POLYTECHNIQUE
MONTRÉAL

LE GÉNIE
EN PREMIÈRE CLASSE

# Textiles intelligents

École Polytechnique de Montréal

POLYTECHNIQUE
MONTRÉAL

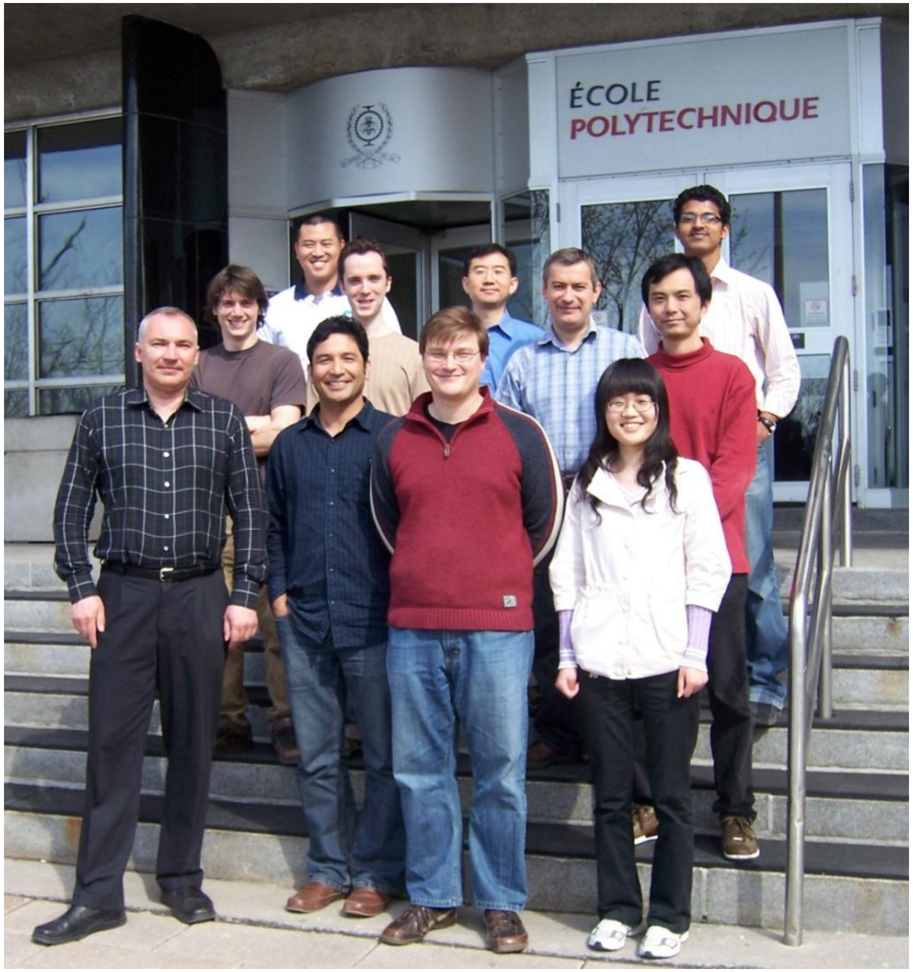
LE GÉNIE
EN PREMIÈRE CLASSE

# Groupe de recherche du Pr Maksim Skorobogatiy Génie Physique

www.photonics.phys.polymtl.ca

POLYTECHNIQUE
MONTRÉAL
LE GÉNIE
EN PREMIÈRE CLASSE

# Chaire de recherche du Canada en micro- et nano- photonique



- P$^{r}$ M. Skorobogatiy

- M.Sc . Gorgutsa (textiles intelligentes)

- Ph.D. A. Mazhorova
- Ph.D. A. Markov
- Ph.D. Q. Hang
- Ph.D. B. Ung
- Ph.D. Y. Guofeng
- PhD. J.-P. Bourgeois

