

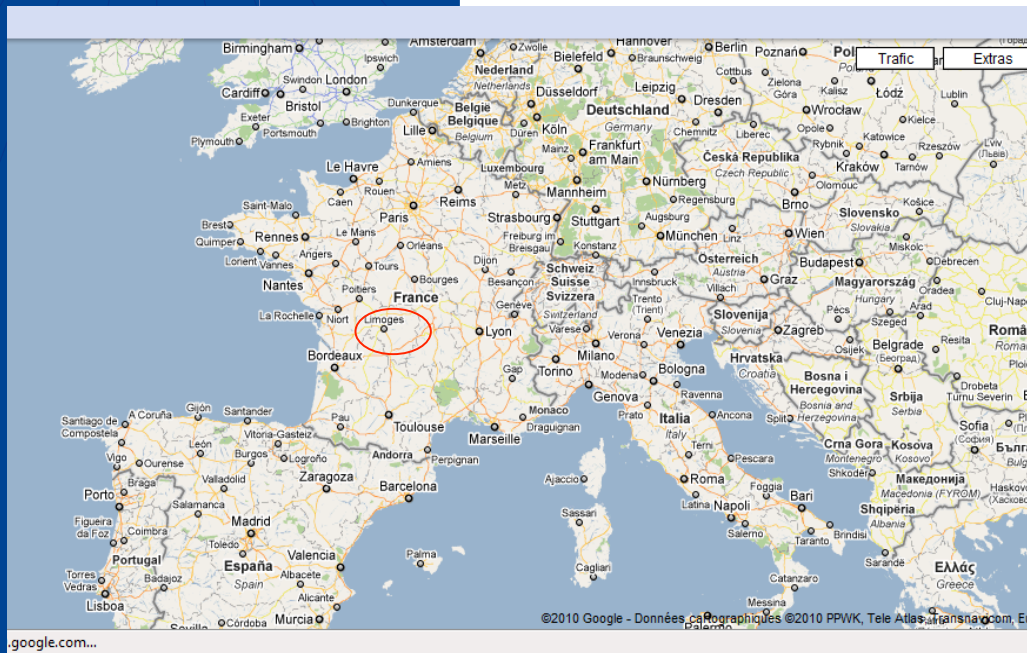
Préparation de fibres optiques par technologie poudre

J.L.AUGUSTE, G.HUMBERT, A.PASSELERGUE, S.LEPARMENTIER,
G.DELAIZIR*, J.M.BLONDY

Xlim (Limoges)
GEMH (Limoges)
auguste@xlim.fr



Qui est Xlim ?



Xlim : Unité Mixte de Recherche UMR 6172

Institut Carnot (2008-2011)
LABex (depuis 2011)

470 personnes (Permanents et étudiants)

6 départements de recherche
(Electronique (2), Electromagnétisme, Traitement de l'Image, Informatique/ Mathématique et Photonique.

Département Photonique : 2 groupes :

Groupe Fibre

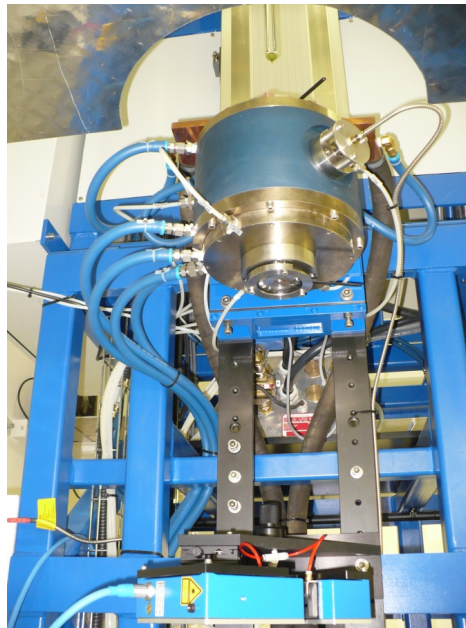
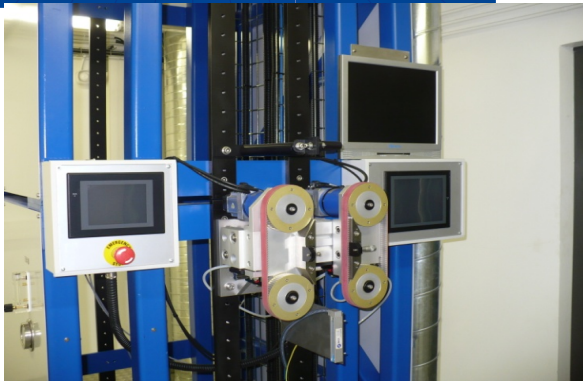
Groupe Optique CNL

Une plateforme Technologique: PLATINOM.

L'ensemble des équipements pour la réalisation de fibres hors norme + GIS Grifon (Lille, Nice, Rennes, Lyon).

Equipements de fibrage

- Deux tours de fibrage
 - Recherche
 - Développement
- Tour équipée double face, capillaires et fibres

