



**HAL**  
open science

## Zone sombre au centre du spot d'Arago-Poisson

Olivier Emile, Alexis Voisin, Ronan Niemiec, Bruno Viaris de Lesegno,  
Laurence Pruvost, Guy Ropars, Janine Emile, Christian Brousseau

► **To cite this version:**

Olivier Emile, Alexis Voisin, Ronan Niemiec, Bruno Viaris de Lesegno, Laurence Pruvost, et al..  
Zone sombre au centre du spot d'Arago-Poisson. COLOQ'13 - Colloque sur les Lasers et l'Optique  
Quantique, Jul 2013, Paris, France. pp.1. hal-00876435

**HAL Id: hal-00876435**

**<https://hal.science/hal-00876435>**

Submitted on 24 Oct 2013

**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.

# ZONE SOMBRE AU CENTRE DU SPOT D'ARAGO-POISSON

Olivier Emile<sup>1</sup>, Alexis Voisin<sup>1</sup>, Ronan Niemiec<sup>1,2</sup>, Bruno Varis De Lesegno<sup>3</sup>, Laurence Pruvost<sup>3</sup>,  
Guy Ropars<sup>1</sup>, Janine Emile<sup>4</sup> et C. Brousseau<sup>2</sup>

<sup>1</sup> URU 435 LPL, Université de Rennes 1-F-35042 Rennes Cedex, France

<sup>2</sup> UMR CNRS 6164, IETR, Université de Rennes 1-F-35042 Rennes Cedex, France

<sup>3</sup> URU 435, LPL, Université de Rennes 1-F-35042 Rennes Cedex, France

<sup>4</sup> UMR CNRS 6251, IPR, Université Rennes 1 - F-35042 Rennes Cedex, France

olivier.emile@univ-rennes1.fr

## RÉSUMÉ

La figure de diffraction d'un faisceau de Laguerre-Gauss par un disque opaque est étrange. En effet, pour une charge topologique non nulle, nous observons une petite tache sombre au centre du spot d'Arago-Poisson habituellement brillant. Pour ces faisceaux, les diamètres des tâches sombres sont de l'ordre 20  $\mu\text{m}$  et les faisceaux étudiés et les tâches peuvent se propager sans diffracter sur des dizaines de mètres, sans utiliser de lentilles de focalisation.

**MOTS-CLEFS :** *laser ; diffraction ; spot d'Arago-Poisson ; faisceau de Laguerre-Gauss*

## 1. INTRODUCTION

Le spot d'Arago-Poisson est très souvent mentionné dans les manuels d'optique [1]. C'est une démonstration spectaculaire du caractère ondulatoire de la lumière. Un spot lumineux brillant apparaît dans l'ombre d'un disque éclairé uniformément par une onde plane. Curieusement, ce spot se propage plus vite que la lumière [2]. Parallèlement, de nouveaux types de faisceaux sont apparus récemment [3, 4] appelé faisceaux de Laguerre-Gauss. Ces faisceaux ont une phase qui varie de  $2\pi l$  lorsque que l'on fait un tour complet autour de l'axe de propagation du faisceau.  $l$  est appelé la charge topologique ou ordre du faisceau. On peut se demander qu'elle sera la forme de la figure de diffraction d'un tel faisceau après un obstacle circulaire. Cette contribution se propose d'explorer les propriétés de ces faisceaux diffractés.

## 2. DISPOSITIF EXPÉRIMENTAL

La source est un laser He-Ne rouge ( $\lambda = 632,8 \text{ nm}$ , waist  $w = 620 \mu\text{m}$ ). Une lame de phase spirale (RPC photonics) transforme le mode fondamental en mode de Laguerre d'ordre variant de  $l = 1$  à  $l = 8$ . Un télescope permet ensuite d'adapter la taille du faisceau à la taille de l'objet diffractant. Nous avons utilisé un disque opaque de diamètre  $2R = 7 \text{ mm}$ . Nous observons la tâche de diffraction à une distance  $d$  sur un écran ou à l'aide d'une caméra CCD. Le champ électrique s'écrit

$$E(r, \theta) = J_l(\alpha r) \exp(i l \theta), \quad (1)$$

$r$  et  $\theta$  sont les coordonnées polaires usuelles,  $J_l$  est la fonction de Bessel d'ordre  $l$  et

$$\alpha = 2\pi R / (\lambda d). \quad (2)$$

Une telle fonction est nulle à l'origine et le champ diffracté a bien une phase qui varie autour de l'axe de propagation. Ce faisceau est toujours un faisceau twisté. On remarque également dans l'équation 2 que, plus la taille de l'objet diffractant est grand plus la tâche sombre est petite. Plus la distance d'observation est grande, plus la tâche sombre est grande. Bien sûr, la taille de la zone sombre augmente aussi avec  $l$ .

