

COLOUR-ON-DEMAND PHOTONIC TEXTILES



USING PLASTIC PHOTONIC
BANDGAP FIBRES

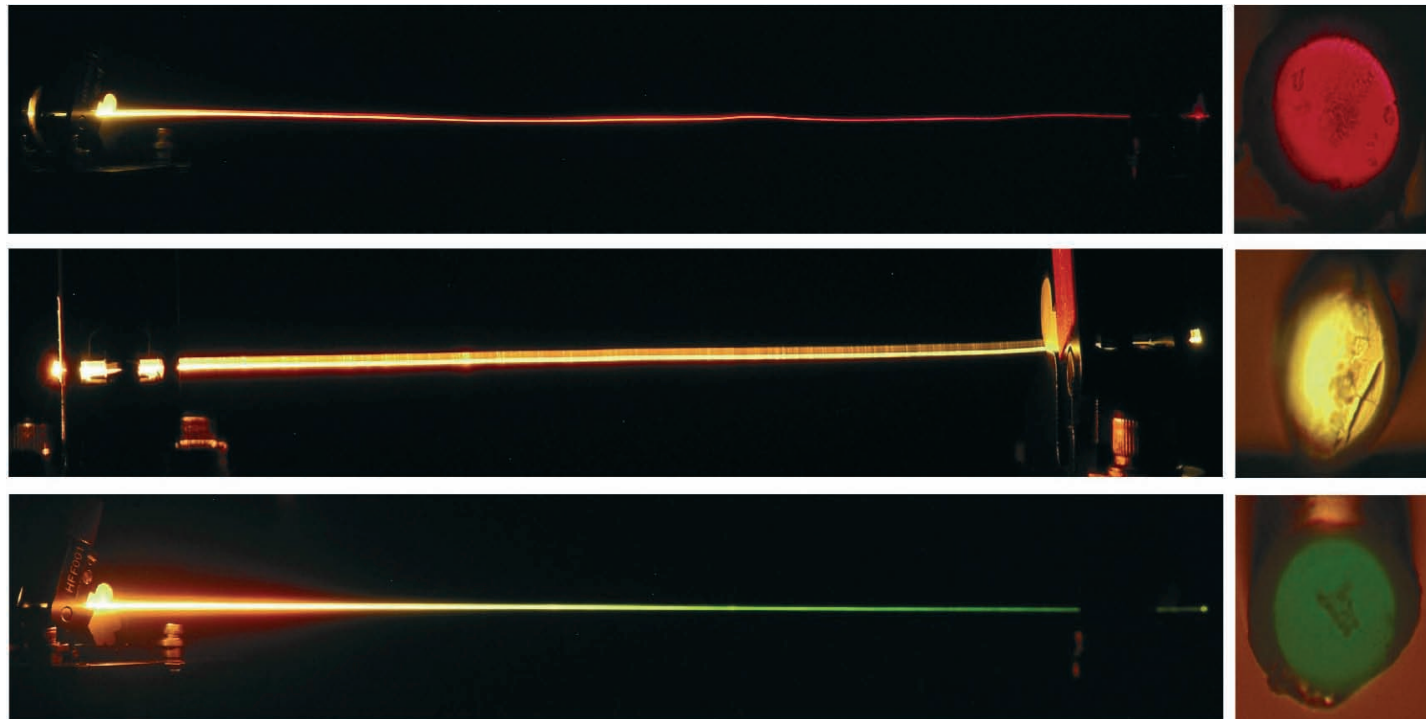
DES TEXTILES PHOTONIQUES DE TOUTES LES COULEURS GRÂCE AUX FIBRES PLASTIQUES À BANDE PHOTONIQUE INTERDITE

Here, we present the fabrication and use of plastic Photonic Band Gap Bragg fibres in photonic textiles for applications in interactive cloths, sensing fabrics, signage and art. In their cross-section, Bragg fibres feature periodic sequence of layers of two distinct plastics. Under ambient illumination, the fibres appear coloured due to optical interference in their microstructure. Additionally, Bragg fibres guide light in the low refractive index core by photonic band gap effect, while emit-

Nous présentons ici la fabrication et l'utilisation de fibres plastiques de Bragg à bande photonique interdite incorporées dans des textiles photoniques pour des domaines comme les vêtements interactifs, les tissus sensoriels, la signalisation et les arts. Les fibres de Bragg possèdent dans leur coupe transversale une séquence périodique de couches composées de deux plastiques distincts. À la lumière ambiante, les fibres apparaissent colorées en raison d'une interférence optique présente dans leur microstructure. De plus, grâce l'action de la bande photonique interdite, les fibres de Bragg guident la

ting a portion of guided colour without the need of mechanical perturbations such as surface corrugation or microbending. Intensity of side emission is controlled by varying the number of layers in the Bragg reflector. Emitted colour is very stable over time, as it is defined by fibre geometry rather than by spectral content of a light source. Moreover, Bragg fibres can be designed to reflect one colour when side illuminated, and to emit another colour while

lumière à l'intérieur de leur cœur à faible réfraction et émettent une partie de la couleur guidée sans recourir à des perturbations mécaniques comme le gondolage de surface ou la microcourbure. L'intensité des émissions dépend du nombre de couches dans le réflecteur de Bragg. Au fil du temps, la couleur émise demeure très stable, car elle est déterminée par la géométrie de la fibre et non par le spectre de la source lumineuse. En outre, les fibres de Bragg peuvent être conçues pour la réflexion d'une première couleur en condition d'éclairage naturel et pour l'émission d'une couleur différente en mode de transmission de la lumière. On peut modifier l'ensemble de la couleur de la fibre en réglant les intensités respectives de la lumière ambiante et de la lumière



*"COLORFUL" SOLID CORE PLASTIC BRAGG FIBERS | FIBRES PLASTIQUES DE BRAGG HAUTES EN COULEURS.

transmitting the light. By controlling the relative intensities of the ambient and guided light, the overall fibre colour can be varied, thus opening an opportunity for the passive colour changing textiles. Finally, we argue that all-plastic Bragg fibres offer economical solutions demanded by textile applications.

Photonic textiles integrate light emitting or light processing elements into the mechanically flexible matrix of a woven material. Practical implementation of photonic textiles is through the integration of specialty optical fibres in the textile manufacturing weave process. Various applications of photonic textiles are being researched, including large-area structural health monitoring and wearable sensing, large-area

guidée, permettant ainsi la création de textiles à couleur variable. Enfin, les fibres plastiques de Bragg offrent une solution économique aux applications textiles.

Les textiles photoniques intègrent l'émission et le traitement de la lumière dans la matrice mécaniquement flexible d'un tissu. En pratique, on intègre des fibres optiques spéciales dans le processus de fabrication du tissage des textiles. Différentes applications des textiles photoniques sont présentement à l'étude, comme les capteurs et vêtements intelligents pour la surveillance médicale à distance, l'éclairage à distance, des vêtements à l'aspect esthétique unique ainsi que des éléments de signalisation souples et portables.

Il est notamment possible de faire appel à des fibres à réflexion interne totale modifiées afin d'émettre la lumière latéralement en vue de la production d'articles de mode réfléchissants, ainsi que de panneaux d'éclairage en arrière-plan à


illumination and clothes with a unique aesthetic appearance, including flexible and wearable displays.