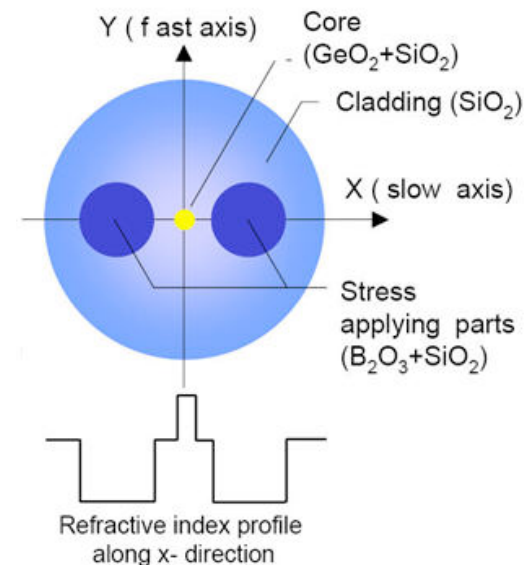
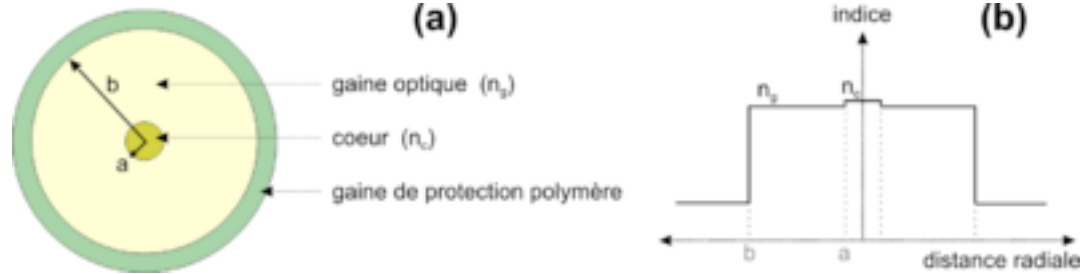


Plateforme ouverte : industriels, académiques ...

Sommaire de la présentation

- Qu'est ce qu'une fibre optique ?
- Procédés 'classiques' de fabrication des fibres optiques
- La 'mise à jour' de techniques anciennes (!)
- Mise en place du Procédé Poudre à Xlim
- Résultats Technologiques et Scientifiques
- Les domaines d'applications visés et les projets associés
- La suite ?

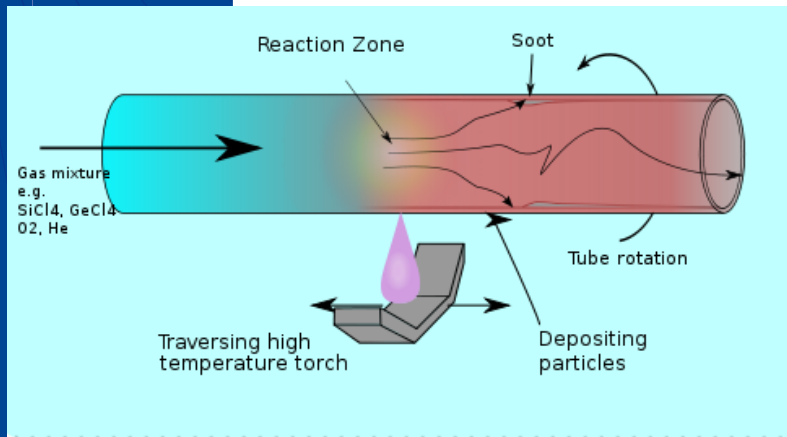
Qu'est ce qu'une fibre optique ?



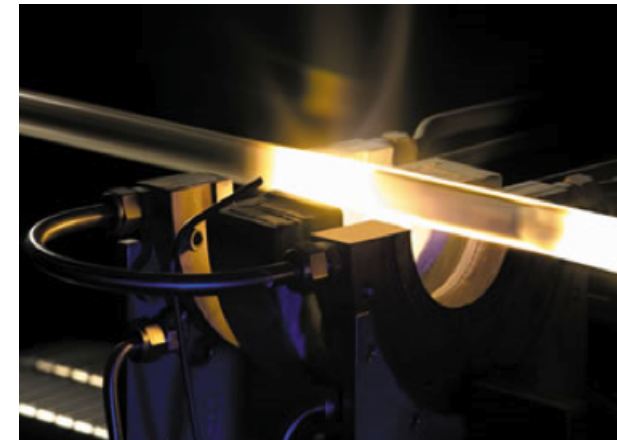
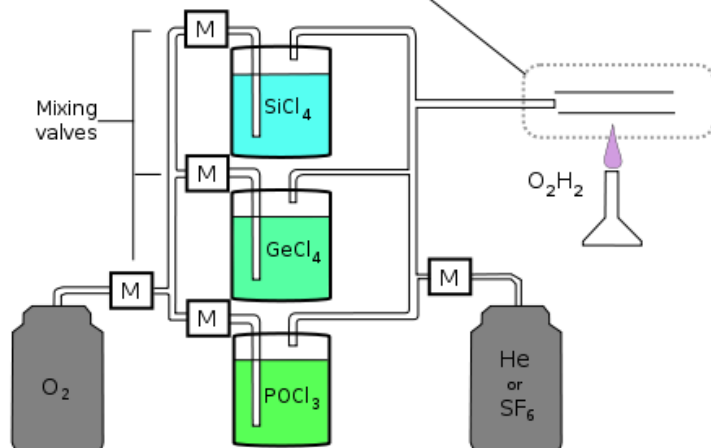
Procédés 'classiques'

- Technique MCVD (années 70)

Les pertes optiques !



Année	Pertes (dB/km)	Longueur d'onde (nm)	Entreprise
1970	20		Corning Glass Work
1974	2 - 3	1 060	ATT, Bell Labs
1976	0,47	1 200	NTT, Fujikura
1979	0,20	1 550	NTT
1986	0,154	1 550	Sumitomo
2002	0,1484	1 570	Sumitomo



Procédés 'classiques'

- Technique Stack and Draw (années 70)

Ancien procédé mis en œuvre pour la réalisation de fibres multicoeurs

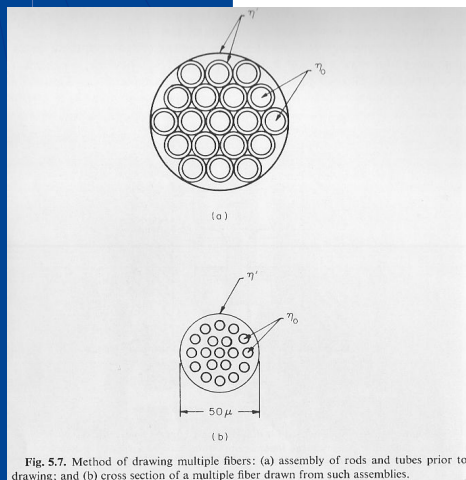


Fig. 5.7. Method of drawing multiple fibers: (a) assembly of rods and tubes prior to drawing; and (b) cross section of a multiple fiber drawn from such assemblies.

