
RECHERCHE SUR LA FABRICATION DE LENTILLES ASSISTÉES PAR ORDINATEUR

Bendic Honoriu Eduard

Faculté d'Ingénierie et le Management des Systèmes Technologiques, Master: Conception Integree des Systemes Technologiques, Anul de studii:VI, e-mail: bendichonoriu@gmail.com

Coordonateur scientifique: Conf. Dorel Anania

RÉSUMÉ: Les programmes de simulation de lentilles sont d'une grande aide dans la création de nouveaux modèles de systèmes optiques par des concepteurs optiques. L'un de ces programmes est Zemax. Il utilise un catalogue de lentilles, où toutes les données relatives aux propriétés des lentilles telles que l'indice de réfraction, la transparence et la dureté des bouteilles optiques sont chargées. Le programme de conception optique est basé sur la trajectoire des rayons de lumière qui passent par le système optique, de sorte qu'après l'achèvement du système optique peut être effectué diverses simulations, par exemple des simulations d'images, diagramme ponctuel, etc.

MOTS CLÉS: lentilles, lentilles, rayons lumineux, simulation;

1. Introduction

Le concept de commande numérique a été utilisé pour la première fois au Massachusetts Institute of Technology (MIT) en 1951. Les applications sont utilisées par les programmeurs pour générer le code ISO nécessaire au traitement d'une pièce. Les chiffres sont entrés pour décrire la géométrie de la pièce et les données technologiques liées aux outils utilisés et aux vitesses de travail. Le logiciel CAM s'adresse en particulier aux machines-outils dans les machines à lacets et aux machines à moudre. Ces programmes utilisent la forme 3D de la pièce finie et la semi-fabrication de démarrage pour obtenir l'ajout de traitement qui sera ensuite enlevé par coupe.



Fig. 1.1. - Machine CNC

L'équipement CNC est généralement utilisé pour les catégories suivantes de machines-outils :

- Machines à moudre;
- Machines de forage;
- Cordes;
- Machines de rectification;
- Machines d'électroérosion filaire;
- Centres d'estampage avec contrôle numérique;

2. Notions générales sur l'utilisation des logiciels de CAO pour l'optimisation de la conception

Peu importe la mission à accomplir, les lentilles sont utilisées dans une multitude de systèmes optiques tels que les microscopes, les télescopes, les lentilles de caméra ou les lentilles de projection. Pour atteindre ces objectifs, les concepteurs ont besoin d'un programme qui simule la trajectoire des rayons de lumière selon les principes de la géométrie optique, où la diffraction et la propagation de la lumière à travers différents médias sont calculés en utilisant les lois de Newton de la physique.

Une limitation de ces logiciels est qu'ils ne peuvent pas être utilisés pour des éléments optiques de moins de 10 fois la longueur d'onde de la lumière ou pour certains lasers ou systèmes microélectroniques.

Le programme Zemax at focus Software (Tucson, AZ) est un programme de conception optique qui est utilisé pour un large spectre de systèmes optiques, des objectifs les plus simples à infrarouges (IR). Le logiciel a d'abord été publié sur les plates-formes Windows 3.0/95/NT et comprend l'utilisation de la simulation Monte Carlo, où un système optique est calculé de façon répétitive comme un système dont les variables sont définies dans des combinaisons aléatoires en fonction des limites de ses tolérances. Le résultat est une estimation statistique que le nombre doit avoir.