- Stagiaires :
- V. Mittal
- M. Girard

Canada Research Chairs

NSERC
CRSNG

Fonds de recherche
sur la nature
et les technologies
Québec

ICIP
CIPI

POLYTECHNIQUE
MONTRÉAL

LE GÉNIE
EN PREMIÈRE CLASSE

UNIVERSITÉ
Concordia
UNIVERSITY

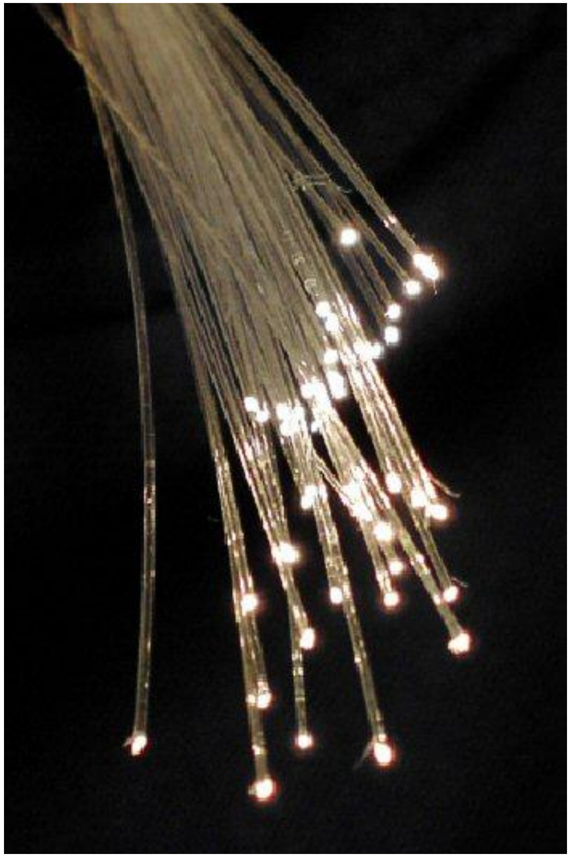
# Textiles Photoniques

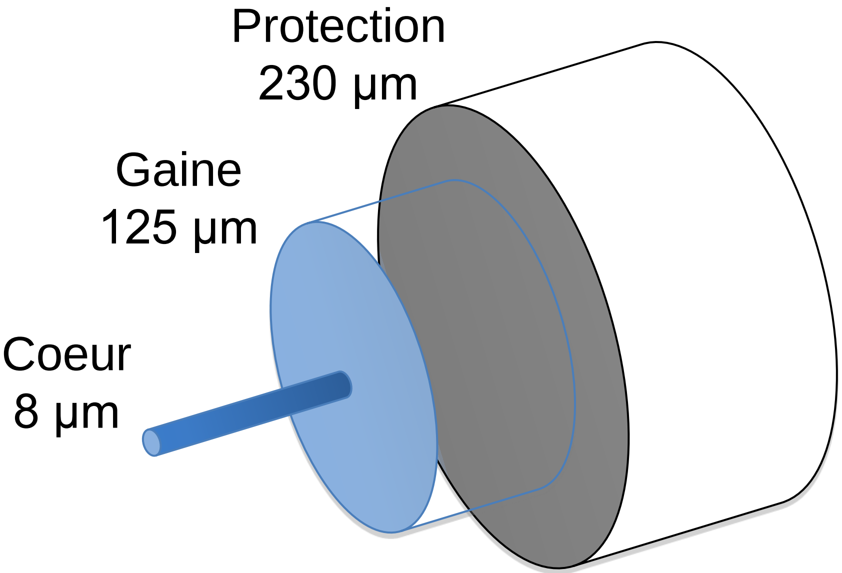
## Collaboration avec P$^{r}$ J.Berzowska*

*XS Labs, Université Concordia

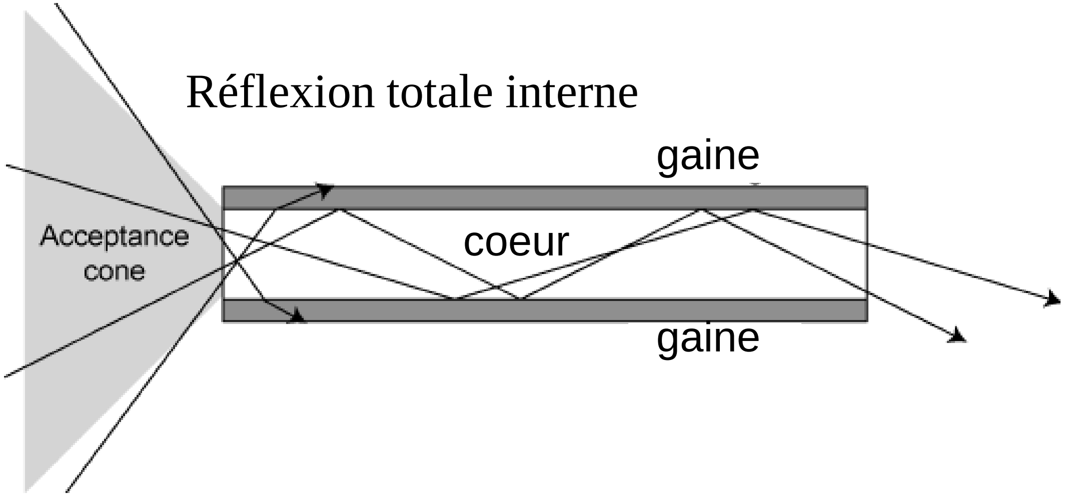
# Réflexion totale interne dans les fibres optiques

Guidage efficace dans le coeur de la fibre : la lumière ne s'échappe pas sur les côtés




