

# Cours d'optique (1<sup>ère</sup> Technique de l'image) : table des matières (2016-2017)

## Chapitre 1 : notions d'optique géométrique

- ✓ 1 Cadre et outil de l'optique géométrique
  - Vision et lumière
  - Propagation rectiligne de la lumière
  - Lumière et ombre
  - Optique géométrique
  - Validité de l'optique géométrique
  - Une première application à la photographie : observation avec une chambre noire
  - Exercices (propagation rectiligne)
- ✓ 2 Phénomènes de diffusion, de réflexion et de réfraction : lois de Snell et Descartes
  - Diffusion et réflexion
  - Définitions
  - Lois de la réflexion
  - Exercices (lois de la réflexion)
  - Phénomène de réfraction, introduction
  - Indice de réfraction absolu d'un milieu
  - Indice de réfraction relatif de deux milieux
  - Exercices (indice de réfraction)
  - Lois de la réfraction
  - Réfraction et phénomène de réflexion totale
  - 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
  - Notion de chemin optique
  - Énoncé du principe de Fermat
  - Principe de Fermat et lois de la réflexion
  - Principe de Fermat et lois de la réfraction
  - Principe de Fermat et lois de la réflexion et de la réfraction, analyse générale
  - Propagation courbe de la lumière dans un milieu inhomogène, phénomène de mirage
- ✓ 5 Système optique, points objets, images, espace objet, espace image
  - Notion d'objet et de système optique

- Notion d'image
  - Stigmatisme rigoureux et points conjugués
  - Types de systèmes optiques
  - Espace objet et espace image
  - Types d'images
  - Types d'objets
- ✓ 6 Etude du stigmatisme pour un système optique
- Orientation des distances pour un système optique
  - Condition de stigmatisme en termes de chemin optique
  - Stigmatisme du point de vue de l'optique ondulatoire
  - Surfaces rigoureusement stigmatiques pour un couple de points
  - Conditions de Gauss et stigmatisme approché
- ✓ 7 Systèmes optiques les plus simples : le miroir plan et le dioptre plan
- Miroir plan
  - Dioptre plan
  - Exercices (miroir plan et dioptre plan)
- ✓ 8 Lame à faces parallèles et prisme
- Lame à faces parallèles
  - Le prisme
- ✓ 9 Miroirs sphériques
- Histoire
  - Miroirs sphériques, définitions
  - Centre et sommet des miroirs sphériques
  - Astigmatisme du miroir sphérique
  - Stigmatisme approché, relation de conjugaison du miroir sphérique
  - Foyers et distances focales du miroir sphérique
  - Image d'un objet plan, aplanétisme du miroir sphérique
  - Construction d'images pour le miroir sphérique
  - Retour à la petite cuillère...
  - Formule de Newton avec origine au foyer pour le miroir sphérique
  - Champ d'un miroir sphérique
  - Applications des miroirs sphériques
  - Exercices sur les miroirs sphériques
  - Miroir parabolique et miroir elliptique
- ✓ 10 Dioptres sphériques
- Définitions
  - étude du stigmatisme du dioptre sphérique
  - Foyers du dioptre sphérique