In particular, total internal reflection-based fibres modified to emit light sideways have been used to produce emissive fashion items, as well as backlighting panels for medical and industrial applications. To implement such emissive textiles, one typically uses common silica or plastic optical fibres in which light extraction is achieved through corrugation of the fibre surface, or through fibre microbending. Specialty fibres have been demonstrated to be capable of transverse lasing, with additional applications in security and target identification. In addition, flexible displays based on emissive fibre

des fins médicales et industrielles. Afin de réaliser de tels tissus réfléchissants, il faut généralement faire appel à de la silice ou des fibres optiques de plastique à travers lesquelles l'extraction de lumière est obtenue par le biais du gondolage de la surface des fibres, ou de la microflexion des fibres. Il a été démontré que des fibres spécialisées permettent des effets lasers transverses, en plus de permettre des applications additionnelles au niveau de la sécurité et de l'identification de cibles. De plus, les dispositifs d'affichage flexibles fabriqués à partir de fibres textiles réfléchissantes ont bénéficié d'une attention considérable en raison du potentiel qu'elles présentent au niveau de la publicité portable et de la signalisation dynamique.


Actuellement, tout textile photonique est fabriqué à partir de fibres optiques TIR. En raison de considérations commerciales


COLLOQUE
Textile sans limite
Textiles Unlimited
COLLOQUIUM




XXI^e ENTRETIENS
JADQUES-CARTIER
3 AU 10 OCTOBRE 2008


Mardi 7 octobre 2008 • Tuesday, October 7, 2008
 Marché Bonsecours (350 rue St-Paul Est)
 Montréal, Canada













COLLOQUE
Textile sans limite
 Mardi 7 octobre 2008

Des conférenciers de qualité provenant des quatre coins de la planète ont été invités à y parler des *Textile sans limite* et des quatre sous thèmes suivants :

- Textile et sécurité/protection
- Textile et développement durable
- Textile et santé/sport
- Textile dans les arts et industries culturelles

<http://ejc2008.concordia.ca/textilesanslimite>
 Cliquer sur « Inscription » pour vous y inscrire.

Nous vous invitons à diffuser ces informations à vos réseaux et contacts d'affaires. Nous vous remercions à l'avance et espérons vous y voir en grand nombre.

Alban Asselin
 Directeur général par intérim, Hexagram
 Co-président du comité scientifique du colloque *Textile sans limite*

Textiles Unlimited
 COLLOQUIUM
 Tuesday, October 7, 2008

Prestigious speakers from all over the world will speak about *Textiles Unlimited* and address the four following themes:

- Textiles for Security/Safety
- Textiles for Sustainable Development
- Textiles for Health/Sports
- Textiles for the Arts and Cultural Industries

<http://ejc2008.concordia.ca/textilesunlimited>
 Click "Registration" to complete your registration.

Would you please communicate this information to your networks and circulate it among your business contacts. Thank you and see you at the colloquium.

Alban Asselin
 Executive Director, Hexagram
 Co-Chair of the *Textiles Unlimited* Scientific Committee

textiles have received considerable attention due to their potential applications in wearable advertisement and dynamic signage.

To date, all photonic textiles are made using TIR optical fibres. For considerations of commercial availability and cost, one typically uses low-loss silica glass telecommunication fibre, which is not directly suitable for photonic textiles. The main problem becomes the extraction of light from an optical fibre, which is generally accomplished by either macro-bending of optical fibres by the threads of a supporting fabric, or scratching of a fibre surface to create light-scattering defects.

de disponibilité et de coût, on utilise généralement des fibres de verre pour télécommunication, en silice à faible perte, mais elle ne sont cependant pas idéales pour la production de textiles photoniques. Le problème le plus important est l'extraction de la lumière à partir d'une fibre optique, extraction généralement obtenue soit à partir de la macroflexion des fibres optiques par les fils du tissu de support, soit en grattant la surface des fibres (molletonnage) afin de créer un effet de diffusion de la lumière. L'inconvénient principal de la macroflexion est une sensibilité accrue à l'intensité de diffusion de la lumière en fonction du rayon de courbure des fibres. Ce problème se pose notamment dans le cas de vêtements photoniques, car la structure locale du tissu, et donc le rayon de courbure des fibres, varient en fonction de l'intensité des forces agissant lors du port. Le résultat se révèle ainsi souvent « irrégulier » et les tissus présentent également une lumi-