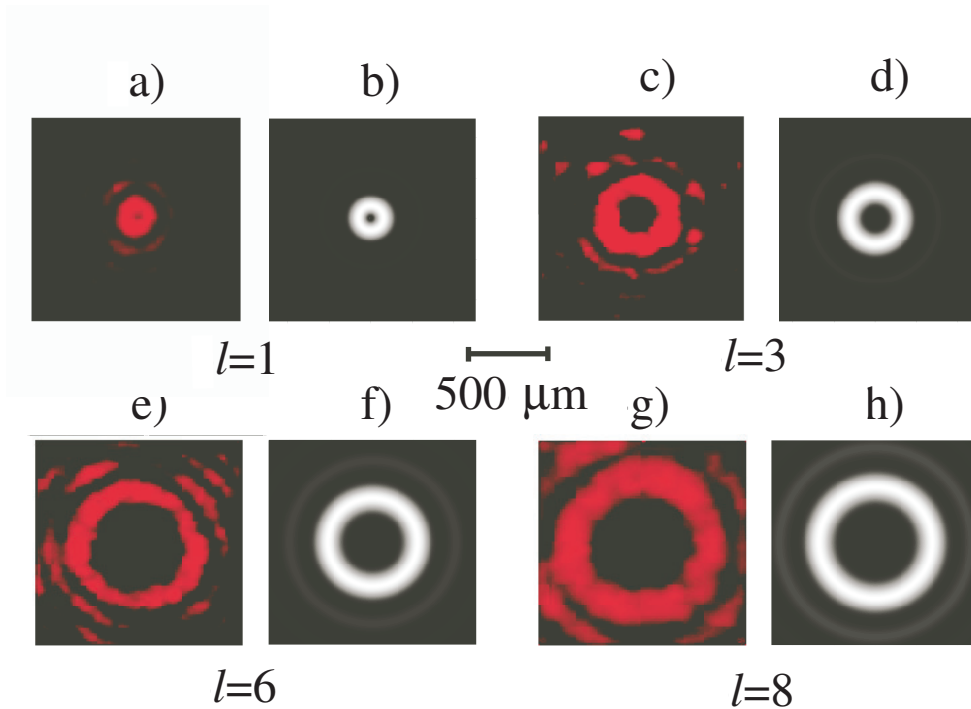


FIGURE 1 : a) Profils expérimental et théorique de la figure de diffraction pour différents ordres  $l$ .

### 3. RÉSULTATS

La figure 1 présente des images des spots de diffraction à une distance de 3,5 m pour des faisceaux de Laguerre avec différents ordres ( $l = 1, l = 3, l = 6, l = 8$ ). On observe, comme attendu, un spot sombre au centre du faisceau diffracté. La taille du spot augmente avec l'ordre du faisceau. Les profils théoriques (obtenus d'après l'équation 1) correspondent bien aux profils expérimentaux.

Indépendamment, nous avons vérifié que la taille de la zone sombre reste dans la gamme des micromètres sur plusieurs mètres. Cette taille diminue lorsque la taille de l'objet diffractant augmente [5]. De plus ces phénomènes de diffraction ne dépendent pas de la polarisation de la lumière.

### CONCLUSION

Nous avons observé expérimentalement une zone sombre très petite au centre du spot lumineux diffracté par un disque opaque circulaire, éclairé par un faisceau de Laguerre-Gauss. La distribution d'intensité varie comme la fonction de Bessel associée à l'ordre du faisceau. Pour des ordres élevés, la distribution d'intensité de la zone sombre est proche d'une distribution présentant un profil carré. Ce type de distribution pourrait trouver des applications dans le guidage d'atomes par la zone sombre d'un faisceau lumineux [6].

### RÉFÉRENCES

- [1] A. Sommerfeld, *Optics*, Academic Press, New York, 1954.
- [2] D. Chauvat, O. Emile, M. Brunel and A. Le Floch, *Phys. Lett. A*, vol. 295, 78, 2002.
- [3] L. Allen, M. W. Beijersbergen, R. J. C. Spreeuw, and J. P. Woerdman, *Phys. Rev. A*, vol. 45, 8185, 1992.
- [4] L. Allen, S.M. Barnett, and M. Padgett (Editeurs) *Optical Angular Momentum*, IOP, Bristol, 2003.
- [5] O. Emile, A. Voisin, R. Niemiec, B. Viaris de Lesegno, L. Pruvost, G. Ropars, J. Emile, and C. Brousseau *EPL*, vol. 101, 54005, 2013.
- [6] M. Mestre, F. Diry, B. Viaris de Lesegno, L. Pruvost, *Eur. Phys. J. D.*, vol. 57, 87, 2010.