



HAL
open science

Sources fibrées à coeur creux pour la génération de paires de photons à faible bruit et à forte brillance

Yasmine Asselah, Frédéric Gérôme, Foued Amrani, Frédéric Delahaye, Benoit Debord, Fetah Benabid

► **To cite this version:**

Yasmine Asselah, Frédéric Gérôme, Foued Amrani, Frédéric Delahaye, Benoit Debord, et al.. Sources fibrées à coeur creux pour la génération de paires de photons à faible bruit et à forte brillance. Optique Normandie, SFO, Jul 2024, Rouen, France. pp.Post01. hal-04643342

HAL Id: hal-04643342

<https://hal.science/hal-04643342>

Submitted on 10 Jul 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.

Sources fibrées à cœur creux pour la génération de paires de photons à faible bruit et à forte brillance

Yasmine ASSELAH¹, Frédéric GÉRÔME^{1,2}, Foued AMRANI², Frédéric DELAHAYE², Benoit DEBORD^{1,2}, Fetah BENABID^{1,2}

¹GPPMM, Institut de recherche Xlim, CNRS UMR 7252, Université de Limoges, France

²GLOphotonics, 123 Avenue Albert Thomas, Limoges, France

RESUME

En travaillant sur le taux de répétition du laser pompe et la longueur d'une fibre creuse remplie de Xénon, la génération de paires de photons (780/1550 nm) a augmenté d'un ordre de grandeur. De plus, le rapport d'évènements coïncidences/accidentels (CAR) a lui dépassé 10 000, ce qui représente un nouvel état de l'art pour les sources fibrées.

MOTS-CLEFS : Paires de photons ; fibre creuse ; brillance.

1. INTRODUCTION

La génération de paires de photons par mélange spontané à quatre ondes dans une fibre à cœur creux (HCPCF) remplie d'un gaz inerte offre l'avantage d'éliminer les effets indésirables de la diffusion Raman tout en permettant un contrôle large et précis de la dispersion. Cette technique a conduit à la réalisation d'une source de photons uniques caractérisée par un rapport signal sur bruit sans précédent et une grande flexibilité dans le contrôle de l'intrication des photons [1]. En effet, l'emploi de HCPCF par guidage à couplage inhibé (IC-HCPCF) [2] remplie de Xénon a permis de mettre au point une source de ce type affichant un ratio de coïncidence sur accidentel (CAR) de 2740 et une valeur de $g^{(2)}_{\text{H}}(0)$ de 0,002, capable d'émettre aux longueurs d'onde clés de 780 nm et 1550 nm [3]. Cependant, la brillance de ces sources nécessite des améliorations car actuellement limitée à quelques dizaines de kHz [4]. Dans cette communication, nous explorons plusieurs approches et démonstrations expérimentales visant à augmenter l'efficacité de génération de photons. Ces méthodes comprennent l'utilisation de laser pompe à de haute fréquence et l'optimisation des caractéristiques des fibres creuses, notamment leur longueur.

2. APPROCHES POUR AMELIORER LA GENERATION DE PAIRES DE PHOTONS

La probabilité d'émission de paires de photons par seconde η dans le cas des sources fibrées est une fonction de plusieurs paramètres liés au laser de pompe (son énergie E_p , sa fréquence ω_p , sa durée d'impulsion τ_p), à la structure de la fibre (sa longueur L , son diamètre de cœur R) ainsi qu'à la pression du gaz p comme l'indique l'équation $\eta \propto E_p^2 \omega_p^2 p^2 L / \tau_p R^4$ [5]. Ici nous explorons l'impact de la longueur de la fibre sur la brillance. Pour cela, une fibre creuse spécifique a été conçue pour que les photons induits par mélange à quatre ondes soient émis à proximité de 1550 nm (1568 nm dans notre cas) et 780 nm (767 nm). Elle consiste en une IC-HCPCF à gaine tubulaire présentant un diamètre de cœur de 40 μm et une épaisseur de silice de 620 nm (Fig. 1a). La fibre est ensuite remplie de Xénon