Protection
230 μm
Gaine
125 μm
Coeur
8 μm

Réflexion totale interne

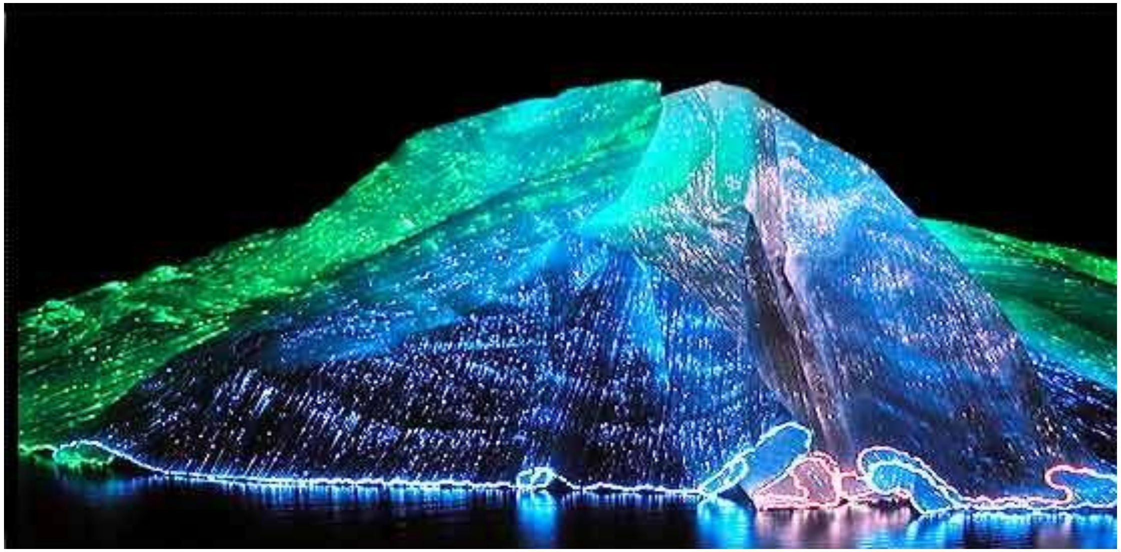

gaine
Acceptance
cone
coeur
gaine

# Examples de textiles à base de fibres optiques

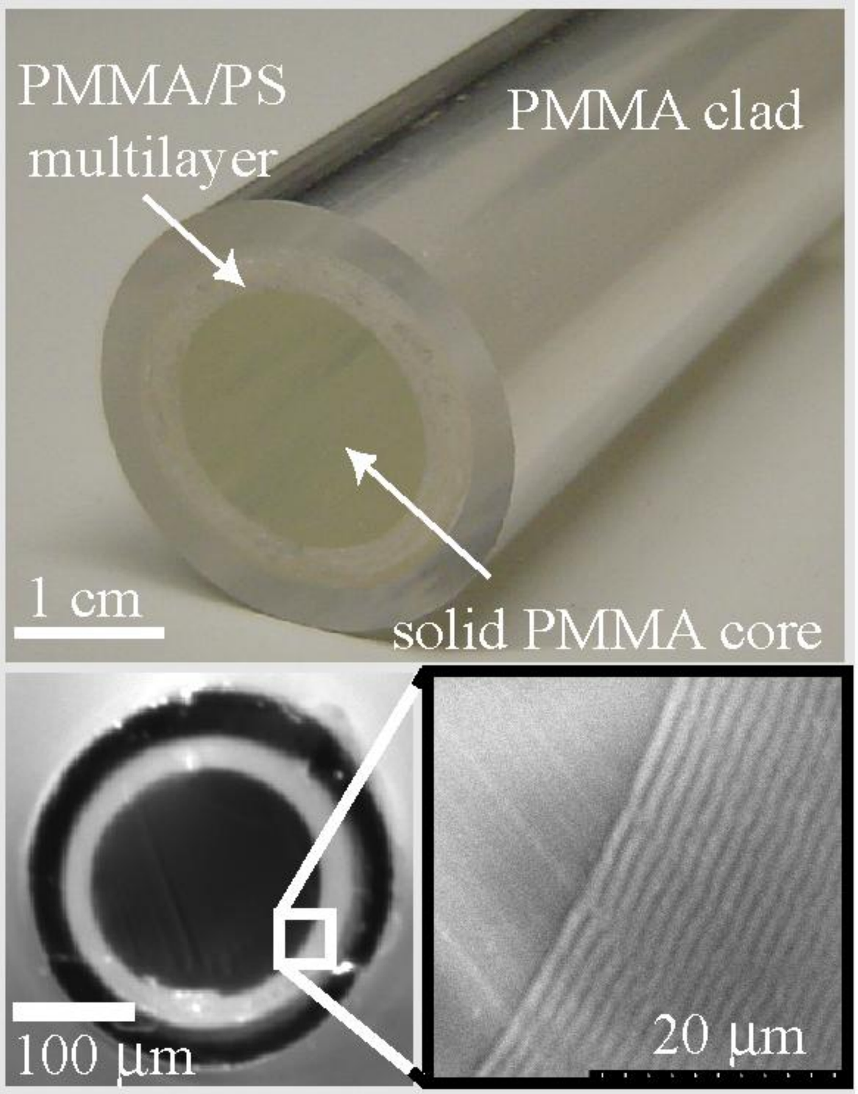
**Luminex**

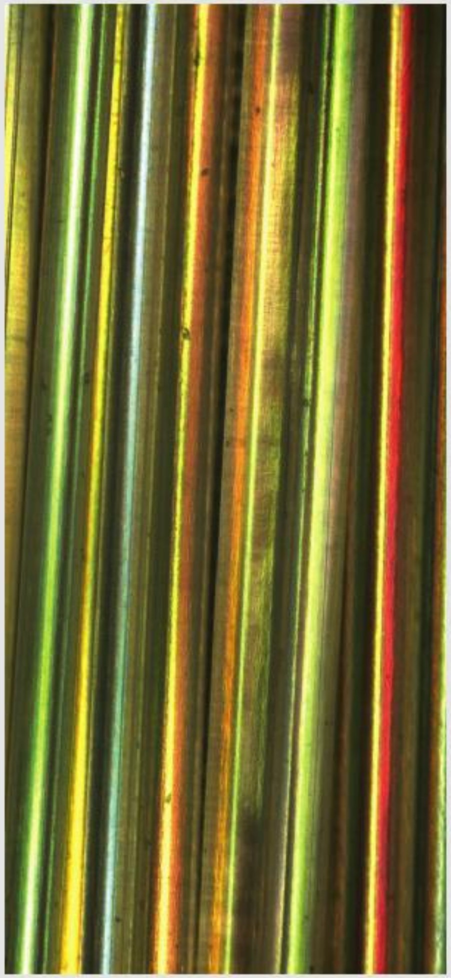
Luminex a créé des tissus qui incorporent des fibres optiques intégrées pour un effet décoratif.

