

Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique

Université Ferhat Abbas- Sétif 1

Institut : Optique et Mécanique de Précision

Département : Optique et mécanique de précision

Domaine : Sciences et Technologies

Filière : Optique et Mécanique de Précision

Spécialité : optique et photonique appliquée

Mémoire de Master

Etude et Analyse des aberrations d'un système optique sous Zemax

Etudié par : NOUICER REBIHA

Dirigé Par : Pr. BAKHOUCHE BELKACEM

Devant le jury:

Président : Dr. DJIROUNI

Examineur : Pr. BOUZID

Soutenue le : 02/07/2023

Table des matières

Introduction générale	1
Chapitre I : Etude des aberrations optiques	2
I.1 Introduction	2
I.2 Condition de gaussés	2
I.3 Aberrations optiques.....	3
I.3.1 Types des aberrations.....	4
1.3.1.1 Aberration chromatique	4
I.3.1.1.1 Aberration chromatique axial (longitudinale)	6
I.3.1.1.2 L'aberration chromatique transversale	6
I.3.1.1.3 Correction des aberrations chromatiques.....	7
I.3.1.1.3.1 Correction par achromat.....	7
I.3.1.1.3.2 Correction par apochromatique.....	7
1.3.1.2 Aberration géométrique ou aberration de Seidel	8
I.3.1.2.1 Définition.....	8
I.3.1.2.2 Classification des aberrations en défauts d'ouverture et défauts de champ	8
I.3.1.2.3 Cause des aberrations géométriques.....	9
I.3.1.2.4 Coordonnées d'un système optique	9
I.3.1.2.5 Polynôme d'aberration ou l'aberration de Seidel	10
I.3.1.2.6 Les différents types d'aberrations géométriques	12
I.3.1.2.6.1 Aberration sphérique	12
I.3.1.2.6.2 Aberration Coma	14
I.3.1.2.6.3 Astigmatisme.....	15
I.3.1.2.6.4 Courbure de champ.....	16
I.3.1.2.6.5 Distorsion	16
I.3.2 Polynômes de Zernike.....	17
I.3.3 Racine de la moyenne des carrés ou Root Mean Square (RMC).....	21

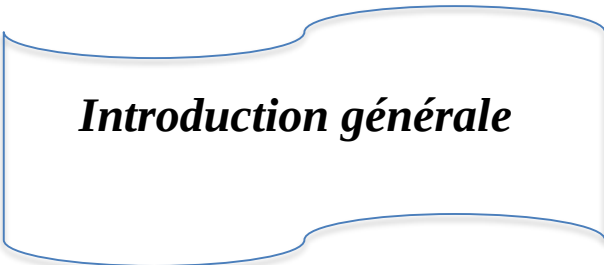
I.4 Conclusion	22
Chapitre II : Critères de qualité d'un système optique	23
II.1 Introduction	23
II.2 Les systèmes optiques	23
II.2.1 Systèmes dioptriques.....	23
II.2.2 Systèmes catoptriques	24
II.2.3 Systèmes catadioptriques	24
II.3 Classification des instruments optiques	24
II.4.1 Le grandissement	25
II.4.2 Grossissement	25
II.4.3 Rapport d'ouverture (nombre d'ouverture) F/D	25
II.4.4 La vergence	26
II.5 Qualités d'un instrument.....	26
II.6 Les critères de qualité d'un système optique.....	26
II.6.1 Indicateur de qualité image	26
II.6.1.1 La fonction d'étalement du point PSF.....	27
II.6.1.2 Fonction de transfert optique (OTF).....	29
II.6.1.3 Fonction de transfert de modulation MTF.....	29
II.6.1.5 Le critère de résolution de Rayleigh.....	33
II.6.1.6 Diagrammes des taches (Spot Diagram).....	34
II.6.1.7 Rapport de Strehl	35
II.6.1.8 Critère de Maréchal	36
II.6.1.9 Root Mean Square RMS	36
II.6.1.10 La différence du chemin optique OPD FAN (Optical Path Différence)	36
II.6.1.11 Fan ray	37
II.7 Conclusion	37
Chapitre III Simulation des aberrations sous Zemax	39
III.1 Introduction	39