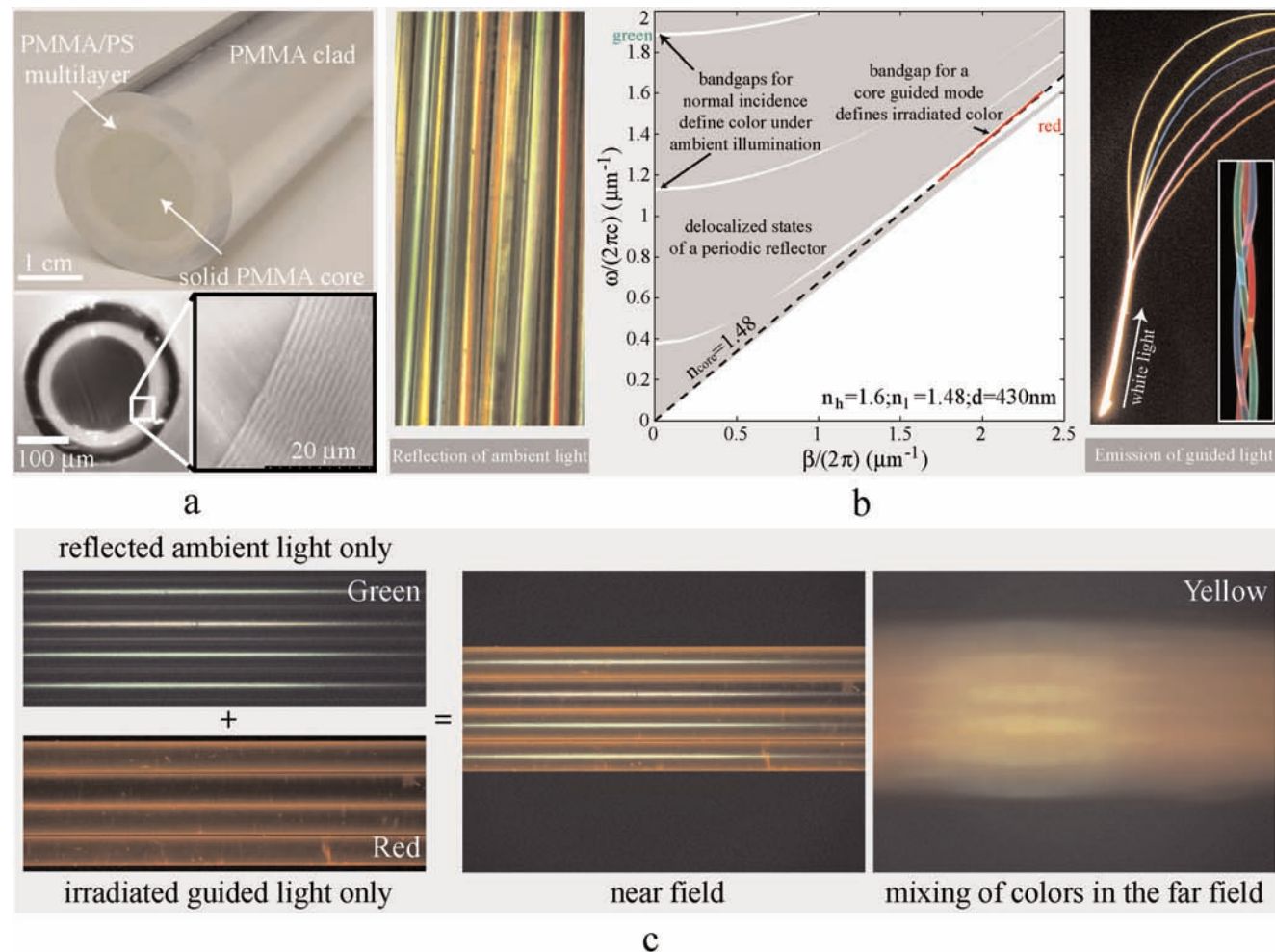


FIGURE 1. A) SOLID-CORE PLASTIC BRAGG FIBRE PREFORM AND RESULTANT FIBRE. B) BAND DIAGRAM OF THE MODES OF A SOLID PMMA-CORE BRAGG FIBRE WITH PMMA/PS REFLECTOR. THE COLOURS OF THE EMITTED AND REFLECTED LIGHT FROM PLASTIC BRAGG FIBRES ARE DETERMINED BY THE POSITION OF THE BAND GAPS OF A PERIODIC REFLECTOR. INSETS: LEFT - BRAGG FIBRES APPEAR COLOURED IN THE REFLECTION OF AMBIENT LIGHT; RIGHT - WHEN LAUNCHING WHITE LIGHT INTO A BUNDLE OF BRAGG FIBRES, AFTER A FEW CENTIMETRES OF PROPAGATION THE FIBRES APPEAR STRONGLY COLOURED THROUGH PARTIAL EMISSION OF GUIDED LIGHT. C) UNDER BOTH AMBIENT ILLUMINATION AND GUIDED LIGHT EMISSION, THE RESULTANT FIBRE COLOUR CAN BE VARIED BY ADJUSTING RELATIVE LIGHT INTENSITIES. I

The principal disadvantage of the macro-bending approach is in the high sensitivity of the scattered light intensity on the value of a fibre-bending radius. This is especially notable in wearable photonic textiles in which local textile structure, and hence fibre-bending radius, is prone to changes due to variable force loads during wear, thus resulting in 'patchy-looking,' non-uniformly luminescing fabrics. The main disadvantage of the scratching approach is the introduction of mechanical defects which result in weaker fibres. Moreover, particularly strong defects might appear and cause almost complete leakage of light at a few singular points, making the appearance of the photonic textile unappealing.

Recently discovered Photonic Band Gap (PBG) fibres have been demonstrated to exhibit many unusual optical properties, such as guidance in the low refractive index core, and wavelength filtering. In their cross section, such fibres typically contain either periodically arranged micron-sized air voids, or a periodic sequence of micron-sized layers of different materials. So far, the application of PBG fibres in textiles was only discussed in the context of distributed detection and emission of mid-infrared (IR) radiation (wavelengths in a 3-12mm range) for security applications; there the authors used PBG Bragg fibres made of transparent (mid-IR spectrum) chalcogenide glasses. Such fibres are, however, of limited use for textiles operating in the visible spectrum (wavelengths in the 0.38-0.75 mm range) due to the non-transparency of chalcogenide glasses, resulting in very high propagation loss (several dB/cm) and the overall metallic-orange colour of the fibres. In the visible spectral range, both silica and polymer-based PBG fibres have been recently demonstrated and, in principle, could be used for textile applications. Although some PBG fibres are now commercially available, their cost is in the hundreds of dollars per meter. Therefore, the cost of a textile based on such fibres would be prohibitively high, as even a modest area sample requires hundreds of meters of fibre. The utility of PBG fibres in the textile industry can only become significant if much cheaper fibre fabrication techniques would become available. To this end, our group has developed all-polymer PBG Bragg fibres using layer-by-layer polymer deposition, as well as polymer film co-rolling techniques, which are economical and suitable for industrial scale-up.

Solid core Bragg fibre (Fig. 1a) consists of a low refractive index core surrounded by a periodic sequence of high and low refractive index layers forming a Bragg reflector. For the fabrication of Bragg reflectors we use either polystyrene (PS)/poly(methyl methacrylate) (PMMA) or polycarbonate (PC)/poly(vinylene difluoride) (PVDF) material combinations with the corresponding refractive index contrasts of 1.6/1.48 and 1.58/1.4. As an example, in Fig. 1b we present a band diagram of the modes of a PMMA core fibre having a PMMA/PS periodic reflector with the individual layer thicknesses of 430 nm. Gray areas on the band diagram describe states delocalised inside of the reflector. Such states are effi-

nescence non homogène. L'inconvénient principal du molletonnage est l'introduction de défauts mécaniques venant réduire la résistance des fibres. En particulier, des défauts majeurs peuvent apparaître et entraîner une fuite de lumière presque complète à certains endroits, conférant au textile photonique une apparence terne.

Les fibres à bande photonique interdite, une découverte récente, se distinguent par plusieurs propriétés optiques inhabituelles, comme la réflexion à partir de leur cœur à faible indice de réfraction et le filtrage des longueurs d'onde. Une coupe transversale de ces fibres présente généralement une disposition de vides interstitiels microscopiques [10,11] ou une séquence périodique de couches microscopiques composées de matériaux variés [12, 13, 14]. Jusqu'à présent, l'utilisation de fibres à bande photonique interdite dans le domaine du textile était réservée à la détection et à l'émission de rayonnement infrarouge (IR) moyen (longueurs d'onde variant entre 3 et 12 mm) dans le domaine de la sécurité [12, 13]; dans ce cas, on fait appel à des fibres de Bragg à bande photonique interdite composées de verre de chalcogénure transparent à spectre infrarouge moyen. Toutefois, ce type de fibre présente des restrictions pour une utilisation textile dans le spectre du visible (longueurs d'onde de 0,38 à 0,75 mm), étant donnée l'opacité du verre de chalcogénure, ce qui cause des pertes de propagation importante (plusieurs dB/cm) et donne un ton orange métallique aux fibres [17]. Pour le spectre visible, la silice [15,16] et les fibres à bande photonique interdite à base de polymères [17] ont toutes les deux fait leurs preuves et, en principe, pourraient être utilisées pour

TEXTIFLEX

2050, POWER STREET
 DRUMMONDVILLE (QUEBEC) J2C 7V6
 TEL.: 819.477.0050
 FAX : 819.477.8011
 WWW.TEXTIFLEX@HOTMAIL.COM

**S•T•R•E•T•C•H YOUR IMAGINATION...
 AND YOUR BOTTOM LINE.**

CONTACT
 ROBERT NICOL
 1.800.963.0050

ciently irradiated out of the fibre on the imperfections at the air/cladding, reflector/cladding and intra-reflector interfaces. Narrow clear regions in Fig. 1b are the band gaps of a periodic reflector. Within the reflector band gaps, one finds discrete modes which are confined to the fibre core by a surrounding reflector. In the case of a large-core PBG Bragg fibre, the dispersion relation of the Gaussian-like fundamental core-guided mode (red solid line in Fig. 1b) is typically close, while somewhat above the light line (dashed line in Fig. 1b) of the core material. Propagation of such a low-loss mode within the fibre core can be envisioned as a sequence of consecutive bounces with shallow incidence angles at the core/reflector interface. Dispersion relations of the higher-order higher-loss core modes (not shown in Fig. 1b) are positioned further above the light line of the core material, while propagation of such modes within the fibre core is characterised by steeper incidence angles onto the core/reflector interface.