Les fibres optiques sont tissées ensembles pour créer un textile synthétique, dont les extrémités se joignent en un point commun par lequel la lumière provenant d’une DEL est injectée. La lumière transmise est ré-irradiée le long des fibres jusqu’à leurs extrémités.

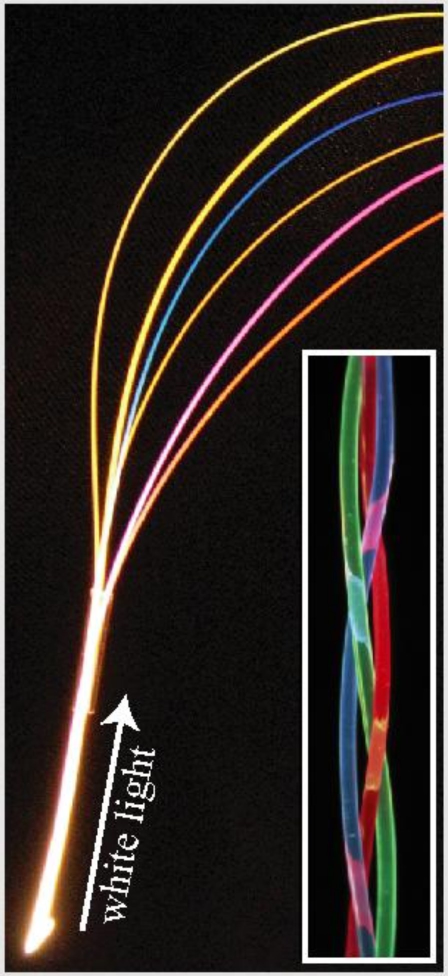


# Fibres plastiques "Arc-en-ciel"


PMMA/PS
multilayer
PMMA clad
1 cm
solid PMMA core
100 µm
20 µm



Réflexion de la lumière ambiante

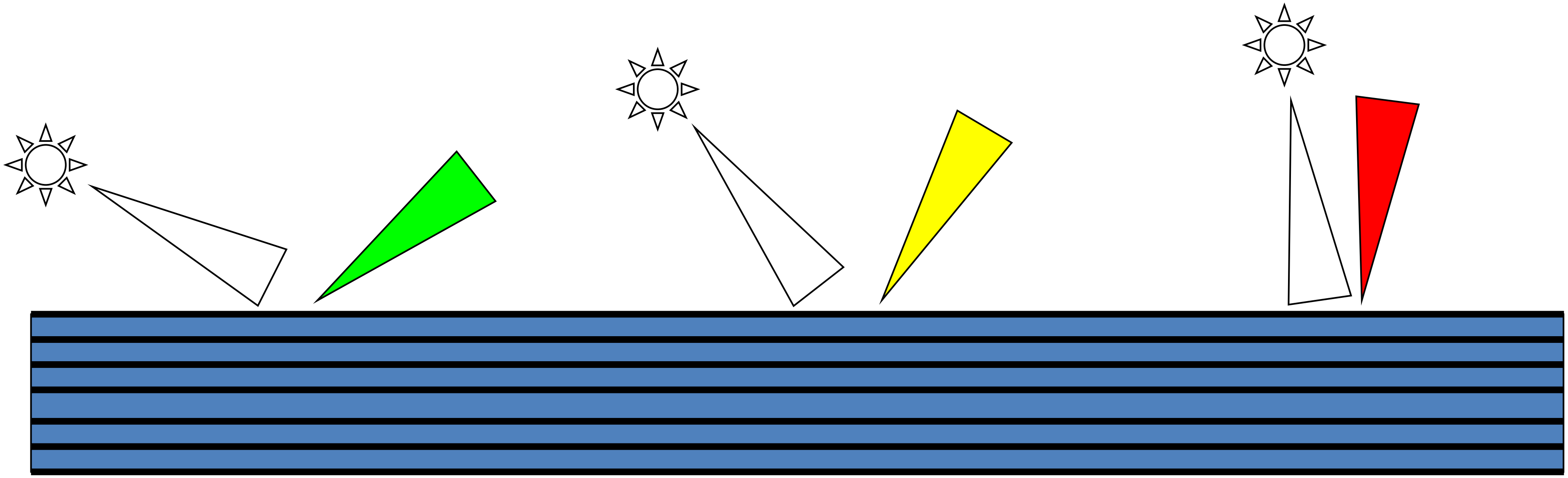

white light

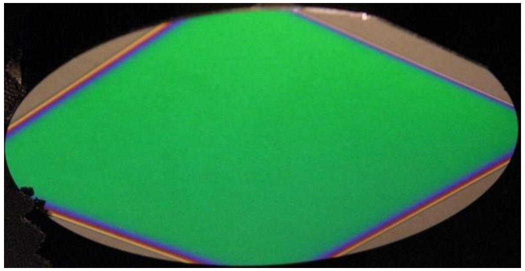
Émission de la lumière transmise

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

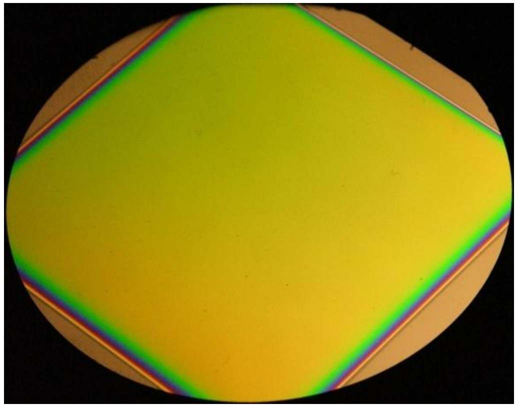
# Apparence (couleur) de la fibre en réflexion