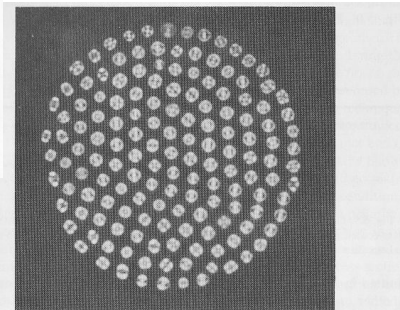


Fig. 5.8. Photomicrograph of a 25- μ -diam multiple fiber consisting of 150 circular cross-section fibers approximately 2.5- μ diam each.

October 1, 1996 / Vol. 21, No. 19 / OPTICS LETTERS 1547

All-silica single-mode optical fiber with photonic crystal cladding

J. C. Knight, T. A. Birks, P. St. J. Russell, and D. M. Atkin
Optoelectronics Research Centre, University of Southampton, Southampton, SO17 1BJ, UK

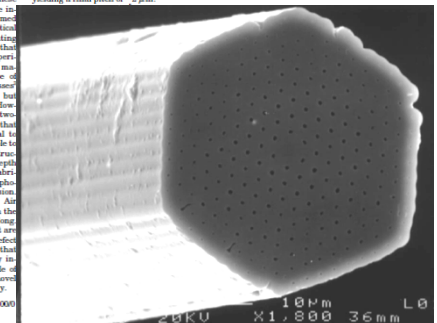
Received April 8, 1996

We report the fabrication of a new type of optical waveguide: the photonic crystal fiber. It consists of a pure silica core surrounded by a silica-air photonic crystal material with a hexagonal symmetry. The fiber supports a single robust low-loss guided mode over a very broad spectral range of at least 468–1550 nm.

Substantial effort has been invested over the past few years in fabricating photonic crystals—materials that have a periodic modulation of the refractive index on the scale of the optical wavelength. The interest in such materials lies in their ability to interact unusually strongly with light of certain wavelengths: For example, appropriately designed structures can exhibit band gaps at optical frequencies (photonic band gaps).¹ Light that is incident upon a band-gap material from the outside would be totally reflected. Similarly, light that existed at a structural-defect site in such a material would be permanently trapped, being unable to propagate through the lattice. These properties make photonic crystals of both fundamental and technological interest. The observation of these effects requires a large variation in the refractive index, such that the photonic crystal must be formed of at least two bulk materials of different optical properties. Because of the difficulty of fabricating structures on the scale of an optical wavelength that are periodic in three dimensions, much recent experimental research has been aimed at producing materials with a two-dimensional variation by use of etching techniques in semiconductors² and glasses³ to form structures that are periodic in a plane but are of limited extent in the third dimension. However, some of the most interesting effects in two-dimensional photonic crystals occur for waves that have a nonzero wave-vector component β normal to the periodic plane.^{4,5} It is difficult if not impossible to study some of these effects by use of the previous structures, which are at most a few millimeters in depth (and usually much less). Here we describe the fabrication of a two-dimensional hexagonal silica-air photonic crystal that is extended into the third dimension. The structure is in the form of a fine silica fiber. Air holes arranged in a regular hexagonal pattern run the entire length of the fiber, which is many meters long. We investigate the properties of guided modes that are predicted to occur at purposely introduced lattice-defect sites (a lattice-defect site is any structural feature that breaks the regularity of the crystal lattice). By introducing a high-index defect site into the middle of the fiber during fabrication we have created a novel single-mode optical fiber with a hexagonal symmetry.

0168-8929/96/191547-03\$10.00/0

We form the hexagonal unit cell on a macroscopic scale by drilling a hole of 16-mm diameter down the length of a 30-mm-diameter silica rod. Six flats are milled on the outside of the rod, forming a regular hexagon. This preform is then drawn on a fiber drawing tower at $\sim 2000^\circ\text{C}$ to produce hexagonal case of a diameter of 0.8 mm, which is cut to length and stacked to give the required crystal structure. This stack is again drawn on the tower, fusing the stacked cones together and reducing the pitch (center-to-center spacing) to $\sim 50 \mu\text{m}$. Finally, a piece of this fused stack is drawn down again to yield the final fiber. During the three-stage drawing process the size of the unit cell is reduced by a factor of more than 10^4 , yielding a final pitch of $\sim 2 \mu\text{m}$.



... et remise au goût du jour en 1996 Par l'Université de Bath avec l'idée (géniale) d'utiliser des capillaires et s'affranchir de la chimie.

