

Cours d'optique (1^{ère} Technique de l'image) : table des matières détaillée (2018-2019)

Chapitre 1 : principes et lois fondamentales de l'optique géométrique

- ✓ 1 Cadre et outil de l'optique géométrique
 - 1.1 Définition
 - 1.2 Visibilité de la lumière et des objets
 - 1.3 Propagation rectiligne de la lumière
 - 1.4 Lumière et ombre
 - 1.4.1 Ombre produite par une source ponctuelle proche
 - 1.4.2 Une application de la théorie des ombres produites par une source ponctuelle : calcul de la circonférence et du rayon de la Terre par Eratosthène (-284 à -192)
 - 1.4.3 Ombres produites par une source étendue
 - 1.4.4 Application des éclipses de Lune : mise en évidence de la rotondité de la Terre ; estimation de la distance Terre-Lune et de la taille de la Lune
 - 1.4.5 Calcul de la distance Terre-Lune en fonction du diamètre de la Lune par Thalès (-625 à -546)
 - 1.4.6 Angle du diamètre lunaire et calcul du rayon de la Lune par Aristarque de Samos (-310 à -230)
 - 1.5 Définition de l'optique géométrique
 - 1.6 Validité de l'optique géométrique
 - 1.7 Une première application à la photographie : observation avec une chambre noire
 - 1.8 Exercices (propagation rectiligne)
- ✓ 2 Phénomènes de diffusion, de réflexion et de réfraction : lois de Snell et Descartes
 - 2.1 Diffusion et réflexion
 - 2.2 Définitions
 - 2.3 Lois de la réflexion
 - 2.4 Exercices (lois de la réflexion)
 - 2.5 Phénomène de réfraction, introduction
 - 2.6 Indice de réfraction absolu d'un milieu
 - 2.7 Indice de réfraction relatif de deux milieux
 - 2.8 Exercices (indice de réfraction)
 - 2.9 Lois de la réfraction
 - 2.10 Réfraction et phénomène de réflexion totale

- 2.11 Exercices (lois de la réflexion et de la réfraction)
- ✓ 3 Principe de retour inverse de la lumière
- ✓ 4 Notion de chemin optique et principe de Fermat
 - 4.1 Notion de chemin optique
 - 4.1.1 Cas d'un milieu homogène
 - 4.1.2 Succession de milieux homogènes
 - 4.1.3 Cas d'un milieu inhomogène
 - 4.2 Enoncé du principe de Fermat
 - 4.3 Principe de Fermat et lois de la réflexion
 - 4.3.1 Point de vue géométrique
 - 4.3.2 Point de vue analytique
 - 4.4 Principe de Fermat et lois de la réfraction
 - 4.4.1 Réfraction : métaphore du nageur
 - 4.4.2 Point de vue géométrique
 - 4.4.3 Point de vue analytique
 - 4.5 Principe de Fermat et lois de la réflexion et de la réfraction, analyse générale
 - 4.6 Propagation courbe de la lumière dans un milieu inhomogène, phénomène de mirage

Chapitre 2 : systèmes optiques simples (images par réflexion et réfraction) et systèmes centrés

- ✓ 1 Système optique, points objets, images, espace objet, espace image
 - 1.1 Notion d'objet et de système optique
 - 1.2 Notion d'image
 - 1.3 Stigmatisme rigoureux et points conjugués
 - 1.4 Types de systèmes optiques
 - 1.5 Espace objet et espace image
 - 1.6 Types d'images
 - 1.7 Types d'objets
 - 1.8 Notion d'objet ou d'image à l'infini
 - 1.9 Structure des espaces objet et image des différents systèmes optiques
- ✓ 2 Etude du stigmatisme pour un système optique
 - 2.1 Orientation des distances pour un système optique
 - 2.2 Le stigmatisme rigoureux est rare
 - 2.3 Condition de stigmatisme en termes de chemin optique
 - 2.4 Stigmatisme du point de vue de l'optique ondulatoire