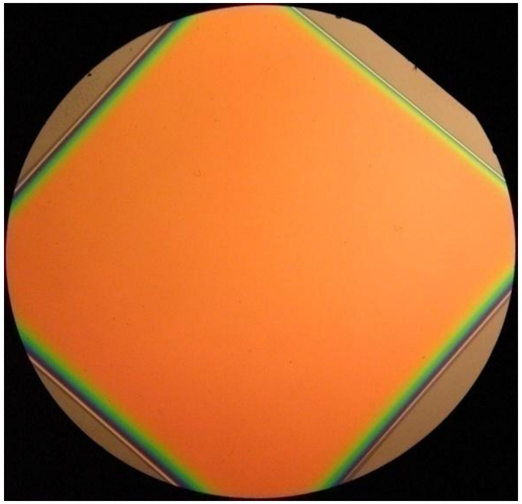
Les “miroirs” diélectriques multi-couches présentent différentes couleurs selon l’angle de vue





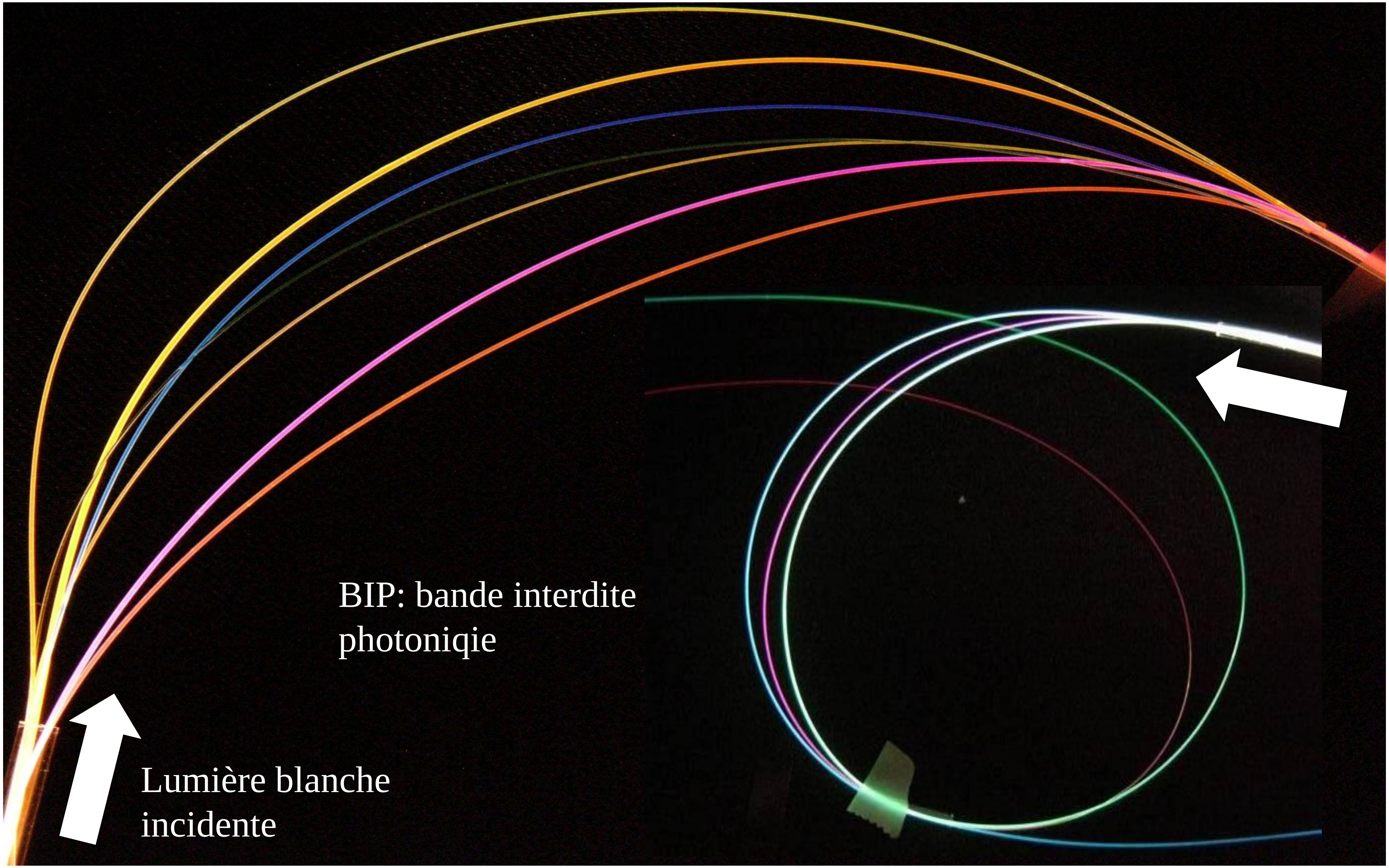