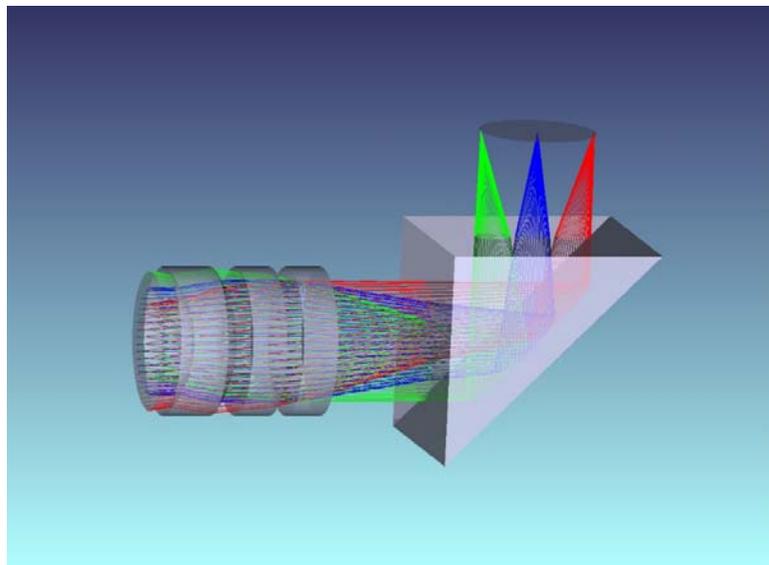


Fig. 2.1. – Système optique développé dans le programme Zemax

Source : <https://fc.institutoptique.fr/training/optical-design-with-zemax-opticstudio-advanced-476>

Des programmes tels que Zemax, qui suivent les rayons lumineux séquentiellement, sont limités à la suite sans opposition des rayons de lumière, la réflexion, la réfraction, la diffusion et l'éclairage. Cependant, des programmes de suivi non séquentiels ont été créés pour résoudre ces problèmes. Avec leur aide, chaque segment du faisceau lumineux peut être défini indépendamment, ce qui donne la possibilité de développer des systèmes optiques plus complexes. Le logiciel OptiCAD d'Opticad Corp. (Santa Fe, NM) peut modéliser des systèmes optiques simulant des sources lumineuses multiples ou étendues, des réfractances multiples ou des surfaces dures qui peuvent réduire l'intensité lumineuse. Avec ces avantages à l'esprit, OptiCAD est une excellente solution pour optimiser la conception des systèmes d'éclairage tels que les lampes, les réflecteurs ou les tubes de lumière. L'éclairage complexe des bordures de véhicules est une application où les concepteurs veulent étudier l'éclairage de différentes surfaces à partir d'une seule source.

Les lentilles de haute qualité devraient être recouvertes d'un revêtement antireflet pour réduire les reflets causés par la modification de l'indice de référence de la surface de la lentille. Pour les applications visibles, la protection antireflet la plus utilisée est le fluorure de magnésium, qui réduit l'indice de réfraction de quelques pour cent à 1 pour cent. Certains revêtements anti-éblouissement contiennent plusieurs couches de matériaux qui réduisent les reflets de 0,05 % à 0,5 %. Certaines applications nécessitent des surfaces très réfléchissantes, auquel cas les surfaces transparentes sont recouvertes de métaux tels que l'argent ou l'aluminium. Les filtres Dicroic peuvent être créés en stockant plusieurs couches de revêtements sur des substrats transparents, de sorte que seuls certains rayons traversent ces couches.

La plupart des concepteurs optiques ne produisent pas de couches de revêtement, en general, ils ne donnent que des spécifications de couverture qui seront respectées par un fabricant spécialisé. Cependant, lorsqu'un système laser de haute puissance est fabriqué, les effets de polarisation sont très importants, et les revêtements seront fabriqués par le même homme qui a réalisé le design.

Pour résoudre le problème d'optimisation et de conception de l'objectif, la première phase consistera à changer les rayons incidents à travers le diaphragme, la longueur d'onde et le champ de vision.

Pour la construction de l'objectif, il est tenu compte:

-il y aura 5 objectifs regroupés, 2 doubles et un objectif.

-l'ouverture relative sera de 2,5;

-l'angle du champ d'exploration sera égal à 5°;

-l'objet observé sera à une distance relativement grande.

-afin de pouvoir monter sur une caméra relativement nouvelle, le diamètre utile du plan d'image sera de 20 mm;

La pupille d'entrée sera calculée selon l'ouverture relative choisie, ainsi, pour 2,5, il en résultera un diaphragme de 34 mm. Compte tenu des exigences de montage et de résistance mécanique, le diamètre maximum des lentilles sera de 36 mm.