- 2.5 Surfaces rigoureusement stigmatiques pour un couple de points
 - 2.5.1 Stigmatisme par réflexion
 - 2.5.2 Stigmatisme par réfraction
- 2.6 Conditions de Gauss et stigmatisme approché
 - 2.6.1 Conditions de stigmatisme approché
 - 2.6.2 Conservation du stigmatisme dans l'espace pour des points voisins
 - 2.6.3 Condition des sinus d'Abbe et notion d'aplanétisme
 - 2.6.4 Condition d'Herschel
 - 2.6.5 Grandissements d'un système optique et relation de Lagrange-Helmholtz
 - 2.6.6 Incompatibilité des relations d'Abbe et d'Herschel
 - 2.6.7 Autre démonstration des formules d'Abbe, de Lagrange-Helmholtz et d'Herschel
- ✓ 3 Systèmes optiques les plus simples : le miroir plan et le dioptre plan
 - 3.1 Miroir plan
 - 3.1.1 Stigmatisme et aplanétisme
 - 3.1.2 Grandissements et relation de Lagrange-Helmholtz du miroir plan
 - 3.1.3 Champ d'un miroir plan
 - 3.1.4 Types de miroirs plans
 - 3.2 Dioptre plan
 - 3.2.1 Stigmatisme rigoureux du dioptre plan
 - 3.2.2 Stigmatisme approché du dioptre plan, première condition de Gauss:
 - 3.2.3 Aplanétisme du dioptre plan, deuxième condition de Gauss
 - 3.2.4 Grandissements et relation de Lagrange-Helmholtz
 - 3.3 Exercices (miroir plan et dioptre plan)
- ✓ 4 Lame à faces parallèles et prisme
 - 4.1 Lame à faces parallèles
 - 4.2 Le prisme
 - 4.2.1 Définitions
 - 4.2.2 Astigmatisme du prisme
 - 4.2.3 Déviation totale
 - 4.2.4 Déviation minimale
 - 4.2.5 Dérivation théorique de la déviation minimale
- ✓ 5 Miroirs sphériques
 - 5.1 Histoire
 - 5.2 Miroirs sphériques, définitions
 - 5.3 Centre et sommet des miroirs sphériques

- 5.4 Astigmatisme du miroir sphérique
- 5.5 Stigmatisme approché, relation de conjugaison du miroir sphérique
- 5.6 Foyers et distances focales du miroir sphérique
 - 5.6.1 Foyer objet
 - 5.6.2 Foyer image
 - 5.6.3 Distances focales
- 5.7 Image d'un objet plan, aplanétisme du miroir sphérique, grandissements et relation d'Helmholtz
- 5.8 Construction d'images pour le miroir sphérique
- 5.9 Retour à la petite cuillère...
- 5.10 Formule de Newton avec origine au foyer pour le miroir sphérique
- 5.11 Champ d'un miroir sphérique
- 5.12 Applications des miroirs sphériques
- 5.13 Exercices sur les miroirs sphériques
- ✓ 6 Miroir parabolique et miroir elliptique
- ✓ 7 Dioptrés sphériques
 - 7.1 Définitions
 - 7.2 étude du stigmatisme du dioptré sphérique
 - 7.2.1 Astigmatisme du dioptré sphérique
 - 7.2.2 stigmatisme approché du dioptré sphérique
 - 7.2.3 étude théorique du stigmatisme (rigoureux et approché) du dioptré sphérique
 - 7.3 Foyers du dioptré sphérique
 - 7.4 Répertoire des formules relatives au dioptré sphérique
 - 7.4.1 Formules avec origine au sommet du dioptré
 - 7.4.2 Formules avec origine au centre du dioptré
 - 7.4.3 Formules avec origine aux foyers
 - 7.5 Aplanétisme du dioptré sphérique, grandissements et relation de Lagrange-Helmholtz
 - 7.6 Méthode générale de construction du rayon réfracté par un dioptré sphérique
 - 7.7 Méthode générale de construction de l'image d'un objet formée par un dioptré sphérique
 - 7.8 Exercices (dioptré sphérique)
- ✓ 8 Les lentilles minces
 - 8.1 Histoire
 - 8.2 Définitions
 - 8.3 Types de lentilles

