage d'un rayon lumineux au travers d'un ensemble de lames à faces parallèles	121
Figure 6.3	Déplacement latéral produit par une lame à faces parallèles	122
Figure 6.4	Déplacement latéral produit par une lame à faces parallèles en fonction de l'angle d'incidence	124
Figure 6.5	Image A'' , d'un point objet A , formée par une lame à faces parallèles (domaine paraxial)	127
Figure 6.6	Lien entre d_a et d_e (domaine paraxial)	127
Figure 6.7	Schéma de principe	129
Figure 6.8	Déplacement axial	130

Chapitre 7

Figure 7.1	Prisme constitué de deux dioptries plans formant un angle A entre eux	138
Figure 7.2	Lumière blanche décomposée par un prisme: phénomène de la dispersion ...	139
Figure 7.3	Déviation d'un rayon lumineux par un prisme	140
Figure 7.4	Trajet approximatif du rayon	142
Figure 7.5	Construction graphique du trajet d'un rayon lumineux traversant un prisme	143
Figure 7.6	Prisme avec $A = 2 i_{lim}$	144
Figure 7.7	Prisme avec un angle d'arête $A < 2 i_{lim}$ et un rayon incident tel que $i_1 = 90^\circ$	145
Figure 7.8	Prisme avec un angle d'arête $A < 2 i_{lim}$ et un rayon incident tel que $i_2 = 90,0^\circ$	145
Figure 7.9	Angle d'incidence minimal pour obtenir un rayon émergent ($n = 1,50$ et $A = 20,0^\circ$)	147
Figure 7.10	Influence de l'angle du prisme sur la division	148
Figure 7.11	Influence de l'indice de réfraction sur la déviation	149
Tableau 7.1	Analyse de l'influence de l'angle d'incidence sur la déviation	150
Figure 7.12	Déviation produite par différents prismes selon l'angle d'incidence	151
Figure 7.13	Trajet d'un rayon lumineux au minimum de déviation	153
Figure 7.14	Schéma de principe	154
Figure 7.15	Déviation maximale	155
Figure 7.16	Déviation produite par des prismes de petits angles	157
Figure 7.17	Image produite par un prisme de petit angle	157
Figure 7.18	Utilisation d'un prisme pour la correction du strabisme	158
Figure 7.19	Déviation produite par un prisme de d_{100} dioptries	159

Figure 7.20	Courbe de dispersion du verre crown	161
Figure 7.21	Trajet de la lumière dans une goutte d'eau	162

Chapitre 8

Figure 8.1	Dioptre sphérique	170
Figure 8.2	Dioptre sphérique : détérioration de l'image par les rayons non paraxiaux ...	171
Figure 8.3	Construction pour la détermination de la formule de conjugaison	172
Figure 8.4	Représentation graphique	174
Figure 8.5	Détermination des caractéristiques des dioptries	175
Figure 8.6	Sphéromètre déposé sur une surface convexe	176
Figure 8.7	Principe de fonctionnement du sphéromètre	176
Figure 8.8	Sphéromètre de poche	178
Figure 8.9	Foyer objet réel	180
Figure 8.10	Foyer image réel	181
Figure 8.11	Foyers virtuels d'un dioptre sphérique divergent	182
Figure 8.12	Foyers secondaires	183
Figure 8.13	Grandissement latéral (dioptre sphérique)	184
Figure 8.14	Schéma de principe	185
Figure 8.15	Schéma de principe	186
Figure 8.16	Représentation de la situation	187
Figure 8.17	Représentation des résultats	188
Figure 8.18	Méthode du rayon parallèle appliquée à un dioptre convergent	189
Figure 8.19	Méthode du rayon parallèle appliquée à un dioptre divergent	189
Figure 8.20	Méthode du rayon oblique	190
Figure 8.21	Construction graphique d'un rayon paraxial quelconque par la méthode du rayon oblique sans les foyers	191
Figure 8.22	Construction graphique des rayons paraxiaux à l'aide d'un diagramme accessoire	192
Figure 8.23	Exemple d'utilisation d'un diagramme accessoire	193
Figure 8.24	Dioptre convexe : illustration récapitulative	194
Figure 8.25	Dioptre concave : illustration récapitulative	195

Chapitre 9

Figure 9.1	Lentilles convergentes	211
Figure 9.2	Lentilles divergentes	211
Figure 9.3	Construction graphique pour l'établissement de la formule de conjugaison ...	212
Figure 9.4	Rayons de courbure d'une lentille biconvexe	214
Figure 9.5	Représentation graphique	214

Figure 9.6	Notion de foyer	215
Figure 9.7	Rayons de courbure d'un ménisque divergent.....	216
Figure 9.8	Tracé approximatif des rayons.....	217
Figure 9.9	Rayons de courbure d'un ménisque convergent.....	219
Figure 9.10	Méthode du rayon parallèle appliquée à une lentille convergente	220
Figure 9.11	Méthode du rayon parallèle appliquée à une lentille divergente.....	220
Figure 9.12	Méthode du rayon oblique appliquée à une lentille convergente.....	221
Figure 9.13	Méthode du rayon oblique appliquée à une lentille divergente.....	221
Figure 9.14	Objets et images pour une lentille convergente.....	222
Figure 9.15	Objets et images pour une lentille divergente	223
Figure 9.16	Grandissement latéral.....	224
Figure 9.17	Interprétation du grandissement.....	225
Figure 9.18	Une lentille peut être considérée comme une succession de prismes	225
Figure 9.19	Effet prismatique d'une lentille	226
Figure 9.20	Lentille convergente.....	227
Figure 9.21	Lentille de Fresnel.....	228
Figure 9.22	Lentilles minces accolées.....	229
Figure 9.23	Conjugaison avec une lentille mince: cas général	231
Figure 9.24	Grandissement latéral lorsque les milieux extrêmes sont différents	232
Figure 9.25	Rayon traversant le centre de la lentille.....	233
Figure 9.26	Établissement de la formule de Newton	236
Figure 9.27	Schéma à l'échelle	238