



HAL
open science

Les lentilles diffractives : une base pour l'optimisation de meta-surfaces de grande dimension ?

Cindy Péralle, Olivier Gauthier-Lafaye, Lucie Séveno, Aude Bouchier, Henri Camon

► To cite this version:

Cindy Péralle, Olivier Gauthier-Lafaye, Lucie Séveno, Aude Bouchier, Henri Camon. Les lentilles diffractives : une base pour l'optimisation de meta-surfaces de grande dimension ?. OPTIQUE Normandie 2024, SFO, Jul 2024, Rouen, France. hal-04712465

HAL Id: hal-04712465

<https://hal.science/hal-04712465v1>

Submitted on 27 Sep 2024

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Les lentilles diffractives : une base pour l'optimisation de meta-surfaces de grande dimension ?

Cindy Peralle¹, Olivier Gauthier-Lafaye¹, Lucie Séveno², Aude Bouchier², Henri Camon¹

¹ LAAS-CNRS, Université de Toulouse, CNRS, Toulouse, France

² Essilor International, Labège, France

olivier.gauthier-lafaye@laas.fr

RESUME

L'optimisation des performances des meta-surfaces est usuellement présentée sous l'angle de l'optimisation des éléments sub-longueur d'onde élémentaires permettant leur réalisation. Cependant, la réalisation de meta-surfaces de grande dimension reposera sur l'agencement macroscopique de ces éléments simples. De ce point de vue, les lentilles diffractives sont un système physique simple permettant de tester et valider des méthodologies d'optimisation de cet agencement macroscopique. Nous présentons des stratégies d'optimisation de performances de ce type de systèmes présentant un très grand nombre de paramètres libres.

MOTS-CLEFS : *meta-surfaces, optimisation, lentilles diffractives, chromatisme*

1. INTRODUCTION

Le développement des meta-surfaces optiques [1], basées sur l'exploitation de résonances optiques dans des éléments diélectriques ou métalliques sub-longueurs d'onde [2] ouvre de nombreux champs d'investigation pour les systèmes optiques [3], de par leur compacité bien sûr, mais aussi de par les possibilités d'intégration multifonctionnelles offertes par leur liberté de conception. Les démonstrations expérimentales, mais aussi théoriques, associées à ces travaux sont souvent concentrées sur des systèmes optiques de petite taille, adaptés à la complexité de modélisation ainsi que de fabrication de tels dispositifs. La problématique de l'agencement macroscopique des nanorésonateurs sur une très grande surface est peu abordée, alors qu'elle aura un impact fort sur les performances finales.

Dans un objectif de conception de systèmes de grandes dimensions, les lentilles diffractives, ou lentilles de Fresnel discrétisées, peuvent être vues comme un système modèle permettant de tester des algorithmes de conception tout en ouvrant la voie à des réalisations expérimentales plus aisées à fabriquer (de part leur plus grandes dimensions caractéristiques). Dans cette communication, nous nous intéressons à la minimisation de la chromaticité de lentilles de Fresnel de grande surface ($\sim \text{cm}^2$) et nous montrons comment des stratégies d'optimisation basées sur des algorithmes d'optimisation, compatibles avec une future utilisation de bibliothèques de propriétés optiques d'éléments sub-longueur d'onde, permettent l'optimisation de structures de très grandes surfaces.

2. LENTILLES DE FRESNEL DISCRETISEES ACHROMATIQUES

Nous avons validé pour cette étude un algorithme de propagation basé sur la transformée de Fourier rapide du front de phase après la lentille diffractive. La grande taille des éléments optiques de celle-ci permet de simplifier le calcul de la phase en ce point, dans une approximation scalaire [5]. La figure 1 présente ainsi les profils de phase avant

propagation, et illustre les propriétés chromatiques de ce type de lentilles, qui peuvent être ré-expliquées par des termes simples de diffraction (lignes pointillées rouges).