Procédés 'classiques'

- Technique Stack and Draw (fin des années 90)

1 : Tube de silice

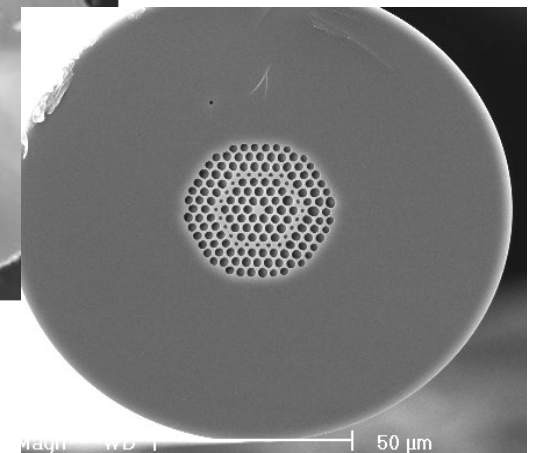
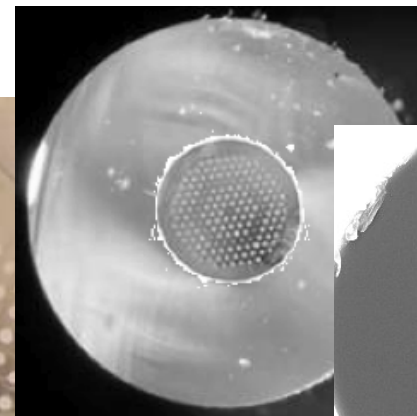
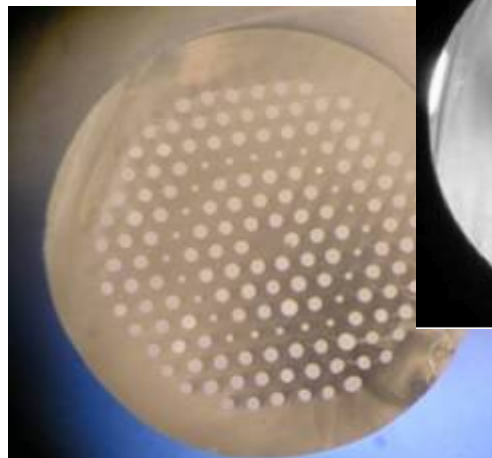
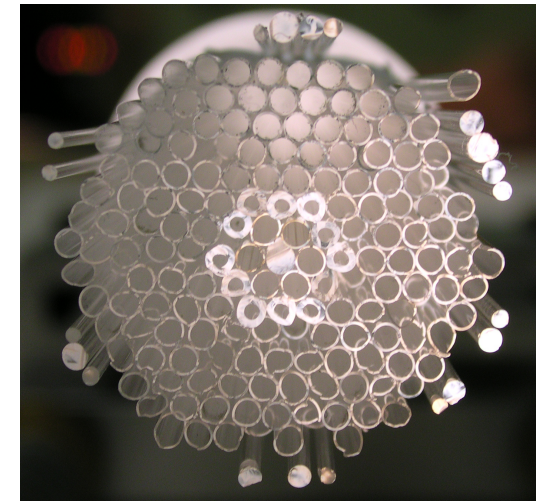
2 : Capillaires

3 : Préforme
primaire

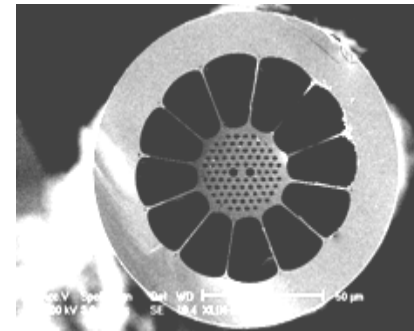
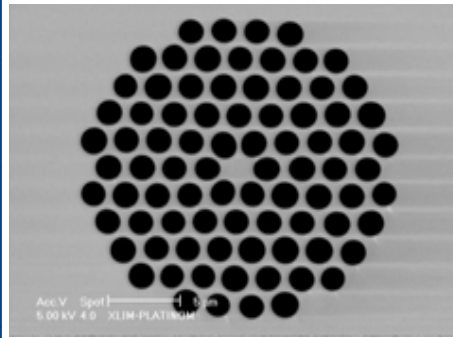
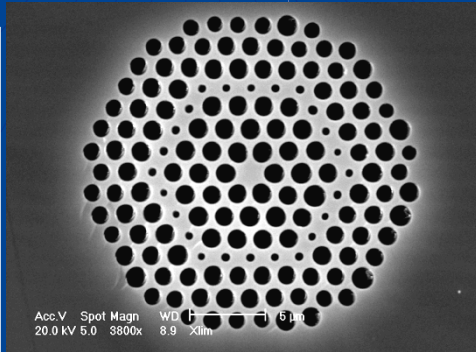
4 : Canne
structurée

