



**HAL**  
open science

# ATTÉNUATION RADIO-INDUITE DE FIBRES DOPÉES ALUMINIUM IRRADIÉES AUX RAYONS GAMMA

Antoine Gallet, Matthieu Caussanel, Hervé Duval, Kadar Mahamoud Djama,  
Stéphane Thil, Julien Eynard, Stéphane Grieu, Stanislaw Trzesien, Michèle  
Ude, Bernard Dussardier

► **To cite this version:**

Antoine Gallet, Matthieu Caussanel, Hervé Duval, Kadar Mahamoud Djama, Stéphane Thil, et al.. ATTÉNUATION RADIO-INDUITE DE FIBRES DOPÉES ALUMINIUM IRRADIÉES AUX RAYONS GAMMA. OPTIQUE Nice 2022, Société Française d'Optique, Jul 2022, Nice, France. hal-03844537

**HAL Id: hal-03844537**

**<https://hal.science/hal-03844537>**

Submitted on 8 Nov 2022

**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.

# ATTÉNUATION RADIO-INDUITE DE FIBRES DOPÉES ALUMINIUM IRRADIÉES AUX RAYONS GAMMA

Antoine Gallet<sup>1</sup>, Matthieu Caussanel<sup>1</sup>, Hervé Duval<sup>1</sup>, Kadar Mahamoud Djama<sup>1</sup>, Stéphane Thil<sup>1</sup>,  
Julien Eynard<sup>1</sup>, Stéphane Grieu<sup>1</sup>, Stanislaw Trzesien<sup>2</sup>, Michèle Ude<sup>2</sup>, Bernard Dussardier<sup>2</sup>

<sup>1</sup> PROMES-CNRS PROcédés, Matériaux et Énergie Solaire, 66100 Perpignan, France

<sup>2</sup> Université Côte d'Azur, CNRS, Institut de Physique de Nice (INPHYNI), Nice, France

antoine.gallet@promes.cnrs.fr

## RÉSUMÉ

Pour la première fois, l'atténuation dans le visible/proche infrarouge induite par une irradiation aux rayons gamma de fibres dopées aluminium a été mesurée. L'influence de la concentration et du débit de dose a été étudiée. Les résultats montrent que ces fibres sont très sensibles aux radiations, en particulier la fibre la plus dopée.

**MOTS-CLEFS :** *Fibre optique ; Atténuation radio-induite ; Centres colorés ; Aluminium*

## 1. INTRODUCTION

Lorsque le verre est soumis à des rayonnements ionisants, certaines de ses propriétés optiques changent et en particulier, son atténuation augmente [1]. Ce phénomène est connu sous le nom d'atténuation radio-induite (ARI). Il est causé par l'apparition de centres colorés suite à l'ionisation des atomes du verre. Si l'ARI dans les fibres optiques peut être délétère pour certaines applications [2], elle peut aussi être mise à profit pour développer des capteurs de rayonnements ionisants [3].

L'étude de l'ARI des fibres dopées aluminium est d'un intérêt fort pour comprendre la dégradation sous rayonnements ionisants des fibres co-dopées terres rares-aluminium, utilisées notamment pour les amplificateurs à fibre optique. De plus, leur utilisation potentielle pour la dosimétrie a été récemment étudiée [4]. D'un point de vue plus fondamental, les principaux mécanismes à l'origine de l'ARI dans ces fibres ainsi que leurs possibles bandes d'absorption sont reportés dans [5].

Dans ces travaux, 5 fibres avec différentes concentrations en aluminium ont été irradiées à 1 Gy/h et une autre fibre a été irradiée à un débit plus faible. Contrairement aux études [4] et [5] qui portent sur des irradiations aux rayons X, cette étude a été faite aux rayons gamma. Le but de ces expériences est d'améliorer la compréhension de l'ARI de ces fibres à des doses et débits de doses relativement faibles, dans le visible et le proche infrarouge.

## 2. DESCRIPTION DES EXPÉRIENCES

La liste des échantillons est présentée dans le tableau 1. Les fibres ont été fabriquées au laboratoire INPHYNI par MCVD (Modified Chemical Vapor Deposition). Toutes ces fibres sont dopées uniquement avec de l'aluminium. Les échantillons 4 et 4bis sont identiques. Toutes les fibres ont été enroulées en bobines décontraintes de diamètre 10 cm.