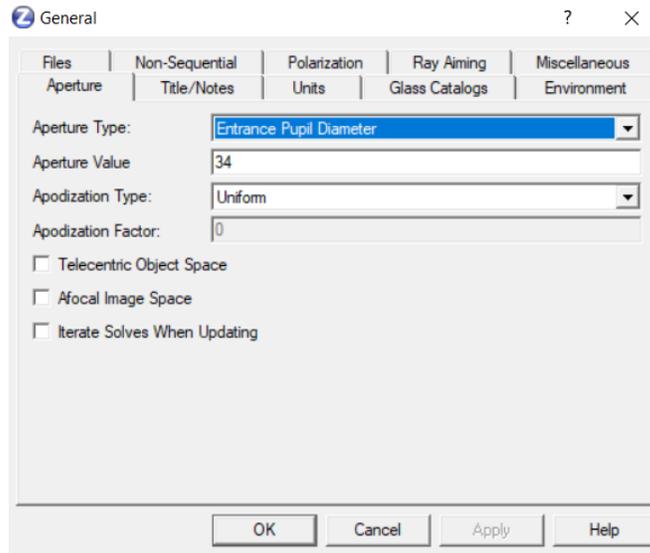


Fig 2.2.- Entrer le diamètre d'ouverture

Dans l'onglet des données du champ, saisissez la valeur du demi-point du champ, qui vaut $10^\circ / 2$, sur la colonne de $y = 5^\circ$.

Un système de 5 lentilles sera introduit. Insérez les épaisseurs de départ des lentilles de 5 mm pour chacun d'eux. Les distances entre les lentilles non fixées seront de 5 mm. Et les flacons optiques à partir desquels ils seront fabriqués seront choisis dans le catalogue offert par le programme.

La dernière zone de l'objectif doit être définie à partir de l'onglet rayon pour être calculée en tenant compte de l'ouverture relative, 2,5.

Surf	Type	Comment	Radius	Thickness	Glass	Semi-Diameter	Conic
OBJ	Standard		Infinity	Infinity		Infinity	0.000
STO	Standard		Infinity	0.000		25.000	0.000
2	Standard		Infinity V	5.000 V	SF6	25.000	0.000
3	Standard		Infinity V	5.000 V	F4	25.244	0.000
4	Standard		Infinity V	5.000 V		25.515	0.000
5	Standard		Infinity V	5.000 V	BK7	25.952	0.000
6	Standard		Infinity V	5.000 V	SF11	26.241	0.000
7	Standard		Infinity V	5.000 V		26.487	0.000
8	Standard		Infinity V	5.000 V	F4	26.924	0.000
9	Standard		-81.035 F	5.000 V		26.945	0.000
IMA	Standard		Infinity	-		25.687	0.000

Fig 2.3.- Tableau de l'éditeur de données d'objectif

La fonction de mérite sera activée à partir de l'onglet MFE, conception, fonction de mérite séquentielle. Comme je vais concevoir un système focal, le RMS, le rayon du spot, les options Centroid seront définis, le nombre d'anneaux du spot graphique sera de 4 et le nombre de bras 6. L'optimisation de la lentille commencera lorsque le bouton d'optimisation locale sera enfoncé, le principe de fonctionnement de ce programme sera de tester toutes les combinaisons de valeurs qui peuvent être assignées aux variables pour diminuer la valeur de la fonction de mérite. Ça va aller à 0. Modifiez les valeurs dans l'option Valeurs limites d'épaisseur, ce menu exigera que les épaisseurs de bord de lentille soient entre 2 et 30 mm et que les surfaces d'espacement d'air soient entre 0,5 et 25 mm, cela empêchera l'intercalation des lentilles ou l'apparition de très longues distances entre elles.

Après avoir terminé cette étape, la commande Optimisation du marteau sera utilisée.

Selon les valeurs que nous voulons atteindre pour la fonction de mérite, cette option peut fonctionner même pendant quelques semaines, pour une très bonne exactitude.