III.2Présentation du logiciel Zemax	40
III.2.1 Les types de fenêtre.....	40
III.2.1.1 Les Barres d'outils.....	40
III.2.1.1.1L'éditeur.....	40
III.2.1.1.2Modélisation d'un système optique	41
III.2.1.2 System exploré.....	42
III.2.1.3 Fenêtre Analyse	42
III.3 Représentation des différents types d'aberrations sous Zemax	42
III.3.1 Conception d'un système parfait.....	42
III.3.1.1 Présentation des caractéristiques d'un système parfait.....	43
III.3.2 Les aberrations optique de troisième ordre sous Zemax.....	45
III.3.2.1 Polynôme de Zernike.....	45
III.3.2.1.1Relation entre les aberrations optique et polynôme de Zernike.....	45
III.3.2.2 Présentations des aberrations de troisième ordre sous Zemax.....	45
III.3.2.2.1Aberration sphérique sous Zemax	47
III.3.2.2.1.1...Présentation des Caractéristiques d'un système affecté par une aberration sphérique sous Zemax	48
III.3.2.2.1.2La correction d'aberration sphérique sous Zemax.....	50
III.3.2.2.2Aberration de coma sous Zemax.....	51
III.3.2.2.2.1 Présentation des caractéristiques du coma sous Zemax	52
III.3.2.2.2.2La correction d'aberration de coma sous Zemax.....	54
III.3.2.2.3Aberration de l'astigmatisme sous Zemax.....	55
III.3.2.2.3.1 Présentation des caractéristiques de l'astigmatisme sous Zemax.....	56
III.3.2.2.3.2 La correction de l'astigmatisme sous Zemax	58
III.4Exploitation des présentations de différentes aberrations pour conception d'un système optique réel.....	60
III.4.1 Choix de l'objectif	60
III.4.2 Caractérisations de L'objectif de doublet de Gauss.....	61
III.4.3 Implémentation de l'objectif de doublet de Gauss sous Zemax	61

III.4.4 Etapes de la nouvelle conception	64
III.4.4.1 L'étude de l'objectif avec une distance variable entre les groupes	64
III.5 Conclusion	65
Conclusion générale.....	676

Résumé

Cette étude se concentre sur l'analyse et la correction des aberrations optiques dans un système optique à l'aide du logiciel Zemax. Les aberrations optiques sont des défauts qui affectent la qualité des images produites par les instruments optiques. Nous avons utilisé des modèles mathématiques, tels que le polynôme de Zernike, pour quantifier et caractériser ces aberrations. En utilisant les fonctionnalités d'optimisation de Zemax, nous avons ajusté les paramètres du système optique afin de minimiser les aberrations et d'améliorer la qualité des images. Les résultats obtenus ont confirmé l'efficacité de cette approche pour la correction des aberrations et la réalisation d'images de haute qualité. Cette étude contribue ainsi à une meilleure compréhension des aberrations optiques et à l'amélioration des performances des systèmes optiques.



Introduction générale

Introduction générale

De base, les instruments optiques devront tous avoir une très haute performance, et produire des images parfaites. Mais en réalité, la plupart de ces instruments sont affectés par les aberrations optique qui font que l'image produite soit de mauvaise qualité et inutile. Donc il était nécessaire pour les professionnels dans le domaine d'optique, d'étudier ces aberrations et trouver des solutions pour les diminuer ou les contrôler.

Dans le cadre de ce mémoire de fin d'études, nous nous intéressons plus particulièrement à l'étude et à l'analyse des aberrations d'un système optique à l'aide du logiciel Zemax[1]. Ce dernier est un puissant outil de conception et d'analyse optique largement utilisé dans l'industrie pour simuler et optimiser le comportement des systèmes optiques.