Ces échantillons ont été irradiés par une source de cobalt 60 dans le bunker MEGA de l'ONERA à Toulouse. Ils ont été placés sur des supports disposés en arc de cercle autour de la source. Les différents débits de dose ont été obtenus en variant la distance échantillon-source. L'incertitude sur la dose reçue par les fibres est de +/-10%.

La mesure a été effectuée en continu pendant 1 h, puis la source a été enlevée. Ensuite, les mesures ont été poursuivies pendant 1 h pour étudier la récupération après irradiation.

Notre banc optique permet de mesurer l'ARI in situ durant l'irradiation de 6 fibres simultanément. La source utilisée est une lampe halogène. La lumière est séparée en deux par un coupleur. Une première partie est injectée dans les fibres irradiées. La mesure se fait séquentiellement sur chacune des 6 fibres grâce à des switches. La seconde partie de la lumière est envoyée simultanément dans une voie de référence. Cette

TABLE 1 : Liste des échantillons irradiés

| Fibre n° | [Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ] %mol | Longueur m | Débit de dose Gy/h | Durée d'irradiation h |
|----------|--|------------|--------------------|-----------------------|
| 1        | 0,9                                    | 10         | 1                  | 1                     |
| 2        | 1,8                                    | 10         | 1                  | 1                     |
| 3        | 2,2                                    | 10         | 1                  | 1                     |
| 4        | 2,7                                    | 10         | 1                  | 1                     |
| 4bis     | 2,7                                    | 10         | 0,1                | 10                    |
| 5        | 4,4                                    | 10         | 1                  | 1                     |

voie de référence permet de prendre en compte l'ARI de la fibre transportant la lumière entre l'extérieur et l'intérieur du bunker, ainsi que d'éventuelles fluctuations de puissance de la source. Finalement, la mesure est réalisée grâce à deux spectromètres de gamme de longueurs d'onde 300 nm à 1160 nm.

### 3. EFFET DE LA COMPOSITION CHIMIQUE

La figure 1 présente les spectres d'ARI des fibres N°1,2,3,4,5 à 1 Gy. On remarque qu'en dehors de la zone autour de 600 nm, la sensibilité est peu dépendante de la concentration en aluminium pour ce qui concerne les fibres 1 à 4. Ceci corrobore l'indépendance de la sensibilité aux rayons X vis-à-vis de la concentration observée dans [4]. Cependant, l'ARI de la fibre 5 est nettement supérieure à celle des autres fibres. Il existe donc un seuil en concentration pour lequel la présence d'aluminium augmente la sensibilité de la fibre. À notre connaissance, ce résultat n'avait encore jamais été observé sur les fibres en silice dopées à aluminium.

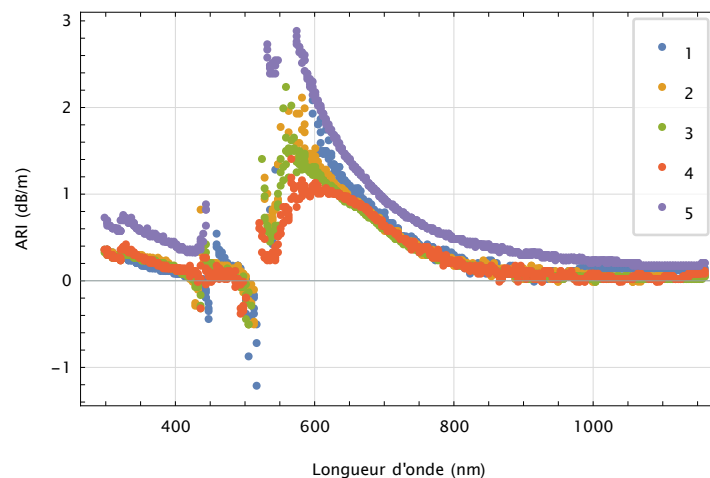


FIGURE 1 : Spectres d'ARI à 1 Gy des fibres 1,2,3,4 et 5.

La sensibilité à 850 nm de la fibre 5 est légèrement supérieure à 0,4 dB/(Gy m) et elle est croissante au moins jusqu'à 575 nm ce qui permettrait d'envisager une mesure de faibles doses déposées. Cependant, les mesures post-irradiation montrent que l'ARI de la fibre n'est plus que de 0,36 dB/(Gy m) à 850 nm après une heure. Cette récupération est présente pour toutes les longueurs d'onde. Elle constitue à la fois un avantage et un désavantage pour une application de dosimétrie. La récupération peut permettre d'augmenter la dynamique du capteur, donc sa durée de vie avant un noircissement complet. En revanche, il est nécessaire de la prendre en compte lors du calcul de la dose déposée, ce qui peut nécessiter un modèle complexe.