En régime de guidage dans la fibre





En réflexion ambiante

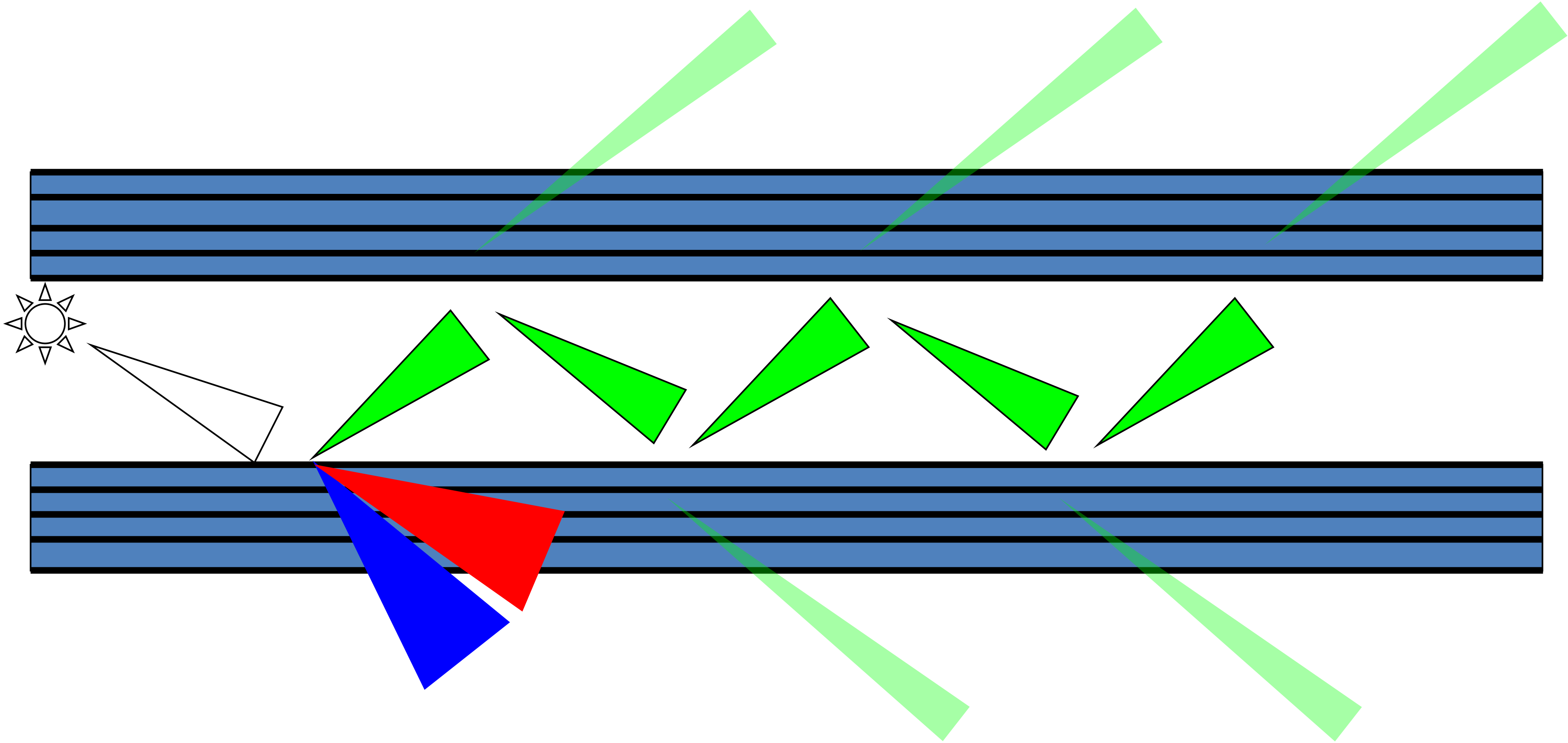
# Paquet de fibres à BIP pour applications en illumination colorée