L'objectif principal de ce mémoire est d'explorer les différentes aberrations qui peuvent se produire dans un système optique, de comprendre leur origine et leur impact sur les performances du système [2], en adoptant le polynôme de Zernike comme outil mathématique et nous examinerons les diagrammes de tache, le RMS, les courbes MTF (Modulation Transfer Fonction) pour analyser et quantifier les aberrations en utilisant le logiciel Zemax. En fin, nous présenterons une méthodologie détaillée d'une nouvelle conception et d'optimisation d'un objectif photographique doublet Gauss type Carl Zeiss Biotar 58mm de la société Nikon [3].

La structure de ce mémoire sera divisée en trois chapitres.

Dans un chapitre I, nous aborderons les différentes aberrations optiques, telles que l'aberration sphérique, l'aberration chromatique, l'astigmatisme, le coma, etc. Pour chaque aberration, nous décrirons sa cause, son effet sur l'image et les méthodes de correction possibles.

Ensuite, nous présenterons dans le chapitre II, les concepts de base des systèmes l'optique, en expliquant les principaux paramètres qui définissent un système optique, et en discutant en détail les différents critères de performances utilisés.

Dans le chapitre III, nous présenterons le logiciel Zemax et ses fonctionnalités. Nous expliquerons comment modéliser les aberrations présentes dans le système et nous présentons la méthode de conception d'un système réel à l'aide de Zemax, puis nous analyserons les aberrations qui se manifestent dans ce système.

En conclusion, nous discuterons des résultats obtenus et résumerons les principaux résultats obtenus, soulignerons les limites de notre étude et discuterons des perspectives d'avenir pour la correction des aberrations dans les systèmes optiques.

Résumé

Cette étude se concentre sur l'analyse et la correction des aberrations optiques dans un système optique à l'aide du logiciel Zemax. Les aberrations optiques sont des défauts qui affectent la qualité des images produites par les instruments optiques. Nous avons utilisé des modèles mathématiques, tels que le polynôme de Zernike, pour quantifier et caractériser ces aberrations. En utilisant les fonctionnalités d'optimisation de Zemax, nous avons ajusté les paramètres du système optique afin de minimiser les aberrations et d'améliorer la qualité des images. Les résultats obtenus ont confirmé l'efficacité de cette approche pour la correction des aberrations et la réalisation d'images de haute qualité. Cette étude contribue ainsi à une meilleure compréhension des aberrations optiques et à l'amélioration des performances des systèmes optiques.

Abstract

This study focuses on the analysis and correction of optical aberrations in an optical system using Zemax software. Optical aberrations are defects that affect the quality of images produced by optical instruments. We used mathematical models, such as the Zernike polynomial, to quantify and characterize these aberrations. By utilizing the optimization features of Zemax, we adjusted the parameters of the optical system to minimize aberrations and improve image quality. The obtained results confirmed the effectiveness of this approach for aberration correction and the generation of high-quality images. This study contributes to a better understanding of optical aberrations and the enhancement of optical system performance.

ملخص

تركز هذه الدراسة على تحليل وتصحيح الانحرافات البصرية في نظام بصري باستخدام برنامج زيماكس. الانحرافات البصرية هي عيوب تؤثر على جودة الصور التي ينتجها الأدوات البصرية. لقد استخدمنا نماذج رياضية مثل متعددة زيرنايك لقياس وتوصيف هذه الانحرافات. باستخدام ميزات الأمثلة في زيماكس ، قمنا بضبط معلمات النظام البصري لتقليل الانحرافات وتحسين جودة الصور. أكدت النتائج التي تم الحصول عليها فعالية هذا النهج في تصحيح الانحرافات وإنتاج صور ذات جودة عالية. بالتالي، تسهم هذه الدراسة في فهم أفضل للانحرافات البصرية وتحسين أداء الأنظمة البصرية