5 : Préforme
secondaire

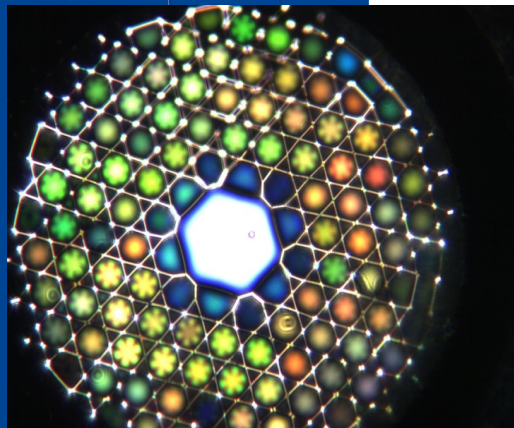
6 : Fibre optique



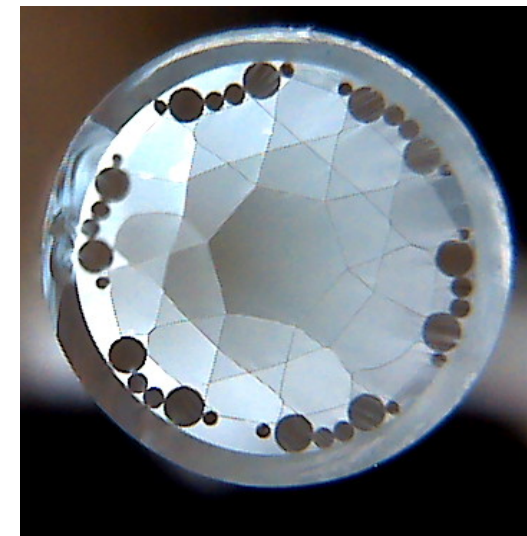
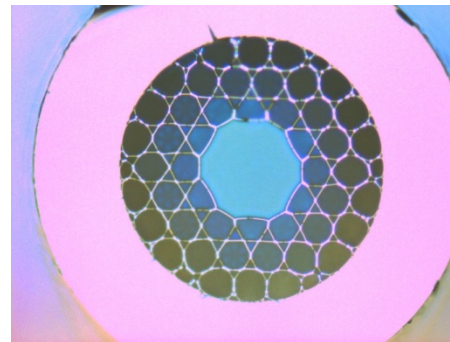
Procédés 'classiques'



•Etat de l'art
à la fin 2005



•Depuis ...



La mise à jour de techniques anciennes

- Les PCF ont permis de s'affranchir du dopage chimique (uniquement Silice et Air):
 - Travail important fait sur la géométrie du guide
 - Ouverture de la bande spectrale, les fibres ne sont plus 'uniquement' faites pour les Télécom
 - ...
 - En conséquence les pertes ne sont plus le seul paramètre pertinent de la fibre

• Questions :

Peut-on travailler sur le matériau autre que la silice pure ?

Quelle 'nouvelle' technique serait pertinente pour cette mise en œuvre ?

The Powder in Tube Technique

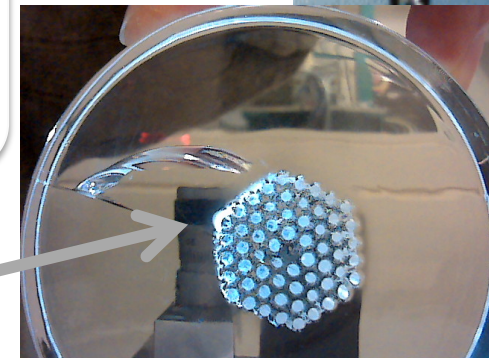
1973	L.G. Van Uitert and Al. Bell Laboratories OFT IEEE	Coeur en silice pure et gaine en $\text{SiO}_2 + \text{B}_2\text{O}_3$
1995	Ballato and Al. APPLIED OPTICS, Vol. 34, No. 30	Powder in tube technique afin de réaliser le coeur de la fibre
2005	C. Pedrido , Brevet WO102947, 2005. Silitec Fibers SA Patent	Préforme MCVD insérée dans un tube rempli de sable de silice. Adaptation aux PCF : Collaboration

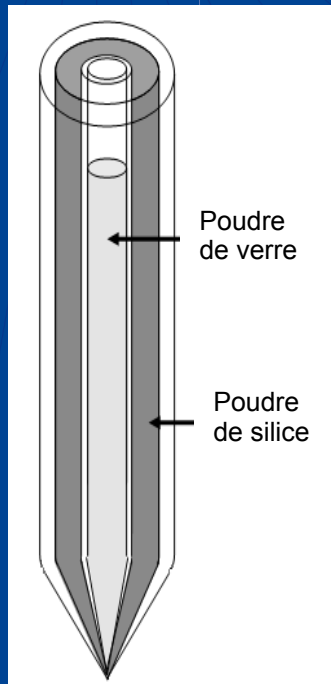


→ Convention de collaboration avec la société SILITEC FIBRE SA -> Accord cadre en cours de signature

→ Application aux PCF – travail en collaboration

L'ensemble de la gaine et réalisée à partir de sable de silice





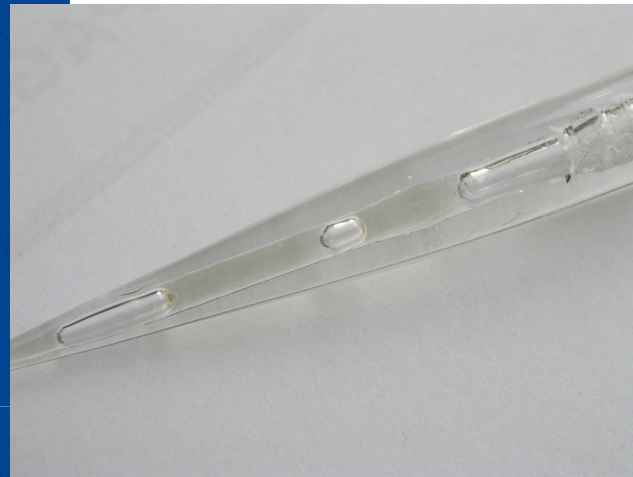
Mise en place du Procédé Poudre à Xlim

Modification du procédé : possibilité de réaliser
simultanément le cœur et la gaine par voie poudre

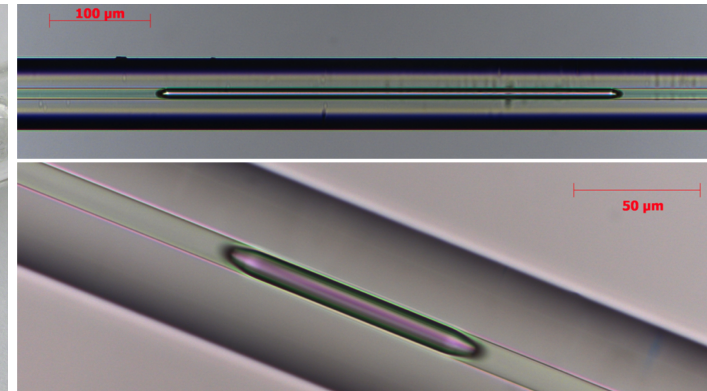
- **Large choix de verres** car principalement disponible sous forme de poudre (notion de fibrable 'disparaît')
- Plusieurs **verres de nature différente** peuvent être utilisés
- Possibilité de réaliser des **structures non symétriques**
- **Limitation du coût** : seule la partie noble est en verre
- Procédé '**simple**'

- Coefficients de dilatation différents : à prendre en compte lors de la fabrication
- Diffusion à l'interface cœur gaine possible
- Nécessité de maîtriser le process de fabrication : microbulles et autres défauts structurels

Mise en place du Procédé Poudre à Xlim



→Préforme



→Fibre

- Phase de consolidation
- Tirage sous dépression
- ...