- 8.4 Approximation de Gauss et schématisation des lentilles minces
- 8.5 Formules de conjugaison et du grandissement des lentilles minces ; formule du fabricant
- 8.6 Définition et propriété du centre optique d'une lentille mince
- 8.7 Définition et propriétés des foyers, des distances focales et des plans focaux
 - 8.7.1 Lentille convergente
 - 8.7.2 Lentille divergente
 - 8.7.3 Plans focaux
- 8.8 Rayons remarquables et construction géométrique des images
- 8.9 Construction de l'émergent d'un rayon quelconque
- 8.10 Rayons remarquables et images des objets
- 8.11 Formule de conjugaison de Newton (avec origine aux foyers) pour les lentilles (convergentes ou divergentes)
- 8.12 Formule de Lagrange-Helmholtz pour les lentilles
- 8.13 Construction de l'image d'un objet par une lentille convergente
- 8.14 Construction de l'image d'un objet par une lentille divergente
- 8.15 Application à la projection sur un écran
- 8.16 Exercices sur les lentilles minces
- ✓ 9 Association de deux lentilles minces
- ✓ 10 Lentilles sphériques épaisses
 - Centre optique d'une lentille à milieux extrêmes identiques
 - Éléments cardinaux d'une lentille épaisse
- ✓ 11 Théorie des systèmes centrés
 - 10.1 Définitions et conditions de Gauss
 - 10.2 Système centré vu comme association de surfaces dioptriques : grandissements et relation de Lagrange-Helmholtz
 - 10.3 éléments cardinaux des systèmes dioptriques
 - 10.4 Foyers et plans focaux
 - 10.5 Points et plans principaux
 - 10.5.1 Existence des plans principaux
 - 10.5.2 Unicité des plans principaux
 - 10.5.3 Propriété importante des plans principaux
 - 10.5.4 Résumé : propriétés des points principaux H et H' :
 - 10.5.5 Points et plans antiprincipaux
 - 10.6 Distances focales
 - 10.6.1 Rapport des distances focales
 - 10.6.2 Vergence d'un système centré : convergence et divergence
 - 10.7 Constructions géométriques

- 10.7.1 Construction géométrique de la marche d'un rayon lumineux
 - 10.7.2 Construction de l'image d'un petit objet plan
- 10.8 Relations de conjugaison et de grandissement des systèmes centrés
 - 10.8.1 Origine double aux foyers objet F et image F'
 - 10.8.2 Origine double aux points principaux
- 10.9 Dimension de l'image d'un objet non ponctuel à l'infini
- 10.10 Résumé : formules de conjugaison et du grandissement des systèmes centrés à foyers
- 10.11 Points nodaux
 - 10.11.1 Définitions
 - 10.11.2 Existence et unicité des points nodaux
 - 10.11.3 Interstice du système optique centré
 - 10.11.4 Propriétés des points nodaux
 - 10.11.5 Résumé
- 10.12 Constructions à l'aide des trois rayons particuliers
- 10.13 Points antinodaux
- ✓ 11 Lentilles sphériques épaisses
 - 11.1 Centre optique d'une lentille à milieux extrêmes identiques
 - 11.1.1 Définition
 - 11.1.2 Existence et unicité du centre optique
 - 11.1.3 Position du centre optique par rapport aux sommets
 - 11.2 Éléments cardinaux d'une lentille épaisse
 - 11.2.1 Points nodaux et points principaux
 - 11.2.2 Foyers, vergence et distances focales
 - 11.3 Propriétés et position des points cardinaux d'une lentille épaisse
- ✓ 12 Associations de deux systèmes centrés quelconques de même axe
 - 12.1 Recherche des foyers et points principaux
 - 12.1.1 Notations
 - 12.1.2 Recherche des foyers.
 - 12.1.3 Recherche des plans principaux.
 - 12.2 Formule de Gullstrand
 - 12.3 Systèmes afocaux
- ✓ Annexe 1 : Imaging Equations and Their Related Coordinate Systems
 - A1.1 Reciprocity Equation
 - A1.2 Newton's Equations
 - A1.3 General Imaging Equation
 - A1.4 The Axial Magnification Ratio