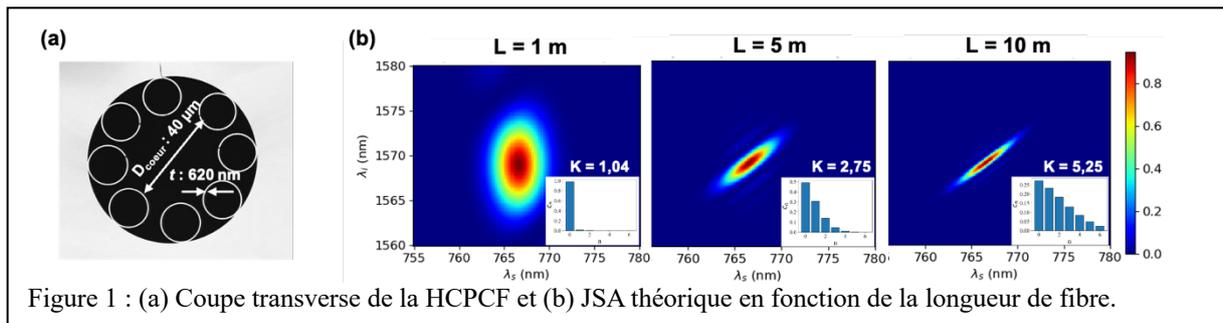
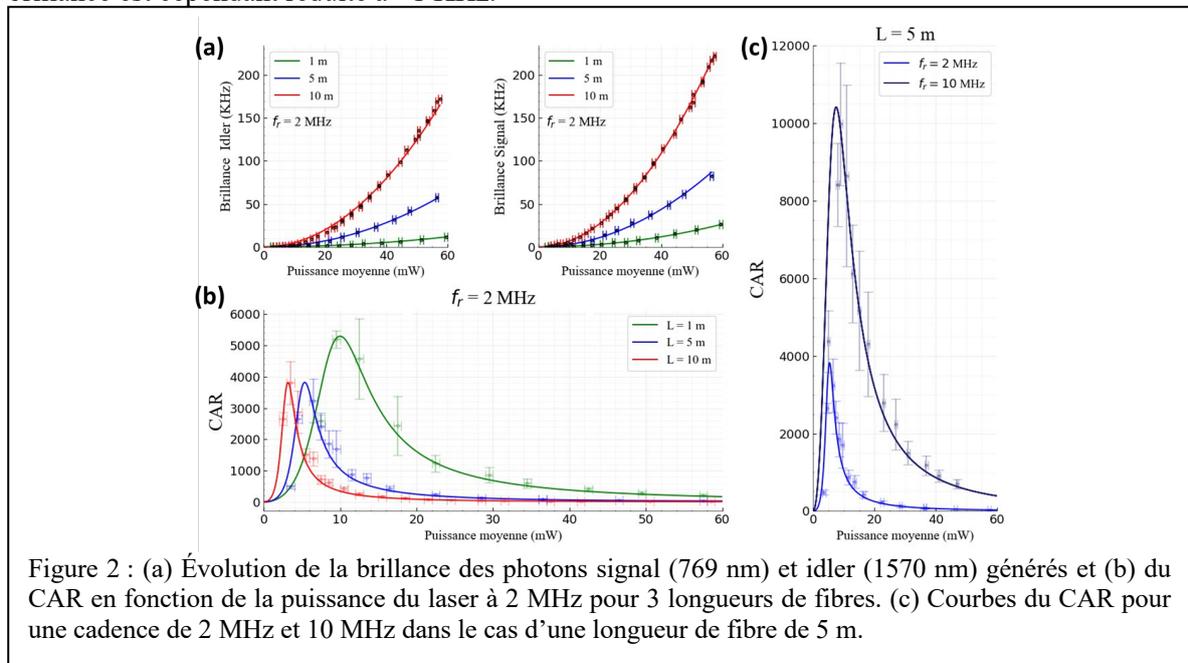


Figure 1 : (a) Coupe transverse de la HCPCF et (b) JSA théorique en fonction de la longueur de fibre.

à une pression de 4,6 bars. L'amplitude spectrale conjointe (JSA) théorique attendue pour trois longueurs de fibre différentes ($L = 1$ m, 5 m, 10 m) est tracée sur la Fig. 1b. On note que la décomposition de Schmidt indique que seul le cas de $L = 1$ m est propice pour une source à photon unique. Cependant, notre étude exclut l'ajustement de la JSA, car son impact, bien qu'existant, est considéré comme marginal pour notre optimisation de la brillance et du CAR.

La Figure 2 résume les résultats relatifs à la génération de paires de photons obtenus en couplant des impulsions de 280 fs à la longueur d'onde de 1033 nm dans une IC-HCPCF remplie de Xénon. Fig. 2a présente la brillance et son interpolation parabolique pour le signal et l'idler pour 3 longueurs de fibre et pour une cadence du laser de 2 MHz. Une augmentation linéaire de la génération de paires de photons est observée en étendant la longueur de 1 m à 10 m, passant d'un taux moyen de 20 KHz à 200 KHz à 60 mW, soit une amélioration d'un ordre de grandeur par rapport à nos résultats antérieurs. Fig. 2b trace le CAR pour ces mêmes longueurs de fibre. Les résultats donnent une valeur maximale du CAR de 5100 pour le cas d'une fibre droite de $L = 1$ m. A l'opposé de la tendance observée pour la brillance, le CAR maximal diminue avec la longueur et un rétrécissement de la largeur du pic y est associé. Ces deux phénomènes sont attribués à l'augmentation des paires accidentelles dans notre système de détection. Enfin, Fig. 2c montre qu'en augmentant la cadence à 10 MHz on peut atteindre une valeur record CAR de 11000 à 9 mW et ce pour une longueur de fibre de 5 m. Dans ce cas, la brillance est cependant réduite à ~ 1 KHz.



En conclusion, les résultats démontrent que la variation de la longueur de la fibre et de la cadence du laser pompe constitue une méthode efficace pour optimiser la brillance et le CAR dans les sources de photons uniques basées sur les IC-HCPCF, permettant ainsi d'atteindre un nouvel état de l'art.

RÉFÉRENCES

- [1] M. Cordier *et al.*, « Active engineering of four-wave mixing spectral entanglement in hollow-core fibers », *Optics Express*, Vol. 27, Issue 7, pp. 9803-9814, 2019.
- [2] B. Debord *et al.*, « Hollow-core fiber technology: the rising of “Gas Photonics” », *MDPI – fiber*, papier review, 7, 16, 2019.
- [3] M. Cordier *et al.*, « Raman-free fibered photon-pair source », *Scientific Reports*, Vol. 10, Article number: 1650, 2020.
- [4] A. Chambinaud *et al.*, « High brightness single photon source at the telecom wavelength based on inhibited-coupling hollow-core fiber », *CLEO US*, FW1A.4, San José, DC, 15 - 20 May 2022.
- [5] K. Garay-Palmett *et al.*, « Conversion efficiency in the process of copolarized spontaneous four-wave mixing », *Phys. Rev. A*, 82, 043809, 2010.