- Objectif est d'obtenir plusieurs dizaines à centaines de mètres sans défaut structurel
- Objet de la thèse de S.Leparmentier (2008-2010)

Verre étudié $\text{SiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3\text{-La}_2\text{O}_3$ (SAL) - IPHT

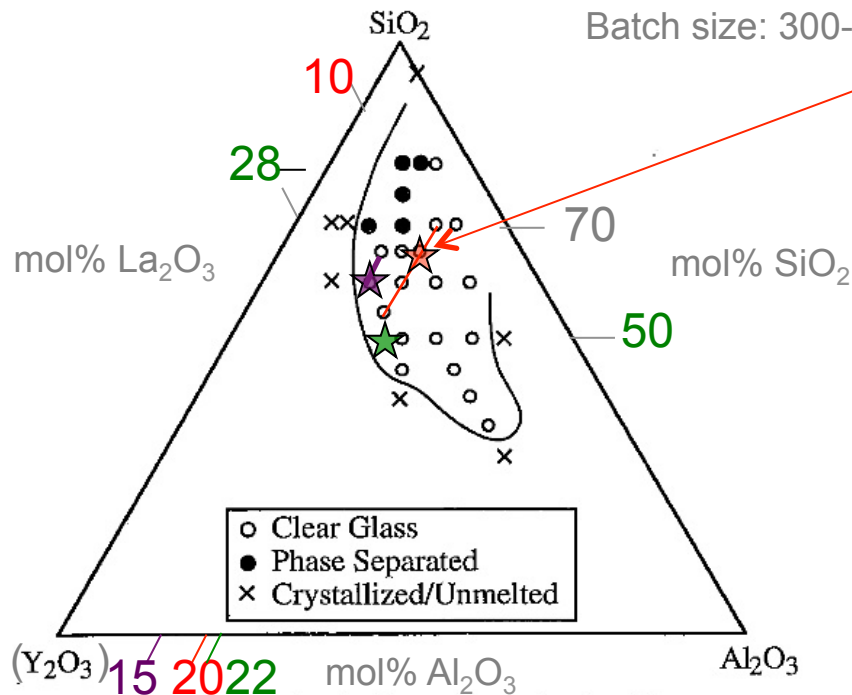


Figure 1 Glassforming region in the yttrium aluminosilicate system.

65 mol% SiO_2 - 20 mol% Al_2O_3 - 15 mol% La_2O_3



SAL 2

Feasibility of transparent SAL-glass with La_2O_3 -content 15 mol %

T_g 861°C / T_{soft} 922°C

α @ 600°C ($5,3 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$)

n 1.65 (1300nm)

Transmission range: 250 - 2700 nm

Preparation of structured fibers with SAL-core (15 mol% La_2O_3)
no crystallisation

Attenuation structured fibers: 0,5-1,1 dB/m (1300nm)

La_2O_3 for high refractive index in glass
 Al_2O_3 increase the solubility of La in silicate matrix

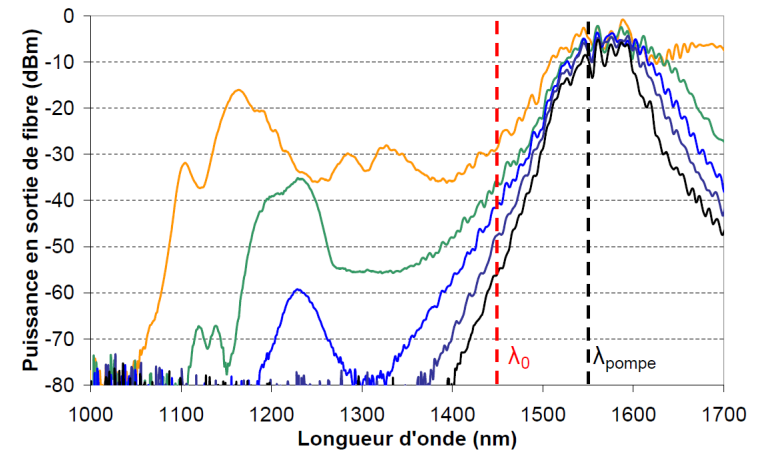
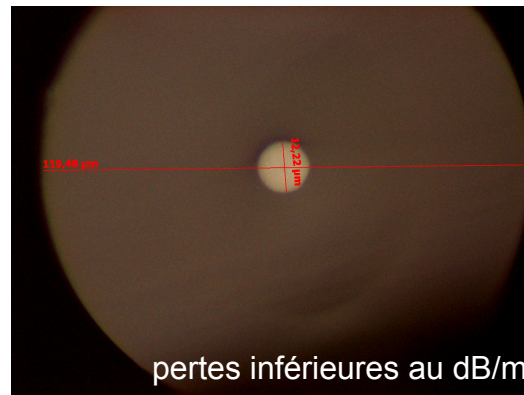
Résultats Technologiques et Scientifiques