Chapitre 3 : les objectifs photographiques

- ✓ 1 L'objectif, définition et rôles dans le système de prise de vue
 - 1.1 Définition et caractéristiques générales
 - 1.2 Objectif et systèmes de visée
 - 1.3 Pentaprisme et pentaprisme en toit
- ✓ 2 Optique appliquée à la prise de vue photographique lorsque l'objectif est assimilé à une lentille mince
 - 2.1 L'objectif, vu comme une lentille mince
 - 2.2 Exercices d'optique photo
- ✓ 3 Plusieurs critères de classification des objectifs
 - 3.1 Clés diverses de classement
 - 3.2 Classement des objectifs selon la focale
- ✓ 4 Angle de champ couvert et champ utile d'un objectif photographique
 - 4.1 Angle de champ couvert par l'objectif dans l'espace objet
 - 4.2 Angle de champ couvert par l'objectif du côté image
 - 4.3 Cercle d'image nette et cercle de champ utile
 - 4.4 Angle de champ utile d'un système objectif-capteur : cas simplifié
 - 4.5 Champ utile diagonal, vertical et horizontal
 - 4.6 Champ utile et format du capteur
 - 4.7 Le champ utile varie avec la distance de mise au point
 - 4.8 Champ utile des objectifs à décentrement
- ✓ 5 Classification des objectifs à focale fixe
 - 5.1 Classification des objectifs à focale fixe
 - 5.2 Classification des zooms
- ✓ 6 Optique appliquée à la prise de vue photographique lorsque l'objectif est vu comme un système centré
 - 6.1 Introduction
 - 6.2 Définition des points cardinaux de l'objectif photographique
 - 6.3 Détermination des points cardinaux
 - 6.4 Distances focales d'un objectif photographique
 - 6.5 Retour à l'objectif photographique vu comme une lentille mince
 - 6.6 Grandissement transversal et formules de base de l'optique photographique
- ✓ 7 Mise au point de l'objectif photo, vu comme un système centré
 - 7.1 Techniques de mise au point
 - 7.1.1 Notion de tirage optique
 - 7.1.2 Deux techniques de mise au point
 - 7.2 Principe qualitatif de la mise au point

- 7.2.1 Mise au point par augmentation du tirage optique
 - 7.2.2 Mise au point par modification des caractéristiques du système
- 7.3 Mise au point par déplacement de l'ensemble du système optique (variation du seul tirage optique), sans modification des caractéristiques du système (positions des points cardinaux et f' rigoureusement fixes).
- 7.4 Mise au point par modification des caractéristiques du système (position des points cardinaux et f' variables) et avec déplacement différencié des composants du système optique (tirage optique variable)
- 7.5 Mise au point par modification des caractéristiques du système (position des points cardinaux et f' variables) et à tirage optique fixe
- 7.6 Conclusion
- ✓ 8 Objectifs à longues focales, téléobjectifs
 - 8.1 Propriétés de l'image
 - 8.2 Les téléobjectifs, généralités
 - 8.2.1 Problème des objectifs à longue focale
 - 8.2.2 Préambule historique
 - 8.2.3 Combinaison optique
 - 8.2.4 Eléments cardinaux du téléobjectif
 - 8.3 Etude théorique du téléobjectif à deux groupes
 - 8.3.1 Etude succincte du téléobjectif à deux groupes, vu comme l'assemblage de deux lentilles
 - 8.3.2 Etude rigoureuse du téléobjectif à deux groupes, vu comme l'assemblage de deux systèmes centrés
 - 8.4 Mise au point des téléobjectifs à deux groupes : principes généraux
 - 8.4.1 Système optique figé
 - 8.4.2 Système optique à éléments flottants : principe de mise au point interne pour les systèmes optiques à deux groupes
 - 8.4.3 Mise au point frontale des téléobjectifs à deux groupes
 - 8.4.4 Objectif + convertisseur arrière fixe = téléobjectif à mise au point frontale.
 - 8.4.5 Mise au point arrière des téléobjectifs à deux groupes
 - 8.4.6 Mise au point arrière par déplacement de l'ensemble du groupe arrière.
 - 8.4.7 Objectif + convertisseur arrière mobile = téléobjectif à mise au point arrière.
 - 8.4.8 Mise au point arrière par déplacement d'éléments internes.
 - 8.4.9 Mise au point arrière par déplacement d'éléments externes.

- 8.4.10 Remarque sur l'association objectif + convertisseur Nikon AF TC-16A.
- 8.5 Utilisation d'un élément afocal pour réaliser un téléobjectif ou transformer un objectif normal en téléobjectif
- 8.6 Téléobjectif à convertisseur arrière positif.
 - 8.6.1 Téléobjectif à convertisseur arrière positif de grandissement angulaire fixe (2 groupes).
 - 8.6.2 Téléobjectif à convertisseur arrière positif de grandissement angulaire fixe (3 groupes).
 - 8.6.3 Téléobjectif à convertisseur arrière positif de grandissement angulaire variable.
- 8.7 Téléobjectif à plus de deux groupes et à mise au point interne
 - 8.7.1 Téléobjectif à convertisseur frontal afocal (ou pseudo afocal).
 - 8.7.2 Principe du téléobjectif à système frontal afocal.
 - 8.7.3 Téléobjectif à système frontal de vergence positive.
 - 8.7.4 Téléobjectifs à quatre groupes
- ✓ 9 Objectifs de courte focale ou grands angulaires
 - 9.1 Propriétés de l'image
 - 9.2 Difficulté de concevoir des objectifs à grand angle de champ
 - 9.3 Les grands angulaires à tirage court
 - 9.4 Grands angulaires et appareils photographiques *Reflex*, rétrofocus ou téléobjectifs inversés
 - 9.4.1 problème des grands angulaires classiques
 - 9.4.2 combinaison optique du rétrofocus
 - 9.4.3 Points cardinaux du grand angle retrofocus
 - 9.5 Principe de fonctionnement du téléobjectif inversé à deux groupes
 - 9.6 Exemples de rétrofocus
 - 9.7 Vignettage comparé d'un rétrofocus et d'un objectif à tirage court
 - 9.8 Le zoom rétrofocus à deux groupes
 - 9.9 Rétrofocus avec convertisseur frontal ou système afocal incorporé
- ✓ 10 Objectifs à focale variable ou zooms
 - 10.1 Rappel : définition et généralités
 - 10.2 Principe général de fonctionnement
 - 10.3 Utilisation du zoom
 - 10.4 Constitution d'un zoom
 - 10.5 Modes de compensation des zooms
 - 10.6 Anatomie d'un objectif moderne
 - 10.7 Mouvements combinés.

