

## Description de l'étude :

### Compréhension de l'inscription de réseaux de Bragg résistants à haute température par laser femtoseconde

L'inscription de réseaux de Bragg est étudiée depuis des dizaines d'années au sein de nombreux laboratoires, comme le PhLAM ou le LCAE (Laboratoire Capteurs et architectures électroniques – CEA de Saclay). Un réseau de Bragg est une modification périodique de l'indice de réfraction du cœur d'une fibre optique (Figure 1 et Figure 2) à l'aide d'un laser, provoquant le renvoi d'une partie de la lumière entrant dans la fibre.

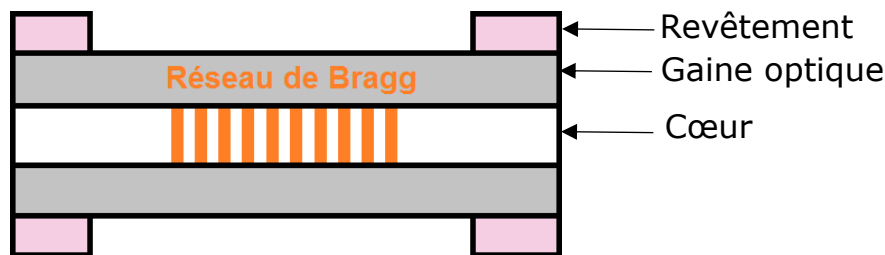


Figure 1 : Réseau de Bragg inscrit dans une fibre optique

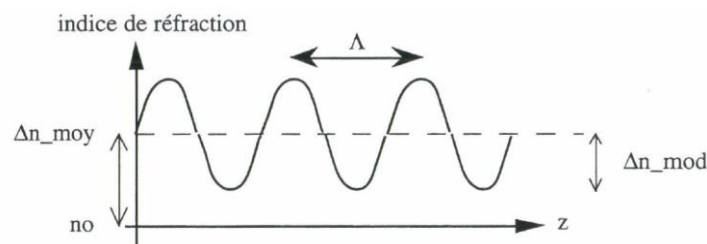


Figure 2 : Schéma simplifié de la modulation d'indice dans le cœur de la fibre en transversale<sup>1</sup>

L'objectif de notre étude est de comprendre les mécanismes d'inscription de réseaux de Bragg dans les fibres optiques par laser femtoseconde infrarouge (800 nm), ainsi que l'origine de leur résistance à 1000 °C.

Une étude similaire a déjà été réalisée sur des réseaux de Bragg de type I inscrits par laser UV nanoseconde<sup>2</sup>, pouvant résister jusqu'à 320 °C. Il a pu ainsi être montré que le cœur de la fibre se densifie de manière périodique sous l'action du laser UV.

Pour l'inscription en laser femtoseconde infrarouge, plusieurs hypothèses sur les modifications provoquées par le laser sont envisagées :

1. Création de centres colorés (défauts ponctuels) – *mais peu probable car ces modifications ne résistent pas à des hautes températures*
2. Modification structurale de la matrice du verre par densification du matériau

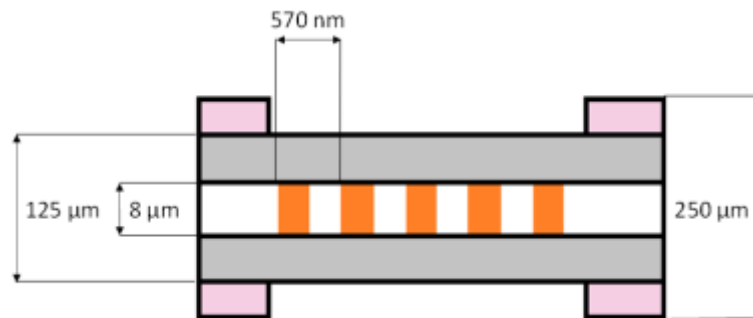
<sup>1</sup> Extrait de : Bakhti, F. (1998). Etude et réalisation de filtres passe-bande photo-inscrits dans les fibres optiques: 1 vol. (pagination multiple [ca 230 p.]).

<sup>2</sup> Cordier, P., S. Dupont, et al. (1997). "Evidence by transmission electron microscopy of densification associated to Bragg grating photoimprinting in germanosilicate optical fibers." Applied Physics Letters 70(10): 1204-1206.

3. Migration chimique de certains éléments, comme le germanium dans le cœur des fibres optiques classiques ou le fluor dans la gaine des fibres avec un cœur de verre de silice
4. Formations de nano-cristaux à l'interface gaine/cœur

Pour déterminer le type de modification à l'origine de la tenue en température de ces réseaux de Bragg, on aimerait réaliser des caractérisations chimiques (migration chimique) et structurales (densification, cristallisation) du cœur de la fibre, à l'aide de coupes transversales et longitudinales de la fibre optique. Différents réseaux de Bragg seront étudiés en faisant varier la fluence d'insolation, mais aussi en leur faisant subir différents traitements thermiques à haute température.

Les dimensions des modifications sont petites : de l'ordre du micron en transversale et en dessous du micron en longitudinale (*Figure 3*). De plus, les modifications chimiques/structurales peuvent être de très faibles « amplitudes » et non uniformes ; alors que la concentration en oxyde de germanium dans le cœur d'une fibre optique standard est faible : ~4 % (le reste est de l'oxygène de silicium  $\text{SiO}_2$ ).



*Figure 3 : Schéma avec les dimensions caractéristiques d'un réseau de Bragg dans une fibre optique  
/!\ Les échelles ne sont pas respectées*

Si besoin, nous pourrions proposer différents types de réseaux pour faciliter la caractérisation au vu des dimensions des réseaux de Bragg :

- réseaux classiques inscrits par masque de phase (pas des modifications entre 535 et 1073 nm) ;
- réseaux « point par point » (le pas des modifications est réglable  $> 1 \mu\text{m}$ ) ;
- modification uniforme du cœur de la fibre sur 1 cm (cela peut faciliter l'étude, mais on s'éloignera de la réalité, car il n'y a pas de modification périodique et dont on n'inscrit pas de réseau de Bragg).