Synthèse de verre : IPHT

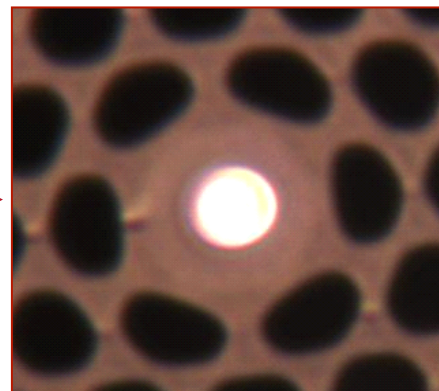
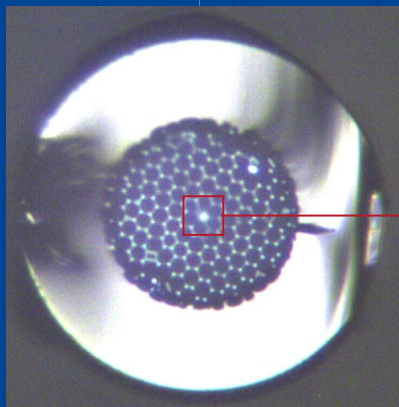
Fabrication fibre voie poudre : Xlim

Collaboration IPHT Jena – Projet
NEODIN / VORTEX

Verres oxydes de métaux lourds



microchip Nd:YAG laser @ 1064 nm
longueur d'impulsion = 600 ps
Puissance moyenne 30 mW
Puissance crête = 7 kW



Objectif : Gestion de la dispersion

autour de 1.55μm et 1.064μm

Application à la réalisation de sources
optiques

Synthèse de verre @ Xlim

depuis octobre 2011

Equipements et savoir-faire *via* VORTEX



Synthèse de verre @ Xlim

depuis octobre 2011

Verres obtenus
Par melt quenching



Réduction
sous forme de poudre



Première réalisation :

Verre SAL identique à celui de
l'IPHT : étalonnage

Développement d'autres verres en
cours et en collaboration (GEMH
G.Delaizir, IPGP D.R.Neuville ...

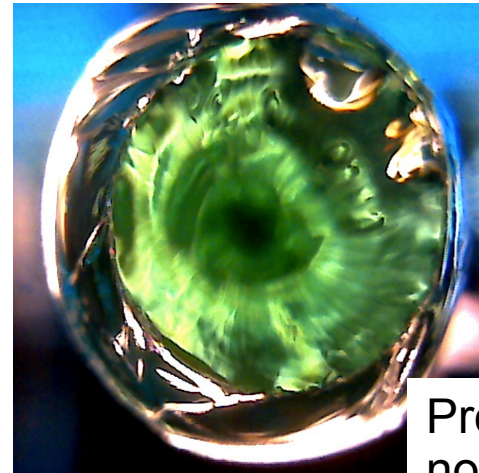


Synthèse de verre @ Xlim

IPHT, IAP Berne, Xlim

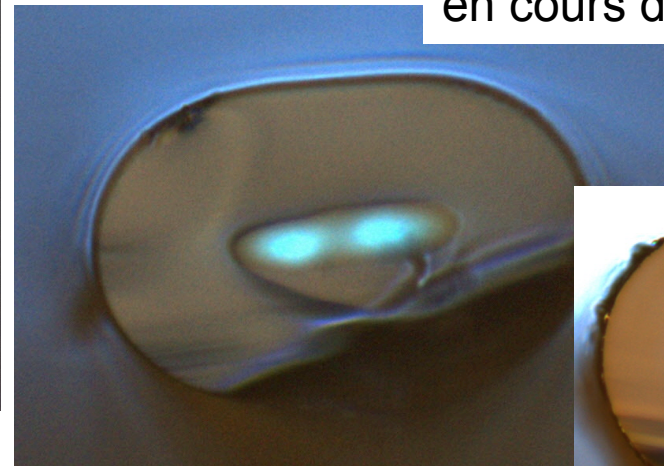
Preforme (0.5 % masse cuivre)

Exemple de 'gouttes'



Excitation
en lumière blanche

Premières fibres optiques
nov 2011 ... non circulaires
Etat d'oxydation
des nanoparticules de cuivre
en cours d'étude

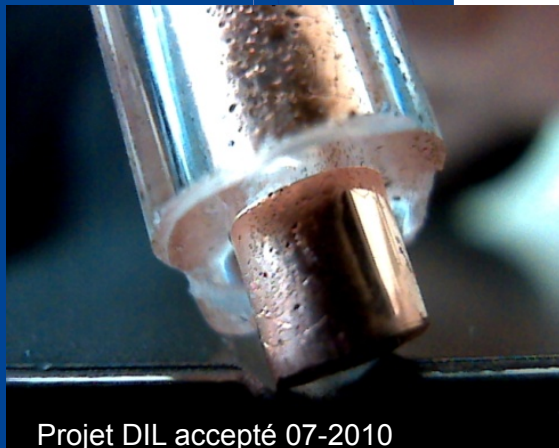
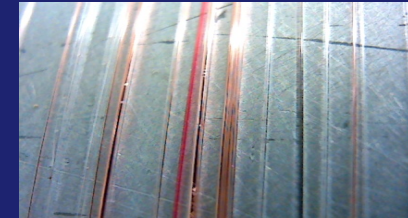