- 10.8 Systèmes afocaux en position intermédiaire ou extenders
- 10.9 Principe détaillé de la variation de focale du zoom dans le cas des télézooms à variateur de champ afocal et « longueur constante »
- 10.10 Mise au point des zooms
 - 10.10.1 Le Zoom-Nikkor 80-200 mm f/2.8 ED Ais.
 - 10.10.2 Le Zoom-Nikkor AF 80-200 mm f/2.8D ED.
 - 10.10.3 Les Zoom-Nikkor AF-S 80-200 mm f/2.8D IF-ED et AF-S VR 70-200 mm f/2.8G IF-ED.
 - 10.10.4 Le Zoom-Nikkor AF-S VR 70-200 mm f/2.8G II.
 - 10.10.5 Un mot sur le grandissement maximum de ce type de télézoom.
 - 10.10.6 Le Zoom-Nikkor 200-400 mm f/4 ED Ais.
 - 10.10.7 Le Zoom-Nikkor AF-S VR 200-400 mm f/4G IF-ED.
 - 10.10.8 Conclusions
- 10.11 Focus breathing
- ✓ Annexe 1 : systèmes afocaux
- ✓ Annexe 2 : convertisseurs arrière
 - A2.1 Définition
 - A2.2 Convertisseur arrière de vergence négative.
 - A2.2.1 Principe de fonctionnement et grandissement angulaire.
 - A2.2.2 Association du convertisseur et d'un objectif à système optique figé
 - A2.2.3 Association du convertisseur et d'un objectif à système optique comportant des éléments flottants.
 - A2.2.4 Conclusion
 - A2.3 Convertisseur arrière de vergence positive.
 - A2.3.1 Principe de fonctionnement
 - A2.3.2 Association du convertisseur arrière positif et d'un objectif
 - A2.3.4 Conclusion
 - A2.4 Convertisseur arrière mixte (vergence négative).
 - A2.5 Convertisseur arrière à grandissement variable (vergence négative).
 - A2.5.1 Principe de fonctionnement
 - A2.6 Convertisseur arrière et objectifs macro
- ✓ Annexe 3 : accessoires optiques
 - A3.1 Bagues d'extension et soufflets
 - A3.1.1 calcul de la distance réelle de mise au point p_l en fonction de l'indication de distance gravée sur l'objectif
 - A3.1.2 Exemples/exercices
 - A3.2 Bonnettes

- A3.2.1 Définition et propriétés
- A3.2.1 calcul de la distance réelle de mise au point p_B en fonction de l'indication de distance gravée sur l'objectif
- A3.2.3 Exemples/exercices
- A3.2.4 Un exemple concret