- Répertoire des formules relatives au dioptre sphérique
  - Relation de Lagrange-Helmholtz et aplanétisme du dioptre sphérique
  - Méthode générale de construction du rayon réfracté par un dioptre sphérique
  - Méthode générale de construction de l'image d'un objet formée par un dioptre sphérique
  - Exercices (dioptre sphérique)
- ✓ 11 Les lentilles minces
- Histoire
  - Définitions
  - Approximation de Gauss et schématisation des lentilles minces
  - Formules de conjugaison des lentilles minces et formule du fabricant
  - Définition et propriété du centre optique d'une lentille mince
  - Définition et propriétés des foyers, des distances focales et des plans focaux
  - Rayons remarquables et construction géométrique des images
  - Construction de l'émergent d'un rayon quelconque
  - Rayons remarquables et images des objets
  - Formule de conjugaison de Newton pour les lentilles (convergentes ou divergentes)
  - Construction de l'image d'un objet par une lentille convergente
  - Construction de l'image d'un objet par une lentille divergente
  - Application à la projection sur un écran
  - Exercices sur les lentilles minces
  - Association de deux lentilles minces
- ✓ 12 Théorie des systèmes centrés
- Définitions et conditions de Gauss
  - Grandissements et relation de Lagrange-Helmholtz
  - éléments cardinaux des systèmes dioptriques
  - Foyers et plans focaux
  - Points et plans principaux
  - Distances focales
  - Constructions géométriques
  - Relations de conjugaison et de grandissement des systèmes centrés
  - Résumé : formules de conjugaison et du grandissement des systèmes centrés
  - Points nodaux
  - Dimension de l'image d'un objet non ponctuel à l'infini
  - Associations de deux systèmes centrés quelconques de même axe
  - Application : calcul des caractéristiques optiques d'un système à 2 lentilles
  - Systèmes afocaux

## Chapitre 2 : étude sommaire de quelques instruments d'optique

- ✓ 1 Grandeurs caractéristiques des instruments d'optique
  - Grossissement
  - Puissance
  - Pouvoir de résolution ou pouvoir séparateur
  - Champ
- ✓ 2 l'œil comme système optique
- ✓ 3 Lentilles sphériques épaisses
  - Centre optique d'une lentille à milieux extrêmes identiques
  - Éléments cardinaux d'une lentille épaisse
- ✓ 4 la loupe
  - Latitude de mise au point
  - Puissance
  - Grossissement
- ✓ 5 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)
- ✓ 6 Le microscope
  - Grossissement standard du microscope
  - Cercle oculaire ou pupille de sortie du microscope
  - Le microscope vu comme l'association de deux systèmes centrés
- ✓ 7 Lunettes, lunette astronomique ou lunette de Kepler, longue vue, etc.
  - La lunette astronomique
  - Autres instruments similaires
  - La lunette de Galilée
  - Le viseur
- ✓ 8 Les télescopes, généralités
  - Télescope de Newton
  - Autres types de télescopes

## Chapitre 3 : les objectifs photographiques

- ✓ 1 Place de l'objectif dans l'appareil photographique
  - Définition et caractéristiques générales
  - Objectif et viseur
  - Anatomie d'un objectif moderne
  - Mouvements combinés

- ✓ 2 Plusieurs critères de classification
- ✓ 3 Optique appliquée à la prise de vue photographique
  - L'objectif, vu comme une lentille mince
  - Exercices d'optique photo
  - L'objectif, vu comme un système centré
- ✓ 4 Distance focale et grandissement
  - Mise au point, rappel
  - Grandissement transversal
  - Mise au point par déplacement de l'ensemble du système optique ( $p'$  variable)
  - Mise au point par variation de la distance focale du système optique ( $f'$  variable)
- ✓ 5 Angle de champ et champ couvert par un objectif photographique
- ✓ 6 Classification des objectifs à focale fixe : objectifs normaux
- ✓ 7 systèmes afocaux
- ✓ 8 Objectifs à longues focales, téléobjectifs
  - Propriétés de l'image
  - Les téléobjectifs
  - Mise au point des téléobjectifs
  - Mise au point interne
  - Convertisseur frontal
- ✓ 9 Objectifs de courte focale ou grands angulaires
  - Propriétés de l'image
  - Difficulté de concevoir des objectifs à grand angle de champ
  - Grands angulaires et appareils photographiques *Reflex*, rétrofocus ou téléobjectifs inversés
  - Le téléobjectif inversé.
- ✓ 10 Convertisseurs arrière
  - Définition
  - Fonctionnement et grandissement angulaire
  - Évolution de la distance focale avec la mise au point
  - Convertisseur arrière et objectifs macro
  - Conclusion
- ✓ 11 Objectifs à focale variable ou zooms
  - Définition et généralités
  - Principe général
  - Utilisation du zoom
  - Constitution d'un zoom
  - Les différentes catégories de zooms
  - Systèmes afocaux en position intermédiaire ou extenders