The key feature of bandgap guidance is wavelength filtering. In particular, when launching white light into a PBG fibre, only a particular colour defined by the spectral position of the low-loss modes within the reflector band gaps will be guided. All the other colours will be irradiated out of the fibre after only a few cm of propagation, as seen in the right inset in Fig. 1b. Moreover, because of the finite number of layers in the confining reflector, guided light partially leaks out from the fibre core, with a leakage rate that can be controlled by changing the number of reflector layers. The spectral position of the reflector bandgaps, and hence the guided colour, can be varied by changing the thicknesses of the reflector layers, with thicker layers shifting band gaps to longer wavelengths. In practical terms, layer thicknesses are varied by drawing geometrically-similar preforms to fibres of different diameters. The key advantage of the hollow-core PBG fibre technology for photonic textiles is, thus, in the ability of such fibres to emit any desired colour sideways with a designable emission rate without the need for any mechanical deformations.

Furthermore, under ambient (external) illumination, the PBG fibres appear coloured again (left inset in Fig. 1b). In reflection of ambient light, the colour of a Bragg fibre is mainly determined by the reflection properties of the fibre Bragg reflector under the normal light incidence ($b=0$ in Fig. 1b). From Fig. 1b, it follows that for the low refractive index-contrast Bragg fibres, the reflector band gap for normal incidence is typically located at a different spectral position than the reflector band gap that supports core-guided modes. Therefore, the fibre colour under ambient illumination is, typically, different from the fibre colour due to emission of the guided light. This opens an intriguing opportunity of tuning the overall fibre colour by controlling the relative intensities of the ambient and propagating light. A demonstration of the colour-changing concept is shown in Fig. 1c, where a ribbon of Bragg fibres is shown under ambient illumination only (reflected green), under an emission of guided light (red), and under both ambient illumina-

des applications textiles. Bien que certaines fibres à bande photonique interdite soient maintenant offertes sur le marché, leur coût se monte à quelques centaines de dollars le mètre. Ainsi, le coût de textiles fabriqués à partir de telles fibres serait quelque peu prohibitif, puisque même les échantillons les plus modestes nécessitent des centaines de mètres de fibres. L'utilité de fibres à bande photonique interdite dans l'industrie du textile pourrait être réelle uniquement si des techniques de fabrication de fibres plus économiques devenaient accessibles. Dans cette perspective, notre groupe a conçu des fibres de polymères Bragg à bande photonique interdite [14, 18] constituées de couches successives de polymères, avec co-laminage des films de polymères, techniques qui sont économiques et qui conviennent aux conditions du secteur industriel.

La fibre Bragg pleine (Fig. 1a) est composée d'un cœur à faible indice de réfraction entouré d'une séquence périodique de couches à indices de réfraction faibles et élevés, l'ensemble formant ainsi un réflecteur Bragg [19]. Pour la fabrication de réflecteurs Bragg, nous faisons appel soit à une combinaison de matériaux polystyrène (PS)/poly(méthyle méthacrylate) (PMAA) ou polycarbonate (PC)/poly(vinylène difluorure) (PVDF) offrant des contrastes d'indice de réfraction correspondant à 1,6/1,48 et 1,58/1,4. À titre d'exemple, sur la figure 1b, nous présentons un schéma des bandes de modes d'un noyau de fibre de PMMA disposant d'un réflecteur périodique de PMMA/PS avec couches individuelles d'une épaisseur de 430 nm. Les régions grises présentées sur le diagramme des bandes indiquent des états délocalisés à l'intérieur du réflecteur. De tels états sont émis vers l'extérieur de la fibre sur les imperfections qui se retrouvent aux interfaces air/gaine, réflecteur/gaine et intra-réflecteurs. Les régions claires et étroites sur la figure 1b indiquent les largeurs de bande d'un réflecteur périodique. À l'intérieur des largeurs de bandes de réflecteurs, nous retrouvons des modes distincts confinés au noyau de la fibre par un réflecteur adjacent. Dans le cas d'un large noyau de fibre de réseau de Bragg à bande photonique interdite, la relation de dispersion du mode fondamental gaussien de guidage par noyau (ligne rouge continue sur la figure 1b) est généralement fermée, bien que quelque peu au-dessus de la ligne d'éclairage (ligne pointillée) du matériel du noyau. La propagation d'un tel mode à faible perte à l'intérieur du noyau de la fibre pourrait être perçue comme une séquence de rebonds consécutifs présentant des angles d'incidence très faibles à l'interface noyau/réflecteur. Les relations de dispersion des modes du noyau d'ordre supérieur et d'ordre inférieur (non montrées à la Fig. 1b) sont placées plus haut au-dessus de la ligne de lumière du matériel du noyau, tandis que la propagation de tels modes à l'intérieur même du noyau de la fibre se distingue par des angles d'incidence plus importants au niveau de l'interface noyau/réflecteur.

La caractéristique principale du guidage de structure de bandes comporte le filtrage des longueurs d'onde. En particulier, lorsque la fibre à bande photonique interdite est exposée à une lumière blanche, seule une couleur définie au préalable par la position spectrale des modes à faible perte à l'intérieur des structures de bande du réflecteur sera guidée. Chacune des autres couleurs sera émise à l'extérieur de la fibre après

nation and light emission conditions. In the far field (defocused view), the resultant colour of a fibre ribbon appears yellow.

In Fig. 2 we present photographs of a textile sample which was created by weaving the PBG Bragg fibres into a matrix of white silk. About 200m of continuous coloured Bragg fibre was created in a single drawing. The fibre diameter was varied between 100 μ m-500 μ m during the production run to get the fibres of all colours. Average fibre propagation loss for the fabricated fibre batch was ~ 10 dB, depending on the fibre diameter.