Chapitre 4 : ouvertures et diaphragmes

- ✓ 1 Introduction
- ✓ 2 Nature et rôle du diaphragme en optique photographique
 - Définitions et nature du diaphragme en optique et en optique photographique
 - Rôle du diaphragme d'ouverture en optique photographique
- ✓ 3 Pupilles objets, pupilles images, pupilles d'entrée et de sortie
 - Introduction
 - Position des pupilles : illustrations simples
 - Pupille d'entrée et pupille de sortie d'un système optique
 - Pupilles d'entrée et de sortie d'un objectif photographique
- ✓ 4 Ouvertures absolue, numérique et relative
 - L'ouverture absolue
 - L'ouverture numérique (ON) image
 - Le nombre d'ouverture N
 - Pour concrétiser les choses...
 - L'ouverture relative (OR)
- ✓ 5 Calcul simplifié de l'éclairement du capteur en fonction de l'ouverture
- ✓ 6 Échelles des indices de diaphragme
 - Suite des indices de crans de diaphragme
 - Suites des indices de demi et de tiers de crans
 - Exercices
- ✓ 7 Limites de l'échelle des indices de diaphragme
- ✓ 8 Limites des subdivisions de l'échelle des diaphragmes
- ✓ 9 Diaphragme photométrique ou échelle T
- ✓ 10 Pupilles lors d'une mise au point rapprochée
 - Pupilles des objectifs à système optique figé
 - Corrections des paramètres de prise de vue en prise de vue rapprochée pour un objectif à système optique figé
 - . Pupilles des objectifs à mise au point interne, frontale ou arrière.
- ✓ 11 L'ouverture des zooms.
- ✓ 12 Modification de la pupille d'entrée avec l'utilisation des convertisseurs de focale.

- ✓ 13 Photométrie des systèmes épais
 - Formule photométrique exacte pour l'éclairement derrière une optique aplanétique
 - Formules photométriques des optiques épaisses

Chapitre 5 : champ axial d'un objectif ; distance hyperfocale et profondeur de champ

- ✓ 1 Champ des instruments : définition
- ✓ 2 La netteté en photographie
 - Mise au point et netteté absolue
 - Tolérance de netteté d'un support et netteté relative
 - Latitude de mise au point en prise de vue
- ✓ 3 Distance hyperfocale d'une prise de vue
 - Introduction intuitive
 - Définition de la distance hyperfocale
 - Calcul de la distance hyperfocale
 - L'hyperfocale en pratique
 - Deux définitions pour une grandeur...
- ✓ 4 Plans antérieur et postérieur de netteté
 - Définitions
 - Calcul des positions approchées des plans antérieur et postérieur de netteté
 - Calcul de la position exacte du plan antérieur de netteté
 - Calcul de la position exacte du plan postérieur de netteté
 - Autre calcul de la position des plans de netteté (en fonction de l'angle limite de netteté)
- ✓ 5 Profondeur de champ
 - Définition
 - Calcul de la profondeur de champ
 - L'échelle de profondeur de champ
 - Profondeur de champ en fonction de l'angle limite de netteté
- ✓ 6 Profondeur de foyer
 - Définition
 - Position de l'image des plans antérieur et postérieur de netteté par la méthode a priori approchée
 - Position de l'image du plan antérieur de netteté par la méthode exacte
 - Position de l'image du plan postérieur de netteté par la méthode exacte
 - Calcul de la profondeur de foyer

- Variations de la profondeur de foyer
- Autre formulation (source wikipedia)
- ✓ 7 Intérêt de la mise au point à la distance hyperfocale
- ✓ 8 Etude de la fonction profondeur de champ
 - Introduction
 - Etude via une approximation judicieuse
 - Etude via le calcul des variations
 - Une discussion à propos de l'adage « la profondeur de champ est plus courte avec un grand capteur »
- ✓ 9 Distance de mise au point et diaphragme optimal
 - Calcul de la distance de mise au point optimale p
 - Calcul de l'ouverture optimale
- ✓ 10 Profondeur de champ et règle des 1/3-2/3
 - Enoncé de la règle des 1/3-2/3
 - Champ en avant et champ en arrière du plan de mise au point
 - Validité de la règle des 1/3-2/3
 - Vérification sur un exemple
- ✓ 11 Cadrage et profondeur de champ
 - Adage pratique
 - Observations et déductions
 - Justification qualitative
 - Justification théorique
- ✓ 12 Profondeur de champ en macrophotographie
- ✓ 13 Profondeur de champ d'un système épais
 - Cas d'une optique symétrique
 - Cas d'une optique dissymétrique
 - Détail des calculs pour un système centré
 -
- ✓ 14 Exercices

Chapitre 6 : champ latéral d'un instrument et pertes d'éclairement dans le champ de l'image

- ✓ 1 Champ des instruments : rappel
 - Rappel des définitions
 - Champ transversal : champ de pleine lumière, champ de contour, champ transversal total