- Principe détaillé de la variation de focale du zoom dans le cas des télézooms à variateur de champ afocal et « longueur constante »
- Le zoom rétrofocus à deux groupes
- Focus breathing
- ✓ 12 Accessoires optiques
  - Bagues d'extension et soufflets
  - Bonnettes

## 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
  - illustrations simples
  - Pupille d'entrée et pupille de sortie d'un système optique
  - Pupilles d'entrée et de sortie d'un objectif photographique
  - Pupilles objets et pupilles images
  - Pupille d'entrée et pupille de sortie comme pupilles objet et image du diaphragme d'ouverture
- ✓ 4 Ouvertures absolue, numérique et relative
  - L'ouverture absolue
  - L'ouverture numérique (ON)
  - 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 Corrections des paramètres de prise de vue en prise de vue rapprochée
  - établissement des formules de corrections.
  - Exercices
  - limite des corrections d'exposition

- ✓ 10 Diaphragme photométrique ou échelle T
- ✓ 11 Photométrie des systèmes épais
  - Formule photométrique exacte pour l'éclairement derrière une optique aplanétique
  - Formules photométriques des optiques épaisses

## Chapitre 5 : distance hyperfocale et profondeur de champ

- ✓ 1 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
- ✓ 2 Distance hyperfocale d'une prise de vue
  - Introduction intuitive
  - définition de la distance hyperfocale
  - Calcul de la distance hyperfocale
  - L'hyperfocale en pratique
- ✓ 3 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
- ✓ 4 Profondeur de champ
  - Définition
  - Calcul de la profondeur de champ
  - L'échelle de profondeur de champ
- ✓ 5 Profondeur de foyer
  - Définition
  - Position de l'image du plan antérieur de netteté
  - Position de l'image du plan postérieur de netteté
  - Calcul de la profondeur de foyer
  - Autre formulation
- ✓ 6 Intérêt de la mise au point à la distance hyperfocale
- ✓ 7 Etude de la fonction profondeur de champ
- ✓ 8 Distance de mise au point et diaphragme optimal
  - Calcul de la distance de mise au point optimale  $p$
  - Calcul de l'ouverture optimale
- ✓ 9 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
- ✓ 10 Cadrage et profondeur de champ
  - Adage pratique
  - Observations et déductions
  - Justification qualitative
  - Justification théorique
- ✓ 11 Profondeur de champ en macrophotographie
- ✓ 12 Profondeur de champ d'un système épais
  - Cas d'une optique symétrique
  - Cas d'une optique dissymétrique
- ✓ 13 Exercices



## Chapitre 6 : champs d'un objectif et pertes d'éclairement dans le champ de l'image

- ✓ 1 Champ des instruments
  - Définition
  - Champ transversal : champ de pleine lumière, champ de contour, champ total
  - Champ moyen, diaphragme de champ et lucarnes
  - Mesure linéaire ou angulaire des champs
- ✓ 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)
- ✓ 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

## Chapitre 7 : optique physique et photographie

- ✓ 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
- ✓ 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
  - Figures de diffraction pour des trous ou des obstacles ayant une autre forme
  - Limite de résolution : critère de Rayleigh
  - Diffraction et diaphragme utile en photographie argentique
  - Diffraction et diaphragme utile en photo numérique
  - Effet de la diffraction sur le pouvoir résolvant d'un objectif (photo argentique)
  - Effet de la diffraction sur la résolution optique théorique du capteur
- ✓ 5 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 Pertes de lumière par absorption et par réflexion dans les objectifs
- Perte par absorption
  - Perte par réflexion
- ✓ 7 Couches minces et couches antireflets
- Interférence des deux réflexions
  - Les couches antireflets