The sample was hand woven on a Dobby loom and specific weave structures were used to place as much of the optical fibre as possible on the silk matrix, or ground cloth, so that the fibres could emit and reflect the maximum amount of light. As it is standard in textile manufacturing, several rows of tightly packed threads at the textile sides were used to hold the textile and fibres firmly together. Fibres on one end of a textile were extended outside of a sample for further connectorisation and light launching. Thus, fabricated photonic textile appears coloured and reflective when externally illuminated. When looked at more closely the textile exhibits coloured stripes made of fibres with similar diameters and coloration. Finally, when examined from even closer, one

seulement quelques centimètres de propagation, comme on peut le voir sur l'encart droit de la figure 1b. En outre, en raison du nombre restreint de couches à même le réflecteur, la lumière guidée s'échappe partiellement du noyau de la fibre, le taux de fuite pouvant être contrôlé en modifiant la quantité de couches de réflecteurs. La position spectrale de la structure de bande, et donc la couleur guidée, peuvent être changées en faisant varier l'épaisseur des couches de réflecteurs, des couches plus épaisses permettant de décaler les structures de bandes vers des longueurs d'onde plus importantes. De manière pratique, les épaisseurs des couches peuvent être changées grâce au dessin de préformes géométriquement similaires aux fibres de diamètres différents. L'avantage principal de la technologie à fibre creuse à bande photonique interdite dans le cadre de textiles photoniques est, de ce fait, la capacité de ces fibres à émettre latéralement toute couleur souhaitée avec un taux d'émission prédéfini et ce, sans devoir faire appel à des déformations mécaniques.

De surcroît, dans des conditions d'éclairage ambiant (externe), les fibres à bande photonique interdite apparaissent à nouveau colorées (Fig. 1b, encart de gauche). Dans le cas de la réflexion de lumière ambiante, la couleur d'une fibre Bragg est déterminée principalement par les propriétés réfléchissantes de son réflecteur sous incidence lumineuse normale ($b=0$ sur la figure 1b). La figure 1b illustre également que pour les fibres Bragg à faible indice de contraste de réfraction, la structure de bande du réflecteur pour incidence normale se retrouve généralement à une position spectrale qui diffère de la structure de



MATADOR

CONVERTERS CO. LTD. | CONVERTISSEURS CIE LTÉE

CERTIFIÉ
ISO 9001 : 2000
CERTIFIÉ

**YOUR NON-WOVENS
SOLUTION PROVIDER**

HOW CAN WE SERVE YOU?

**VOTRE FOURNISSEUR
DE SOLUTIONS EN NON-TISSÉS**

**COMMENT POUVONS-NOUS
VOUS SERVIR ?**

MONTREAL
TEL: 514 389-8221 • FAX: 514 389-3010

WINNIPEG
TEL: 204 632-6663 • FAX: 204 633-8826

MATADOR CONVERTERS CO. LTD., produces innovative non-woven textiles, in Canada, since 1945. Our Montreal head office and factory and our second facility in Winnipeg competitively supplies Canada from coast to coast as well as exports to the United States. Multiple technologies allow us to supply unique products to more than 18 different Industries.

POWDERFILL® · EARTHWRAP® · THERMOLITE®:
Apparel Insulation Brands

BONDELIN® · THERMAL BOND · RESIN BOND:
Furniture and Home Furnishings

NOMEX® · MODACRYLIC · F/R VISCOSE · KEVLAR®:
Safety Apparel

GEOMAT®: Geotextile for Civil Engineering, Horticulture and Agriculture

DENSIFIBER: Densified Polyester foam replacement and Building Acoustics

AIR FILTRATION MEDIA UL (C) CLASS 1

THERMAL BOND: Household Wipes

NEEDLEPUNCH: Medical Use, Incontinence, Building Acoustics

MATADOR CONVERTISSEURS CIE LTÉE produit, au Canada, des textiles non-tissés innovateurs depuis 1945. Notre bureau chef et usine de Montréal ainsi que notre second emplacement à Winnipeg au Manitoba approvisionnent compétitivement le Canada d'un océan à l'autre et les exportations aux États-Unis. Une diversité de technologies nous permettent de fournir des produits uniques à plus de 18 industries.

POWDERFILL® · EARTHWRAP® · THERMOLITE®:
Marques d'Isolants Haute Performance pour vêtements

BONDELIN® · THERMOLIAGE · LIAGE PAR RÉSINE®:
Meuble et linge de maison

NOMEX® · MODACRYLIC · VISCOSE F/R · KEVLAR®:
Vêtements de sécurité

GEOMAT®: Géotextiles pour l'ingénierie civile, horticulture et agriculture

DENSIFIBRE: Polyester Densifié en remplacement de mousse synthétique et Acoustique du Bâtiment

Média pour Filtration de l'air UL (C) CLASS 1

THERMOLIAGE: Essuis-touts

AIGUILLETÉS: Usage Médical, Incontinence, Acoustique du Bâtiment

www.matador.ca

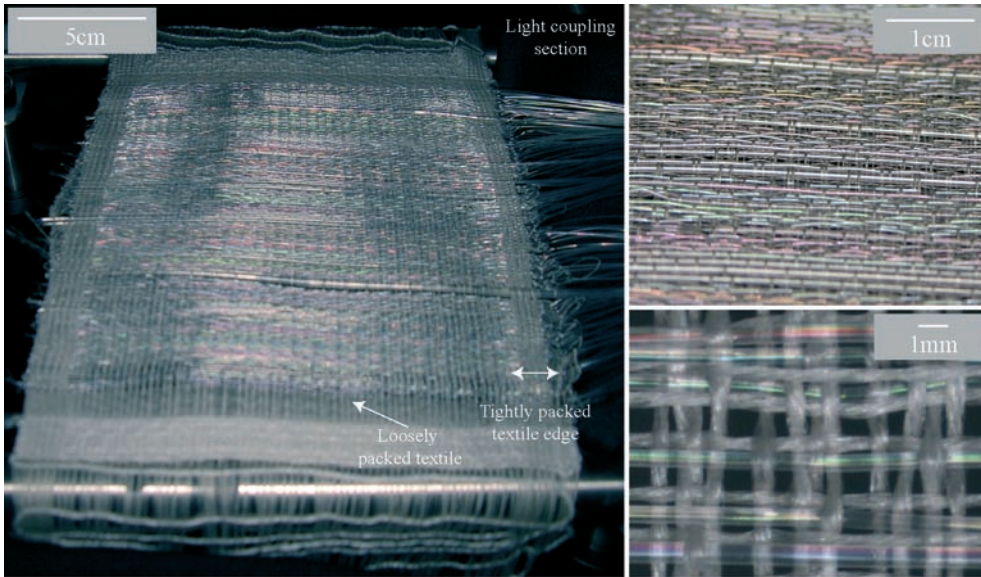
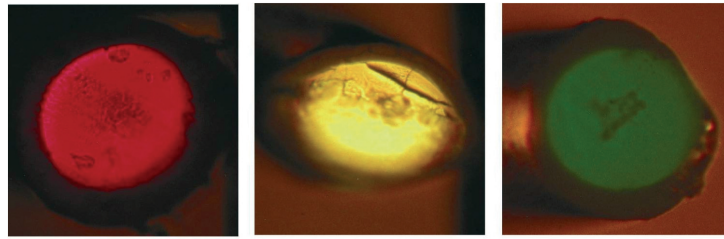