- Rappel des notions de pupilles et introduction à la notion de lucarnes d'entrée et de sortie
- Diaphragme de champ et lucarnes dans le cas général
- Mesure linéaire ou angulaire des champs
- Illustrations des notions de pupilles et de lucarnes pour des objectifs photographiques
- Elimination du champ de contour
- Illustrations des notions de pupilles et de lucarnes pour des systèmes optiques de prise de vue (objectif + capteur)
- Pupilles et lucarnes d'autres instruments d'optique
- ✓ 2 Phénomène de vignettage, définition
- ✓ 3 Mesure du vignettage
- ✓ 4 Différents types de vignettage
 - Vignettage naturel
 - Vignettage optique
 - Vignettage mécanique
 - Vignettage dû à la surface sensible
 - Influence du diaphragme sur les divers types de vignettage
 - Mesure du vignettage par les indices de lumination
- ✓ 5 Vignettage optique et mécanique (silhouettage et champ de contour)
 - La pupille d'entrée des faisceaux inclinés.
- ✓ 6 Loi en \cos^4 du vignettage naturel
 - Introduction
 - étude théorique du vignettage naturel dans l'approximation de la lentille mince
 - généralisation à un objectif réel
- ✓ 7 Expression générale de la lumination
- ✓ 8 Objectifs télécentriques
 - Objectifs télécentriques dans l'espace objet
 - Objectifs télécentriques dans l'espace image
 - Double télécentricité

Chapitre 7 : étude de l'œil et de quelques instruments d'optique

- ✓ 1 L'œil
 - Structure anatomique de l'œil
 - L'œil comme système optique
 - L'œil normal ou emmétrope
 - Défauts de convergence et corrections de l'œil
 - Astigmatisme

- ✓ 2 Introduction aux instruments d'optique
 - Définitions et classification des instruments
 - Caractéristiques d'un instrument
- ✓ 3 Grandeur de l'image fournie par un instrument d'optique
 - Image fournie par un instrument objectif : grandissement
 - Instruments subjectifs : grossissement et puissance
- ✓ 4 Champ des instruments
- ✓ 5 Pouvoir séparateur et limite de résolution
 - Définitions
 - Influence des aberrations
 - Influence de la diffraction sur la résolution
 - Influence du récepteur d'images : résolution
- ✓ 6 Clarté des instruments
- ✓ 7 la loupe
 - Latitude de mise au point et profondeur de champ
 - Puissance
 - Grossissement
 - Champ en largeur
- ✓ 8 Les doublets et les oculaires
 - Doublets de lentilles minces
 - Oculaire négatif d'Huygens ou doublet de Huygens (3,2,1)
 - Oculaire positif de Ramsden ou Doublet de Ramsden (3,2,3)
- ✓ 9 Le microscope
 - Grossissement standard du microscope
 - Cercle oculaire ou pupille de sortie du microscope
 - Le microscope vu comme l'association de deux systèmes centrés
- ✓ 10 Lunettes, lunette astronomique ou lunette de Kepler, longue vue, etc.
 - La lunette astronomique
 - Autres instruments similaires
 - La lunette de Galilée
 - Le viseur
- ✓ 11 Les télescopes, généralités
 - Télescope de Newton
 - Autres types de télescopes

Chapitre 8 : notions d'optique physique

- ✓ 0 Définition, historique et motivations

- ✓ 1 Rayon lumineux et optique ondulatoire
 - Rayons lumineux et fronts d'ondes
 - Théorème de Malus-Dupin
 - Théorème de Malus-Dupin et loi de la réfraction
 - Principe de Huygens
 - Applications du principe de Huygens : onde plane, propagation rectiligne et phénomènes de réflexion et de réfraction
- ✓ 2 Phénomène de diffraction, aspect qualitatif
 - Définition et description
 - Exemples de diffraction pour des ondes mécaniques et pour le son
 - Diffraction de la lumière par un dispositif optique
 - Diffraction par un trou circulaire
 - Diffraction en photographie
- ✓ 3 Phénomène d'interférences
 - Interférence, approche qualitative
 - Interférences, approche quantitative
 - L'expérience de Young, introduction qualitative
 - L'expérience de Young en détail
 - Les réseaux
 - Application des interférences : la lecture d'un CD
- ✓ 4 Phénomène de diffraction, aspects quantitatifs
 - La diffraction par une fente
 - Retour sur l'expérience de Young
- ✓ 5 Théorie scalaire de la diffraction
 - Rappels sur l'onde plane
 - L'onde sphérique monochromatique
 - Propagation d'une onde plane
 - Propagation d'une somme discrète d'ondes planes
 - Propagation d'une onde monochromatique quelconque
 - Propagation du spectre angulaire
 - Approximations du principe d'Huygens-Fresnel : diffraction de Fresnel et de Fraunhofer
 - Diffraction à l'infini ou de Fraunhofer
 - Ecrans diffractants
 - Figures de diffraction de quelques écrans simples
- ✓ 6 Diffraction et résolution des instruments d'optique : critère de Rayleigh
 - Image d'un point source : fonction d'étalement du point (Point Spread Function, ou PSF)