BIP: bande interdite photoniqie

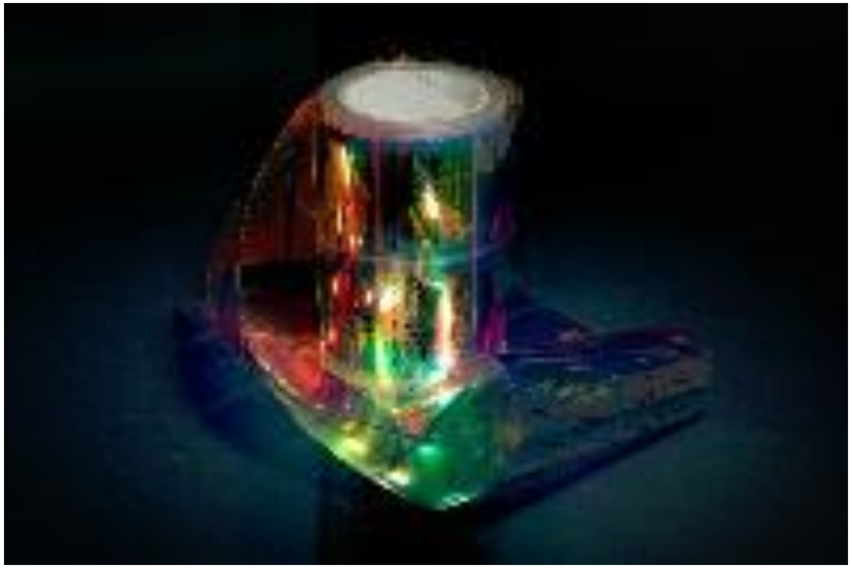
Lumière blanche incidente

# Pourquoi les fibres à BIP (cristaux photoniques) sont-elles colorées?

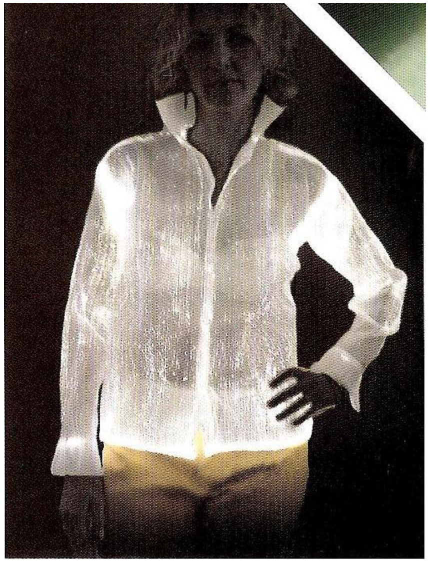


# Textiles de fibres à cristaux photoniques

Combinaison de films multi-couches interférentiels avec les textiles à base de fibres optiques



+

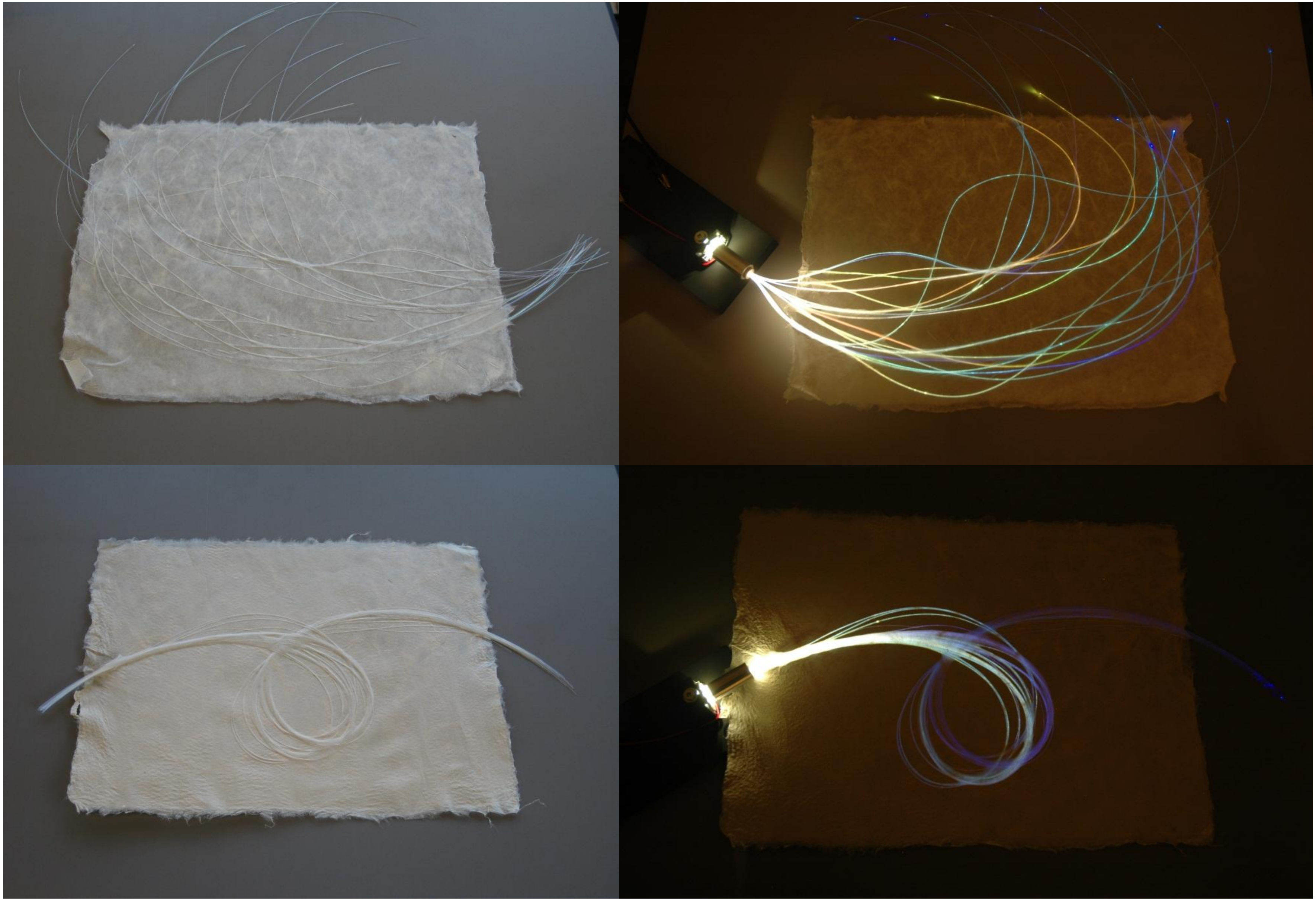


- Aucune déformation mécanique nécessaire pour extraire la lumière des fibres
- Utilise une seule source de lumière blanche pour les applications d’illumination
- Fibres fournissent la couleur “à la demande” sans besoin de pigments ou colorants
- Contrôle du type d’illumination via le design de la géométrie de la fibre
- En mode passif, les fibres présente une apparence changeante