FIGURE 2. PBG BRAGG FIBRE-BASED PHOTONIC TEXTILE. WHEN EXTERNALLY ILLUMINATED, THE TEXTILE APPEARS REFLECTIVE, SHOWING STRIPES OF DIFFERENT COLOURS. WHEN LOOKED AT CLOSELY, THE COLOURED STRIPES ARE SEEN TO BE MADE OF FIBRES OF SIMILAR DIAMETERS; SUPPORTING SILK GROUND CLOTH IS VISIBLE THROUGH THE TRANSPARENT COLOURED FIBRES. | FIGURE 2. TEXTILE EN FIBRES DE RÉSEAU DE BRAGG À BANDE PHOTONIQUE INTERDITE. SOUMIS À UN ÉCLAIRAGE EXTERNE, LE TEXTILE PRÉSENTE DES BANDES RÉFLÉCHISSANTES DE COULEURS DIFFÉRENTES. EN REGARDANT DE PRÈS, ON NOTE QUE LES BANDES DE COULEURS SONT FAITES DE FIBRES DE DIAMÈTRES SIMILAIRES; LA TRAME APPARAÎT À TRAVERS LES FIBRES COLOREES TRANSPARENTES.

bande du réflecteur qui supporte les modes guidés par noyau. Ainsi, la couleur des fibres à lumière ambiante s'avère, généralement, différente de la couleur de la fibre par émission de lumière guidée. Cela ouvre la possibilité passionnante de régler d l'ensemble des couleurs des fibres en permettant le contrôle de l'intensité relative de la lumière ambiante et de la lumière de propagation. Le concept de changement de

couleur est illustré sur la figure 1c, où un ruban de fibres Bragg est présenté sous éclairage ambiant (réflexion du vert), sous émission de lumière guidée (rouge), et sous des conditions associant lumière ambiante et lumière guidée. Vue de loin (par vue défocalisée), la couleur résultante du ruban de fibres semble jaune.

Sur la figure 2, nous présentons des photographies d'échantillons de textiles qui furent créés en tissant des fibres Bragg à bande photonique interdite dans une matrice de soie blanche. Environ 200 mètres de fibres Bragg colorées continues furent créés en une seule pièce. Le diamètre de la fibre variait entre 100 µm et 500 µm au cours du cycle de production afin d'obtenir les fibres de chaque couleur. La perte de propagation moyenne des fibres pour l'ensemble de la fabrication était d'environ 10 dB/m dans la partie visible du spectre, tandis que la moyenne sur la fenêtre

numérique visible variait entre 0,15 et 0,38, en fonction du diamètre de la fibre.

L'échantillon fut tissé à la main sur un métier à tisser et des structures de tissage spécifiques furent utilisées afin de placer le maximum de fibres optiques sur la matrice de soie, qui sert de trame, afin que les fibres puissent émettre et réfléchir une quantité maximale de lumière. Conformément aux méthodes de fabrication de textile, plusieurs rangées de fils tissés de manière serrée furent employées en bordure du textile afin de maintenir fermement en place le textile et les fibres. Les fibres à l'une des extrémités du textile furent tirées au-delà de l'échantillon afin d'augmenter la faculté de connexion et l'émission de la lumière. À la lumière ambiante, les textiles photoniques fabriqués ainsi apparaissent colorés et réfléchissent la lumière. Vue de plus près, les textiles présentent des bandes de couleurs faites de fibres de diamètres et de couleurs similaires. Enfin, en regardant d'encore plus près, on peut distinguer une matrice de soie blanche visible à travers les fibres colorées semi-transparentes.

distinguishes a white silk matrix which is visible through the semi-transparent coloured fibres.

When launching white light into a textile sample (Fig. 3a), we note that light propagates easily through the coupling section containing mostly straight fibres, resulting in a collection of brightly lit fibres of every colour. At the textile edge (Fig. 3b), the fibres are held by rows of tightly packed silk threads, causing the thinner fibres to experience strong micro-bending and resulting in extensive light loss. In contrast, thicker fibres, which are less prone to bending, persist inside of the textile and light it up through the emission of guided colour. Finally, under ambient illumination the colour reflected by the textile (Fig. 3a left) mixes with the colour reflected from it, thus opening up the possibility of changing the textile colour by balancing the intensities of the guided and ambient light. ■

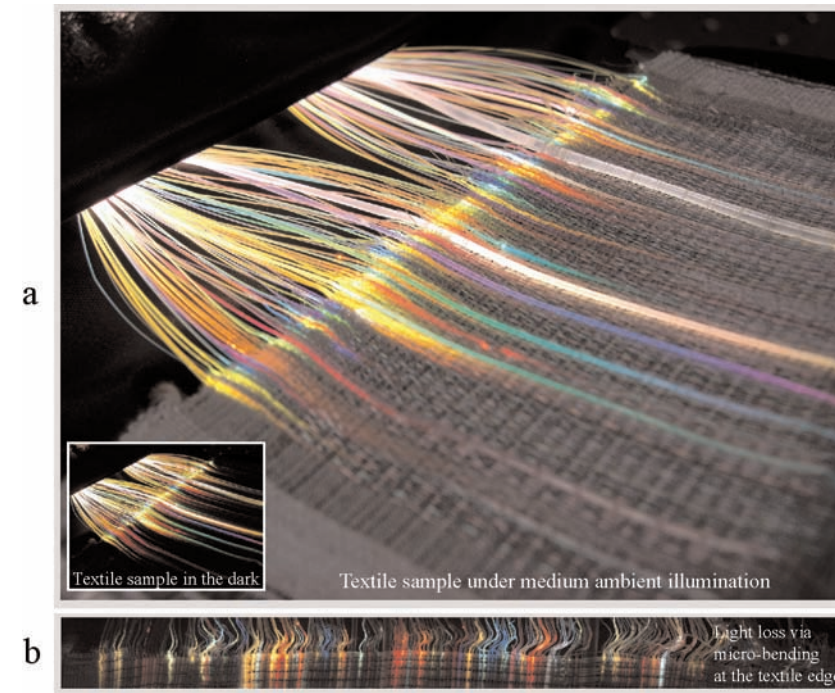


FIGURE 3. A) LAUNCHING LIGHT INTO A PBG FIBRE-BASED PHOTONIC TEXTILE UNDER MEDIUM AMBIENT ILLUMINATION AND IN THE DARK. B) AT THE TIGHTLY WEAIVED TEXTILE EDGE, STRONG RADIATION LOSS IS OBSERVED DUE TO MICRO-BENDING OF SMALL DIAMETER FIBRES. THICKER FIBRES PERSIST INTO TEXTILE WITHOUT TOO MUCH BENDING AT THE EDGE, THUS LIGHTING UP THE SAMPLE WITH THE GUIDED COLOUR. | FIGURE 3. A) ÉMISSION DE LUMIÈRE À TRAVERS UN TEXTILE À BASE DE FIBRES À BANDE PHOTONIQUE INTERDITE SOUS UN ÉCLAIRAGE AMBIANT MOYEN ET DANS L'OBSCURITÉ. B) EN BORDURE DU TEXTILE, LA OÙ UN TISSAGE SERRÉ A ÉTÉ EMPLOYÉ, UNE PERTE IMPORTANTE DE RAYONNEMENT EST OBSERVÉE EN RAISON DE LA MICROFLEXION DES FIBRES DE PLUS PETIT DIAMÈTRE. LES FIBRES PLUS ÉPAISSES DEMEURENT DANS LE TEXTILE SANS TROP DE FLEXION À LA BORDURE, ÉCLAIRANT AINSI L'ÉCHANTILLON DE LA COULEUR GUIDÉE.