- Critère de Rayleigh
- Pouvoir séparateur d'un instrument d'optique et critère de Rayleigh
- ✓ 7 Propriétés des lentilles relatives à la transformation de Fourier
 - Introduction
 - Objet accolé à une lentille
 - Objet placé avant la lentille
 - Objet placé après la lentille
 - Formation des images en éclairage monochromatiques en présence de diffraction
- ✓ 8 Étude générale des systèmes formant des images en présence de diffraction
 - Le schéma général
 - Images d'objets étendus
 - Cas de l'éclairage cohérent : la fonction de transfert cohérente (CTF)
 - Cas de l'éclairage incohérent : la fonction de transfert optique (OTF)
 - Fonction de transfert de modulation (FTM)
- ✓ 9 Filtrage en lumière cohérente
 - Le filtrage optique
- ✓ 10 Polarisation de la lumière
 - Modèle vectoriel de la lumière
 - États de polarisation de la lumière
 - Séparation en deux composantes principales
 - Production de lumière polarisée rectilignement par réflexion vitreuse
 - Production de lumière polarisée de façon elliptique et circulaire
 - Production de lumière polarisée rectilignement par transmission/absorption
 - Polarisation rectiligne par diffusion
 - Procédure expérimentale pour déterminer l'état de polarisation d'une lumière inconnue
- ✓ 6 Couches minces et couches antireflets
 - Interférence des deux réflexions
 - Les couches antireflets
- ✓ Annexe 1 : analyse de Fourier à deux dimensions
 - Introduction
 - Transformée de Fourier unidimensionnelle : rappel
 - Définition de la transformée de Fourier bidimensionnelle
 - Définition de la distribution de Dirac bidimensionnelle
 - Théorèmes concernant la Transformée de Fourier bidimensionnelle
 - Fonctions séparables
 - Fonctions à symétrie circulaire

Chapitre 9 : applications de l'optique physique en prise de vue

- ✓ 1 Conséquences du phénomène de diffraction en prise de vue
 - Définition et description de la diffraction
 - Exemples de diffraction pour des ondes mécaniques et pour le son
 - Diffraction de la lumière par un dispositif optique
 - Diffraction par un trou circulaire
 - Diffraction en photographie
 - Diffraction et diaphragme utile en photographie argentique
 - Limite de séparabilité en photo numérique : effet du capteur et de la diffraction
 - Limitation des diaphragmes utiles en photographie numérique
- ✓ 2 Image et optique de Fourier
 - Introduction
 - Notion de fréquence spatiale
 - Transformée de Fourier
- ✓ 3 Pouvoir résolvant d'un objectif photographique
 - Définition du pouvoir résolvant d'un objectif
 - Facteurs de variation du pouvoir résolvant
 - Insuffisance du pouvoir résolvant
 - Effet de la diffraction sur le pouvoir résolvant d'un objectif
 - Pouvoir résolvant de l'œil
 - Pouvoir résolvant d'un système objectif + support
- ✓ 4 Fonction de transfert de modulation (FTM) d'un objectif photographique
 - Introduction générale aux fonctions de transfert
 - Définition intuitive de la FTM
 - Procédure expérimentale pour relever la FTM d'un objectif
 - Pourquoi utiliser la FTM ?
 - Exemples de FTM d'objectifs
 - Taux de modulation en fonction de la position du point image
 - Définition rigoureuse et propriétés de la FTM
 - FTM en présence d'aberrations
 - FTM des autres maillons de la chaîne
 - FTM et résolution : limite de Nyquist
- ✓ 5 Applications de la polarisation de la lumière en prise de vue
 - Élimination des reflets par l'utilisation d'un filtre polarisant
 - La feuille Polaroid
 - Les écrans LCD
 - Cinéma en relief

- Polarisation rectiligne par diffusion
- ✓ 6 Pertes de lumière par absorption et par réflexion dans les objectifs
 - Perte par absorption
 - Perte par réflexion
- ✓ 7 Couches minces et couches antireflets
 - Historique et définition
 - Interférence et principe général de fonctionnement d'une couche antireflet