Résultats Technologiques et Scientifiques

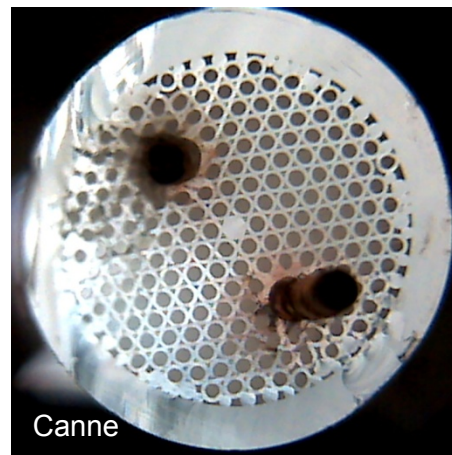
France Paratonnerre

Poudre métallique

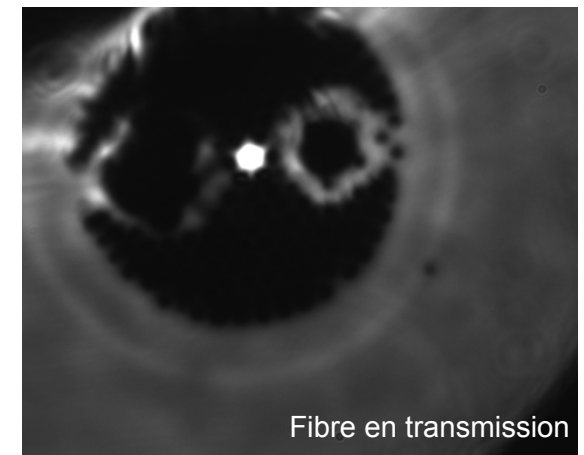
Réalisation de fibres de silice
incluant des fils métalliques



Projet DIL accepté 07-2010



Canne



Fibre en transmission

Résultats Technologiques et Scientifiques

Procédé Poudre combiné à la voie liquide

Fonctionnalisation du verre :
Dopage de grains de silice à l'aide de Quantum Dots (PbSe)

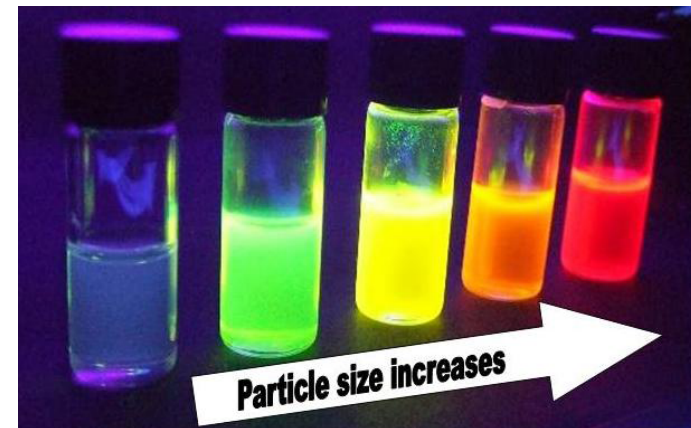
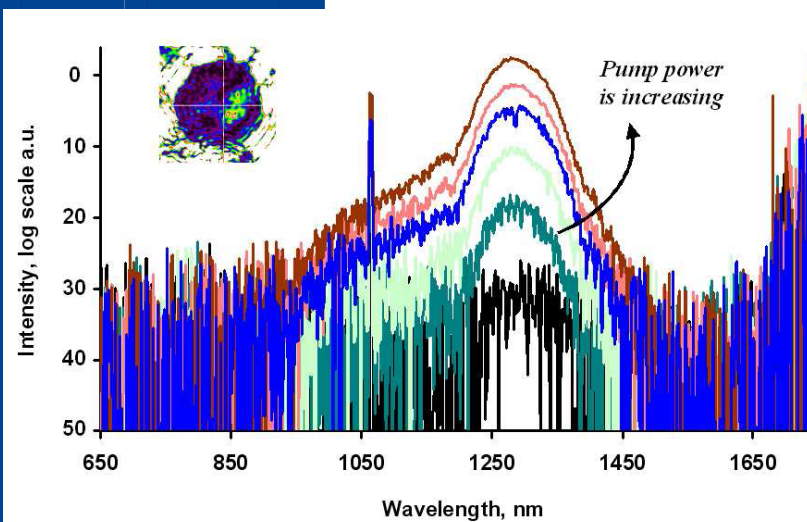
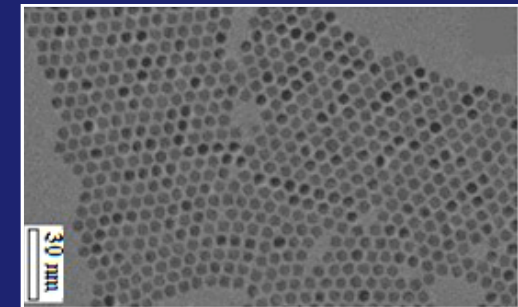


Photo luminescence de Quantum Dots CdSe/ZnS dispersé dans du toluène (excitation UV).

Les domaines d'applications et Projets associés

Deux grands domaines d'applications sont visés :

Les **sources optiques** exploitant les effets non-linéaire du matériau vitreux et/ou des particules présentes à l'intérieur

Les **capteurs à fibres optiques** par l'utilisation de la matrice vitreuse comme matériau sensible à son environnement, ou par le comportement de particules présentent dans cette matrice

Collaborations :

Projets Européens NEODIN et VORTEX :

IPHT (Jena Allemagne)

Projet Hubert Curien

IAP (Berne Suisse),

UCMS (Cracovie Pologne)

GEMH (Limoges),

IPGP (Paris),

ANDRA ...

L'équipe (France) engagée

Stéphanie Leparmentier – CDD ingénieur (Xlim Limoges)

Gaëlle Delaizir - Maître de conférences (GEMH Limoges)

Armand Passelergue - Technicien (Xlim Limoges)

Georges Humbert – Chercheur (Xlim Limoges)

Jean-Marc Blondy – Ingénieur, responsable Groupe FIBRE
(Xlim Limoges)

Jean-Louis Auguste – Ingénieur, responsable plateforme
FIBRE (Xlim Limoges)

Thèse financée pour sept. 2012

Contact : auguste@xlim.fr