En exposant l'échantillon de textile à une lumière blanche (Fig. 3a), il est possible d'observer que la propagation de la lumière est aisée à travers les sections de couplage contenant surtout des fibres droites, si bien qu'il en résulte une collection de fibres aux couleurs très lumineuses. Aux bordures du textile (Fig. 3b), les fibres sont maintenues en rangées de fils de soie tissés de manière serrée, les fibres plus minces subissant ainsi un plus haut degré de microflexion, entraînant par ce fait même une perte importante de lumière. En revanche, les fibres plus épaisses, moins soumises à la flexion, demeurent à l'intérieur du textile et l'illuminent par le biais d'émission de couleur guidée. Enfin, à la lumière ambiante, la couleur réfléchi par le textile (Fig. 3a) se combine à la couleur réfléchi par la lumière, offrant ainsi une possibilité de changement de la couleur du textile simplement en équilibrant les intensités des lumières guidée et ambiante. ■

LES PROGRAMMES D'APPRENTISSAGE EN MILIEU DE TRAVAIL

La gestion prévisionnelle de la main-d'œuvre d'expérience

GUIDE PRATIQUE Gestion des ressources humaines pour PME

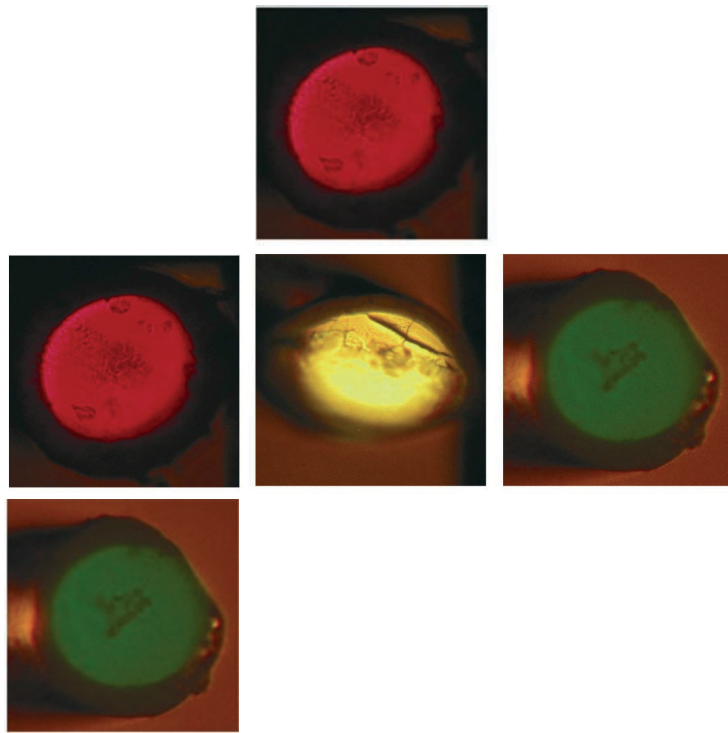
Faites le bon choix : misez sur votre équipe...

et profitez des services gratuits du CSMO Textile!

- Accompagnement pour l'implantation de programmes de gestion et de développement de votre personnel
- Journées de formation en GRH et en SST
- Aide-conseil pour vous diriger vers les bonnes ressources
- Organisation de visites d'entreprises
- Promotion du secteur et de ses carrières

Le saviez-vous? www.csmotextile.qc.ca 819 477-7910

Emploi Québec CSMO TEXTILE Comité sectoriel de main-d'œuvre de l'industrie textile du Québec



Sources :

Spigulis, J., Pfafrods, D., Stafekis, M. & Jelinska-Platace W. "The 'glowing' optical fibre designs and parameters." *Proc. SPIE* **2967**, 231-6 (1997).

<http://www.lumigram.com>

Selem, B., Rothmaier, M., Camenzind, M., Khan, T. & Walt, H. "Novel flexible light diffuser and irradiation properties for photodynamic therapy." *J. Biomedical Optics* **12**, 034024 (2007).

<http://www.lumitex.com/technologies.html>

Harlin, A., Mäkinen, A. & Vuorivirta, A. "Development of polymeric optical fibre fabrics as illumination elements and textile displays." *AUTEX Research Journal* **3**, (2003).

Balachandran, R.M., Pacheco, D.P. & Lawandy, N.M. "Photonic textile fibres." *Applied Optics* **35**, 91-1994 (1996).

Shapira, O., Kuriki, K., Orf, N.D., Abouraddy, A.F., Benoit, G., Viens, J.F., Rodriguez A., Ibanescu, M., Joannopoulos, J.D., Fink, Y. & Brewster, M.M. "Surface-emitting fibre lasers." *Opt. Express* **14**, 3929-3935 (2006).

Hatcher M. "France telecom debuts fiber screen." *Optics.org News*, Jul 2 (2002).

Koncar V. "Optical fibre fabric displays." *Opt. Photonics News* **16**, 40-4 (2005).

Knight, J.C., Birks, T.A. & Russell, R.S.J. & Rarity, J.G. "Bragg scattering from an obliquely illuminated photonic crystal fibre." *Applied Optics* **37**, 449-452 (1998).

Hart, S.D., Maskaly, G.R., Temelkuran, B., Prideaux, P.H., Joannopoulos, J.D. & Fink, Y. "External reflection from omnidirectional dielectric mirror fibres." *Science* **296**, 510-513 (2002).

Sources :

Spigulis, J., Pfafrods, D., Stafekis, M. et Jelinska-Platace W. « The 'glowing' optical fibre designs and parameters » [Conceptions et paramètres de la fibre optique « rayonnante »]. *Proc. SPIE* **2967**, 231-6 (1997).

<http://www.lumigram.com/>

Selem, B., Rothmaier, M., Camenzind, M., Khan, T. et Walt, H. « Novel flexible light diffuser and irradiation properties for photodynamic therapy » [Le nouveau diffuseur souple de lumière et ses propriétés irradiantes pour la thérapie photodynamique]. *J. Biomedical Optics* **12**, 034024 (2007).

<http://www.lumitex.com/technologies.html>

Harlin, A., Mäkinen, A. et Vuorivirta, A. « Development of polymeric optical fibre fabrics as illumination elements and textile displays » [Le développement des tissus en fibre optique polymère comme éléments d'éclairage et pour vêtements]. *AUTEX Research Journal* **3**, (2003).

Balachandran, R.M., Pacheco, D.P. et Lawandy, N.M. « Photonic textile fibres » [Les fibres textiles photoniques]. *Applied Optics* **35**, 91-1994 (1996).

Shapira, O., Kuriki, K., Orf, N.D., Abouraddy, A.F., Benoit, G., Viens, J.F., Rodriguez A., Ibanescu, M., Joannopoulos, J.D., Fink, Y. et Brewster, M.M. « Surface-emitting fibre lasers » [Lasers en fibres à émission de surface]. *Opt. Express* **14**, 3929-3935 (2006).

Hatcher M. « France Telecom debuts fiber screen » [France Télécom lance l'écran en fibres]. *Optics.org News*, Jul 2 (2002).

Koncar V. « Optical fibre fabric displays » [Types de tissus en fibre optique]. *Opt. Photonics News* **16**, 40-4 (2005).