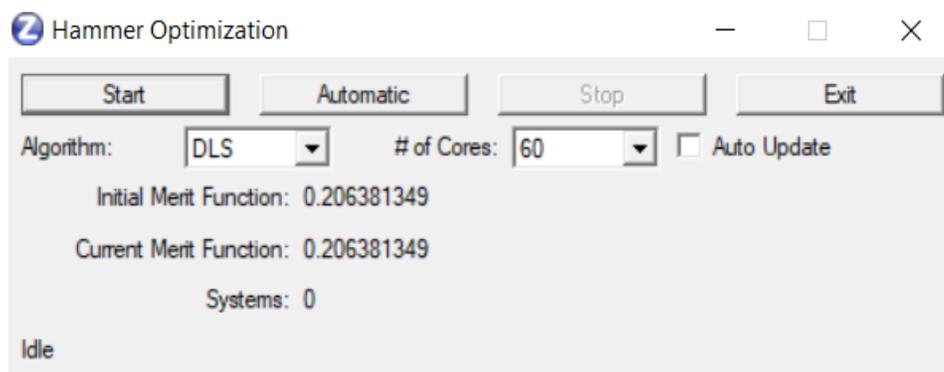


Fig 2.4.– Fenêtre d'optimisation du marteau

Les résultats de cette optimisation finale seront les suivants :

Surf	Type	Comment	Radius	Thickness	Glass	Semi-Diameter	Conic
OBJ	Standard		Infinity	Infinity		Infinity	0.000
STO	Standard		Infinity	0.000		17.000	0.000
2	Standard		41.278 V	2.456 V	LAF9 S	17.334	0.000
3	Standard		19.495 V	25.728 V	SFL56 S	16.222	0.000
4	Standard		21.228 V	0.500 V		13.101	0.000
5	Standard		20.892 V	21.935 V	LAKN7 S	13.514	0.000
6	Standard		-22.601 V	28.160 V	SF57HT S	11.796	0.000
7	Standard		-23.821 V	0.925 V		10.436	0.000
8	Standard		-19.710 V	29.999 V	KZFS1 S	10.005	0.000
9	Standard		70.685 F	8.114 V		7.629	0.000
IMA	Standard		Infinity	-		10.000	0.000

Fig 2.5.– Tableau avec les valeurs finales du système optique



Fig 2.6.– Simulation d'une image observée avec l'objectif

Avec ces simulations à portée de main, nous pouvons analyser la performance du système optique pour voir s'ils répondent à tous les critères qu'il doit remplir.

3. Défauts d'image et méthodes de correction

Aucun autre facteur ne détermine plus la qualité de l'image que les lentilles utilisées pour créer le système optique. Il existe une grande variété de conditions qui peuvent déterminer la performance de l'objectif. La précision et la qualité des systèmes de fixation, la précision de l'exécution des lentilles, les propriétés des bouteilles et des revêtements ont un grand effet sur les images du système optique. La lumière passe et est réfléchi sur la surface du verre et a de multiples effets. Le défi est d'utiliser la lumière entrant dans le système optique et de la focaliser pour obtenir l'image avec une perte minimale pour obtenir une image claire et lumineuse.

Les différentes ondes du spectre utilisé passent à travers la lentille et peuvent se plier à des angles différents, semblables à un prisme. Certains objectifs ou différents types de verre sont nécessaires pour capturer chaque couleur de base pour former l'image correctement.

Il existe deux autres types de déformation, le type pad(1) et le type barrel(2). Ceux-ci sont causés par le fait que le centre et les bords de l'image ont des agrandissements différents. La variation du grossissement provoque une distorsion du centre vers les bords de l'image, et ces formes n'ont pas de perspective réelle. La distorsion de type barillet augmente l'image centrale

plus que l'image marginale, provoquant un « gonflage » de l'image. La distorsion de Pertone augmente l'image centrale moins que les coins provoquant la diminution de la partie centrale.

