

# UN MODÈLE PHYSIQUE VALIDÉ DE DÉGRADATION DES AMPLIFICATEURS À FIBRES DOPÉES YTTERBIUM OPÉRANT EN MILIEU IONISANT

*Franck Mady, Jean-Bernard Duchez, Yasmine Mebrouk et Mourad Benabdesselam*

*Université Nice Sophia Antipolis, Laboratoire de Physique de la Matière Condensée (LPMC),  
CNRS UMR 7336, Nice, France.*

La tenue des amplificateurs à fibres en silice dopées ytterbium (FDY) opérés en environnement sévère pose la question de l'interaction entre le photo-noircissement (PN) et le radio-noircissement (RN), c'est à dire de la dégradation subie lorsque l'amplificateur est soumis à l'action simultanée de la pompe et de l'irradiation ionisante. Bien qu'elle s'impose de manière évidente, cette question n'avait pas été traitée jusqu'à présent. Le PN des FDY a été très largement étudié ces 10-15 dernières années, par la communauté des « laséristes » visant en premier lieu des applications terrestres libres de toute radiation ionisante. Le RN des FDY quant à lui a suscité bien moins d'engouement que celui des fibres dopées erbium (EDFA), plus répandues, et les quelques études dédiées n'ont pas spécifiquement pris en compte l'effet de la pompe. En fait, la littérature fournit une description phénoménologique du PN et, dans une moindre mesure, du RN. Des recettes de durcissement ont été démontrées de manière empirique : dopage accru au phosphore pour lutter contre le PN, ou co-dopage au cérium pour limiter PN ou RN. Malgré cela, les mécanismes physiques présidant au développement et à la guérison du PN ou du RN des FDY sont jusqu'à présent restés hypothétiques et controversés.

Dans le cadre du projet ANR « PARADYSIO » (11-JS04-007) porté par notre équipe Niçoise, nous avons étudié, entre autre, le « photo-radio-noircissement », ou PRN, pour décrire le RN dans les FDY en condition d'opération active (i.e. sous pompe). Une série de caractérisations originales, présentées dans ce colloque par Jean-Bernard Duchez, a permis de révéler une forte interaction entre PN et RN, selon différentes formes (noircissement constructif, ou à l'inverse blanchiment mutuel) en fonction de la dose, et d'établir l'influence des 3 paramètres déterminants que sont la dose, le débit de dose et la puissance de pompe (voir aussi [1]).

Dans cette présentation complémentaire, nous introduisons un modèle physique, sous la forme d'un schéma de piégeage/dépiégeage/recombinaison [2], suffisant pour expliquer l'ensemble des observations expérimentales concernant le PN et le PRN [3]. Ce modèle s'appuie sur les mécanismes de noircissement et de blanchiment déduits de nos propres investigations (thermoluminescence, spectrophotométrie, voir [4,5]), recoupant les propositions les plus pertinentes de la littérature. Notre approche n'utilise donc ni paramètre phénoménologique (comme un exposant de dispersion par exemple), dont la signification physique serait incertaine, ni loi semi-empirique. Ce modèle a été implémenté numériquement pour fournir un outil simple de simulation. Le parfait accord, au moins qualitatif, entre les prédictions issues du calcul numérique et une large gamme de propriétés expérimentalement établies accréditent largement les « ingrédients physiques » inclus dans le modèle.

Bien au delà des recettes de durcissement déjà empiriquement éprouvées, l'intérêt d'une telle compréhension physique de la dégradation des FDY et de sa simulation est au moins double : elle fixe d'une part un cadre de réflexion physique validé, et ainsi une base intuitive au regard de la simplicité du modèle, pour extrapoler et prédire les comportements en fonction de la puissance pompe, du débit de dose, de la composition chimique... En particulier, il est dans ce contexte possible de comprendre comment et à quel niveau agissent les co-dopants produisant une résistance accrue contre le PN et/ou RN, et éventuellement de proposer de nouvelles techniques de durcissement. Elle fournit d'autre part une base adaptable aux fibres dopées erbium, technologiquement très importantes, présentant d'après nos travaux récents un mode de dégradation similaire [6].

## REFERENCES

- [1] J-B. Duchez, F.Mady, Y. Mebrouk, N. Ollier and M. Benabdesselam, *Opt. Lett.* **39**, 5969-5972 (2014).
- [2] F. Mady, M. Benabdesselam, J-B. Duchez, Y. Mebrouk and S. Girard, *IEEE Trans. Nucl. Sci.* **60**, 4341-3448 (2013).
- [3] F. Mady, J-B. Duchez, Y. Mebrouk and M. Benabdesselam, *AIP Conf. Proc.* **1624**, 87 (2014).
- [4] F. Mady, M. Benabdesselam, Y. Mebrouk and B. Dussardier, 11th international conference on Radiation Effects on Components and Systems (RADECS 2010), Längenfeld (Austria), 2010, Paper LN2, available at: <http://www.radecs2010.ait.ac.at/index.php?link=programme>.
- [5] F. Mady, M. Benabdesselam and W. Blanc, *Opt. Lett.* **35**, 3541-3543 (2010).
- [6] Y. Mebrouk, F. Mady, M. Benabdesselam, J-B. Duchez, and W. Blanc, *Opt. Lett.* **39**, 6154-6157 (2014).