Knight, J.C., Birks, T.A. & Russell, R.S.J. et Rarity, J.G. « Bragg scattering from an obliquely illuminated photonic crystal fibre » [Dispersion de Bragg à partir d'une fibre en cristal photonique éclairée latéralement]. *Applied Optics* **37**, 449-452 (1998).

Hart, S.D., Maskaly, G.R., Temelkuran, B., Prideaux, P.H., Joannopoulos, J.D. et Fink, Y. « External reflection from omnidirectional dielectric mirror fibres » [Réflexion externe à partir de fibres à miroir diélectrique omnidirectionnel]. *Science* **296**, 510-513 (2002).

Morikawa, K., Fujisawa, T., Saitoh, K. et Koshiba, M. « Transmission characteristics of laterally illuminated photonic crystal fibres » [Caractéristiques de transmission des fibres de cristaux photoniques sous éclairage naturel]. *IEICE Electronics Express* **3**, 70-73 (2006).

Benoit, G., Hart, S.D., Temelkuran, B., Joannopoulos, J.D. et Fink, Y. « Static and dynamic properties of optical micro-cavities in photonic bandgap yarns » [Les propriétés statiques et dynamiques des microcavités optiques dans les fils à bande photonique interdite]. *Advanced Materials* **15**, 2053-2056, (2003).

Morikawa, K., Fujisawa, T., Saitoh, K. & Koshiba, M. "Transmission characteristics of laterally illuminated photonic crystal fibres." *IEICE Electronics Express* **3**, 70-73 (2006).

Benoit, G., Hart, S.D., Temelkuran, B., Joannopoulos, J.D. & Fink, Y. "Static and dynamic properties of optical micro-cavities in photonic bandgap yarns." *Advanced Materials* **15**, 2053-2056, (2003).

Dupuis, A., Guo, N., Gauvreau, B., Hassani, A., Pone, E., Boismenu, F. & Skorobogatiy, M. "Guiding in the visible with 'colorful' solid-core Bragg fibres." *Opt. Lett.* **32**, 2882-2884 (2007).

Russell, P. St. J. "Photonic crystal fibers." *J. Lightwave Technol.* **24**, 4729-4749 (2006).

Vienne, G., Xu, Y., Jakobsen, C., Deyerl, H. -J., Jensen, J., Sorensen, T., Hansen, T., Huang, Y., Terrel, M., Lee, R., Mortensen, N., Broeng, J., Simonsen, H., Bjarklev, A. & Yariv A. "Ultra-large bandwidth hollow-core guiding in all-silica Bragg fibres with nano-supports." *Opt. Express* **12**, 3500-3508 (2004).

Argyros, A., Bassett, I., Eijkelenborg, M., Large, M., Zagari, J., Nicorovici, N.A., McPhedran, R. & Sterke, C.M. "Ring structures in microstructured polymer optical fibres." *Opt. Express* **9**, 813-820 (2001).

Gao, Y., Guo, N., Gauvreau, B., Rajabian, M., Skorobogata, O., Pone, E., Zabeida, O., Martinu, L., Dubois, C., Skorobogatiy M. "Consecutive Solvent Evaporation and Co-Rolling Techniques for Polymer Multilayer Hollow Fiber Preform Fabrication." *J. Mat. Res.* **21**, 2246-2254 (2006).

Johnson, S.G., Ibanescu, M., Skorobogatiy, M., Weiseberg, O., Engeness, T.D., Soljacic, M., Jacobs, S.A., Joannopoulos, J.D. & Fink Y. "Low-Loss Asymptotically Single-Mode Propagation in Large Core OmniGuide Fibers." *Optics Express* **9**, 748 (2001).

Author contributions

1. Department of Engineering Physics, École Polytechnique de Montréal.

2. MA Design for Textile Futures, Central Saint Martins College of Arts and Design, University of the Arts, Southampton Row, London, UK.

3. Department of Chemical Engineering, École Polytechnique de Montréal.

The research group at École Polytechnique de Montréal, Canada was responsible for the design and fabrication of PBG Bragg fibres, as well as the optical characterization of the photonic textile. The University of the Arts, London, UK group was responsible for weaving the textile sample from spooled Bragg fibres.

Dupuis, A., Guo, N., Gauvreau, B., Hassani, A., Pone, E., Boismenu, F. et Skorobogatiy, M. « Guiding in the visible with 'colorful' solid-core Bragg fibres » [Le guidage des fibres de Bragg à cœur solide « coloré » visible]. *Opt. Lett.* **32**, 2882-2884 (2007).

Russell, P. St. J. « Photonic crystal fibers » [Les fibres de cristaux photoniques]. *J. Lightwave Technol.* **24**, 4729-4749 (2006).

Vienne, G., Xu, Y., Jakobsen, C., Deyerl, H. -J., Jensen, J., Sorensen, T., Hansen, T., Huang, Y., Terrel, M., Lee, R., Mortensen, N., Broeng, J., Simonsen, H., Bjarklev, A. et Yariv A. « Ultra-large bandwidth hollow-core guiding in all-silica Bragg fibres with nano-supports » [Guidage des cœurs creux à grande largeur de bande dans les fibres de Bragg silicées avec nanosupports]. *Opt. Express* **12**, 3500-3508 (2004).

Argyros, A., Bassett, I., Eijkelenborg, M., Large, M., Zagari, J., Nicorovici, N.A., McPhedran, R. & Sterke, C.M. « Ring structures in microstructured polymer optical fibres » [Structures en anneau dans les fibres optiques microstructurées en polymères]. *Opt. Express* **9**, 813-820 (2001).

Gao, Y., Guo, N., Gauvreau, B., Rajabian, M., Skorobogata, O., Pone, E., Zabeida, O., Martinu, L., Dubois, C., Skorobogatiy M. « Consecutive Solvent Evaporation and Co-Rolling Techniques for Polymer Multilayer Hollow Fiber Preform Fabrication » [Évaporation des solvants et techniques de co-roulage dans la fabrication des préformes pour les fibres de polymères creuses multicouches]. *J. Mat. Res.* **21**, 2246-2254 (2006).

Johnson, S.G., Ibanescu, M., Skorobogatiy, M., Weiseberg, O., Engeness, T.D., Soljacic, M., Jacobs, S.A., Joannopoulos, J.D. & Fink Y. « Low-Loss Asymptotically Single-Mode Propagation in Large Core OmniGuide Fibers » [Propagation asymptotiquement monomode à faible perte dans les fibres omniguides à cœur épais]. *Optics Express* **9**, 748 (2001).

Contributions des auteurs

1. Département de génie physique, École Polytechnique de Montréal.

2. MA Design for Textile Futures, Central Saint Martins College of Arts and Design, University of the Arts, Southampton Row, London, UK.

3. Département de génie chimique, École Polytechnique de Montréal.

Le groupe de recherche de l'École Polytechnique de Montréal (Canada) fut chargé de la conception et de la fabrication des fibres Bragg à bande photonique interdite, ainsi que de la caractérisation du textile photonique. Le groupe de la faculté des arts du Central Saint Martins College of Arts and Design à Londres (Royaume-Uni), fut chargé du tissage de l'échantillon de textile à partir de fibres Bragg mises sur bobines.