#### 4. EFFET DU DÉBIT DE DOSE

L'effet du débit de dose sur la sensibilité de la fibre peut être important. Dans la majorité des cas, il est donc nécessaire de le prendre en compte dans les applications de dosimétrie. Classiquement, pour une dose donnée, une plus grande ARI est obtenue si la fibre est irradiée à un débit de dose plus fort. Le comportement inverse est plus rare, mais a déjà été observé [6]. Dans nos expériences, selon la longueur d'onde, les deux comportements ont été observés. En particulier, entre 575 nm et 725 nm une sensibilité accrue à 0,1 Gy/h par rapport à 1 Gy/h est clairement observée, un exemple est donné en figure 2.

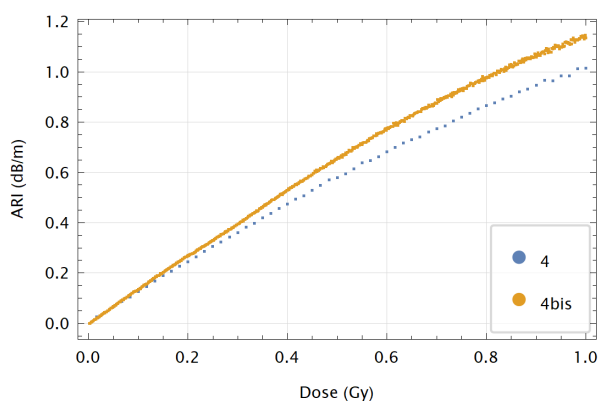


FIGURE 2 : ARI vs dose à 620 nm pour le faible débit (jaune) et le fort débit (bleu).

#### CONCLUSION

La forte sensibilité des fibres dopées aluminium est encourageante pour envisager la réalisation d'un dosimètre permettant de mesurer de faibles doses. La comparaison de deux débits de dose différents montre qu'un effet inverse de débit est présent sur une gamme assez large de longueurs d'onde. Plus de détails seront donnés concernant la récupération des fibres ainsi que leurs spectres en énergie.

#### RÉFÉRENCES

- [1] S. Girard, A. Alessi, N. Richard, L. Martin-Samos, V. De Michele, L. Giacomazzi, S. Agnello, D. D. Francesca, A. Morana, B. Winkler, I. Reghioua, P. Paillet, M. Cannas, T. Robin, A. Boukenter, and Y. Ouerdane, "Overview of radiation induced point defects in silica-based optical fibers," *Reviews in Physics*, vol. 4, p. 100032, Nov. 2019.
- [2] M. Likhachev, M. Bubnov, K. Zotov, A. Tomashuk, D. Lipatov, M. Yashkov, and A. Guryanov, "Radiation Resistance of Er-Doped Silica Fibers : Effect of Host Glass Composition," *Lightwave Technology, Journal of*, vol. 31, pp. 749–755, Mar. 2013.
- [3] D. Di Francesca, G. Li Vecchi, S. Girard, A. Alessi, I. Reghioua, A. Boukenter, Y. Ouerdane, Y. Kadi, and M. Brugger, "Radiation-Induced Attenuation in Single-Mode Phosphosilicate Optical Fibers for Radiation Detection," *IEEE Transactions on Nuclear Science*, vol. 65, pp. 126–131, Jan. 2018.
- [4] A. Alessi, A. Guttilla, S. Agnello, C. Sabatier, T. Robin, A. Barnini, D. D. Francesca, G. L. Vecchi, M. Cannas, A. Boukenter, Y. Ouerdane, and S. Girard, "Near-IR Radiation-Induced Attenuation of Aluminosilicate Optical Fibers," *physica status solidi (a)*, no. 218, p. 2000807, 2021.
- [5] F. Mady, A. Guttilla, M. Benabdesselam, and W. Blanc, "Systematic investigation of composition effects on the radiation-induced attenuation mechanisms of aluminosilicate, Yb-doped silicate, Yb- and Yb,Ce-doped aluminosilicate fiber preforms," *Optical Materials Express*, vol. 9, p. 2466, June 2019.
- [6] O. Gilard, J. Thomas, L. Troussellier, M. Myara, P. Signoret, E. Burov, and M. Sotom, "Theoretical explanation of enhanced low dose rate sensitivity in erbium-doped optical fibers," *Appl. Opt., AO*, vol. 51, pp. 2230–2235, May 2012.