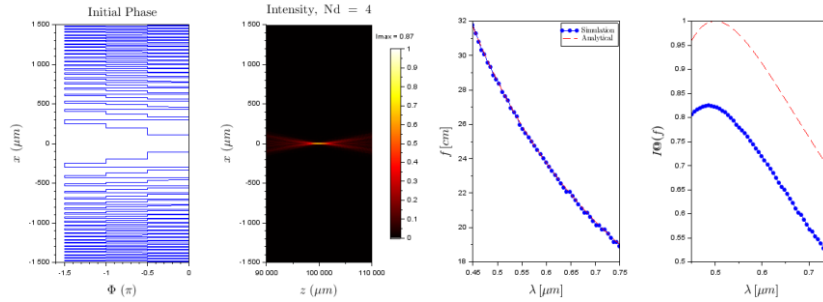


Figure 1 : de gauche à droite : profil de phase dans le plan de la lentille, profil d'intensité montrant la focalisation lors de la propagation, au voisinage du point focal, évolution de la distance focale d'une lentille de Fresnel en fonction de la longueur d'onde et de son efficacité (rouge : lentille de Fresnel continue, bleu : lentille discrétisée sur 4 niveaux).

Ces profils initiaux ont ensuite été fournis comme point d'entrée à un algorithme d'optimisation de type « boîte noire » [4]. Par étapes successives nous optimisons le profil de la lentille étudiée pour obtenir une meilleure achromaticité, illustrée en figure 2 pour trois longueurs d'ondes.

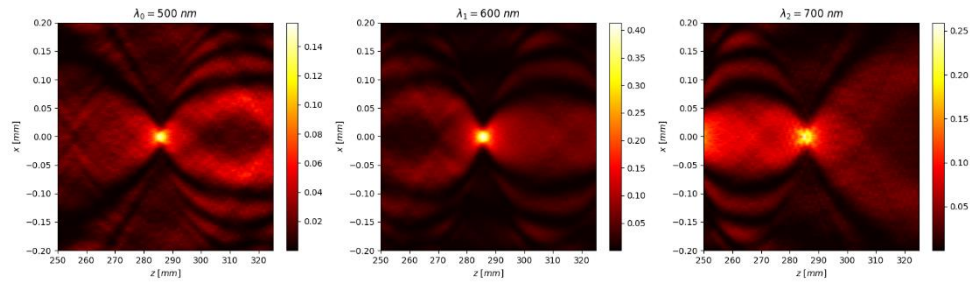


Figure 2 : Intensité du champ optique au voisinage du point focal d'une lentille optimisée de 1cm de diamètre, discrétisée sur 4 niveaux de phase, à 3 longueurs d'onde différentes.

CONCLUSION

Nous détaillerons dans cette communication les différentes stratégies ayant permis d'aboutir à ce résultat. Cette communication sera aussi l'occasion de revisiter les origines physiques des propriétés chromatiques des lentilles de Fresnel, tout aussi observable sur ces lentilles sup-longueur d'onde que dans de futures meta-surfaces reposant sur l'exploitation d'éléments sub-longueur d'onde.

REFERENCES

1. N. Yu and F. Capasso, "Flat optics with designer metasurfaces," *Nat. Mater.* **13**, 139–150 (2014).
2. P. Lalanne, S. Astilean, P. Chavel, E. Cambriil, and H. Launois, "Blazed binary subwavelength gratings with efficiencies larger than those of conventional échelle gratings," *Opt. Lett.* **23**, 1081 (1998).
3. A. Arbabi and A. Faraon, "Advances in optical metalenses," *Nat. Photonics* **17**, 16–25 (2023).
4. P. Bennet, C. Doerr, A. Moreau, J. Rapin, F. Teytaud, and O. Teytaud, "Nevergrad: black-box optimization platform," *ACM SIGEVOlution* **14**, 8–15 (2021).
5. P. Wang, N. Mohammad, and R. Menon, "Chromatic-aberration-corrected diffractive lenses for ultra-broadband focusing," *Sci. Rep.* **6**, 21545 (2016).