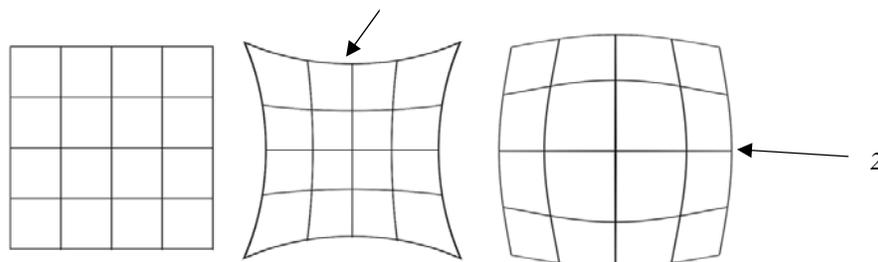


Fig. 5.1. – Types de distorsion

Les éléments qui ne sont pas corrigés produisent des images douces qui montrent la distorsion et les couleurs fanées. Les types de verre spéciaux sont connus pour empêcher la distorsion et d'autres problèmes associés au passage de la lumière à travers la lentille. Les fabricants de dispositifs optiques commencent peu à peu à utiliser des bouteilles et des minéraux de plus en plus exotiques et denses comme la fluorite en combinaison avec des conceptions sophistiquées pour résoudre ces problèmes.

4. Conclusions

Étant donné que le verre optique a été utilisé et étudié depuis l'antiquité, il illustre que ce matériau était impératif pour le développement de notre technologie et la connaissance du monde environnant. Cependant, ce n'est qu'à la fin du 17^e siècle que le véritable art de la fabrication de lentilles a été découvert avec l'avènement des télescopes et des microscopes.

Au début, la fabrication des lentilles était assez compliquée, mais avec l'avancée technologique, de nouvelles façons de contrôler et de perfectionner le verre optique sont apparues. Le logiciel de simulation CAO pour les systèmes optiques tels que Zemax a grandement simplifié le processus de fabrication des lentilles. Ils peuvent simuler le trajet des rayons lumineux à travers un système optique conçu par l'utilisateur. Le programme peut simuler un très large spectre de longueurs d'onde, de sorte que vous pouvez même faire des systèmes optiques qui fonctionnent dans le domaine infrarouge. Ce dernier peut être utilisé pour les systèmes de vision thermique.

Un autre avantage des programmes de simulation est qu'ils peuvent simuler différents graphiques pour déterminer la qualité du système optique conçu, ainsi que simuler une image qui peut illustrer les défauts du système, tels que les aberrations géométriques ou la vignettation d'image.

La dernière phase du système optique est la fabrication effective du système optique, compte tenu des distances, des épaisseurs, des formes et du type de verre optique générés par le programme de conception à la fin du processus.

5. Bibliographie

- [1] <https://fc.institutoptique.fr/training/optical-design-with-zemax-opticstudio-advanced-476>
- [2] <https://www.cameralabs.com/nikon-z-58mm-f0-95-noct-review/>
- [3] <https://imagebank.asrs.org/file/7258/retinal-pigment-epithelial-detachment-with-no-subretinal-fluid>
- [4] <https://www.masterclass.com/articles/basic-photography-101-understanding-camera-lenses>
- [5] <https://www.labmanager.com/product-focus/advancements-in-lens-manufacturing-768>
- [6] <https://petapixel.com/2021/12/22/researchers-develop-cheaper-and-faster-way-to-manufacture-lenses/>
- [7] <https://www.youtube.com/watch?v=ww1NCzLSI7A&t=36s>
- [8] https://en.wikipedia.org/wiki/Eyepiece#/media/File:Orthoscopic_1880.png
- [9] <https://www.edmundoptics.com/knowledge-center/application-notes/imaging/what-is-swir/>
- [10] <https://www.militarysystems-tech.com/taxonomy/term/563>
- [11] <http://atozresearch.com/technology-media/thermal-imaging-market-growth-segment-trends-2021/>
- [12] https://dic.academic.ru/pictures/wiki/files/68/Distorton_barrel_and_pincushion.png
- [13] <ro/support/documentation/supplemental/18/calculating-camera-sensor-resolution-and-lens-focal-length.html>
- [14] wikimedia.org%2fwikipedia%2fcommons%2f6%2f66%2fChromatic_aberration_%2528comparison%2529.jpg
- [15] <https://www.lonelyspeck.com/a-practical-guide-to-lens-aberrations-and-the-lonely-speck-aberration-test/>