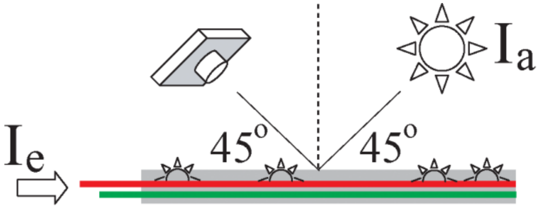
**Nature Photonics - Colour-tunable textiles, News and Views, Nov. 2008**

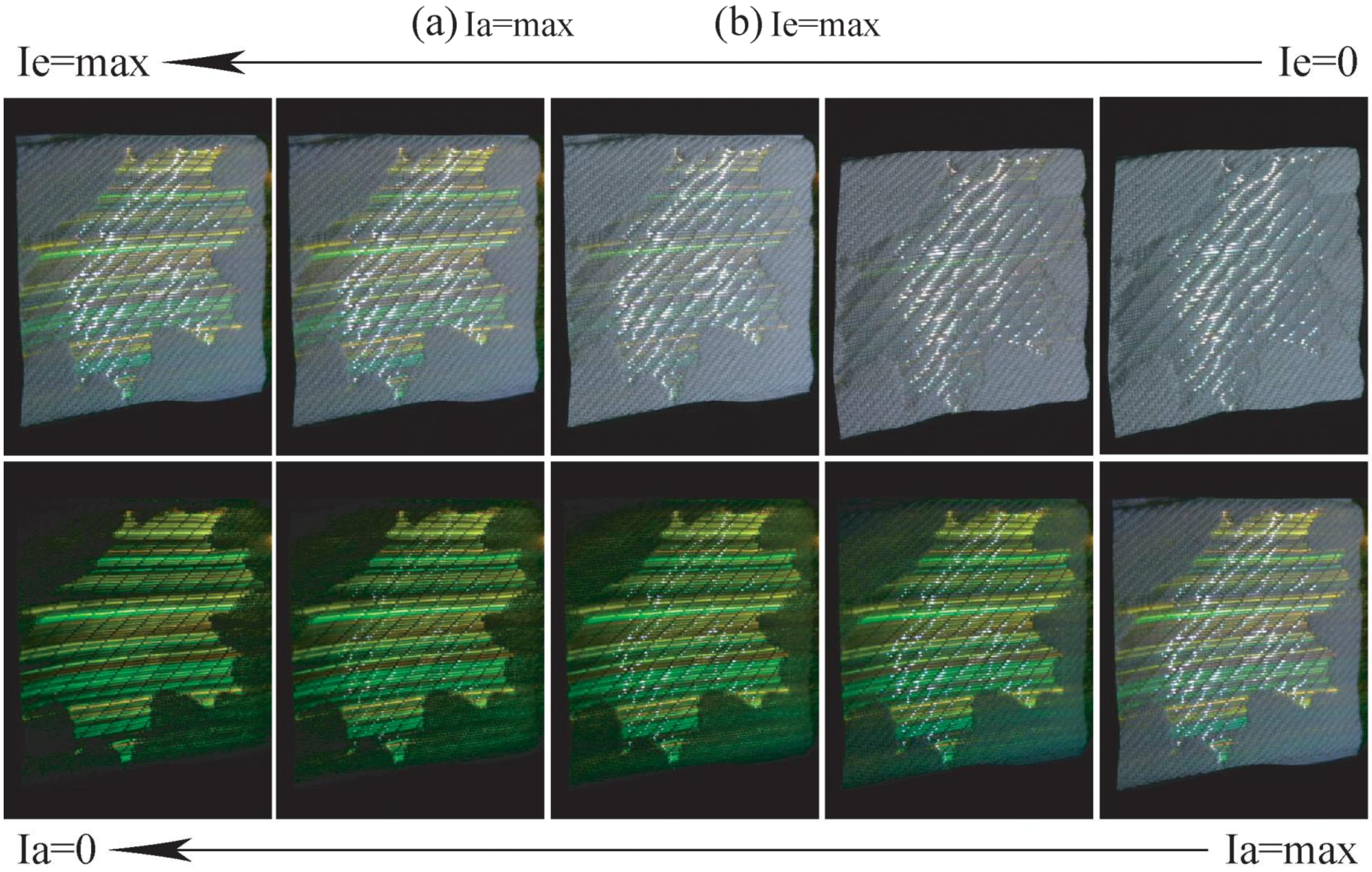
B. Gauvreau, N. Guo, K. Schicker, K. Stoeffler, F. Boismenu, A. Ajji, R. Wingfield, C. Dubois, M. Skorobogatiy, "Color-changing and color-tunable photonic bandgapfiber textiles," Opt. Express, Vol. 16, pp. 15677-15693 (2008).

# Illumination à base de papier

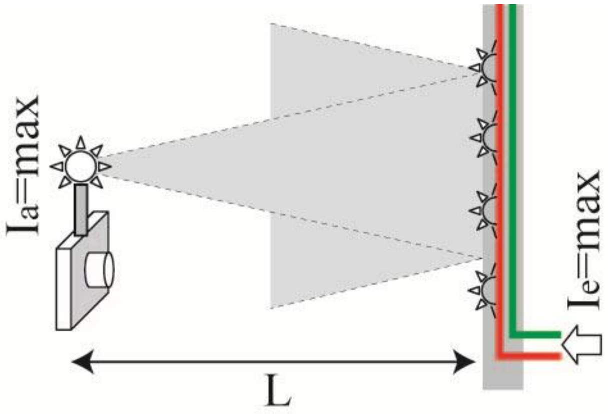


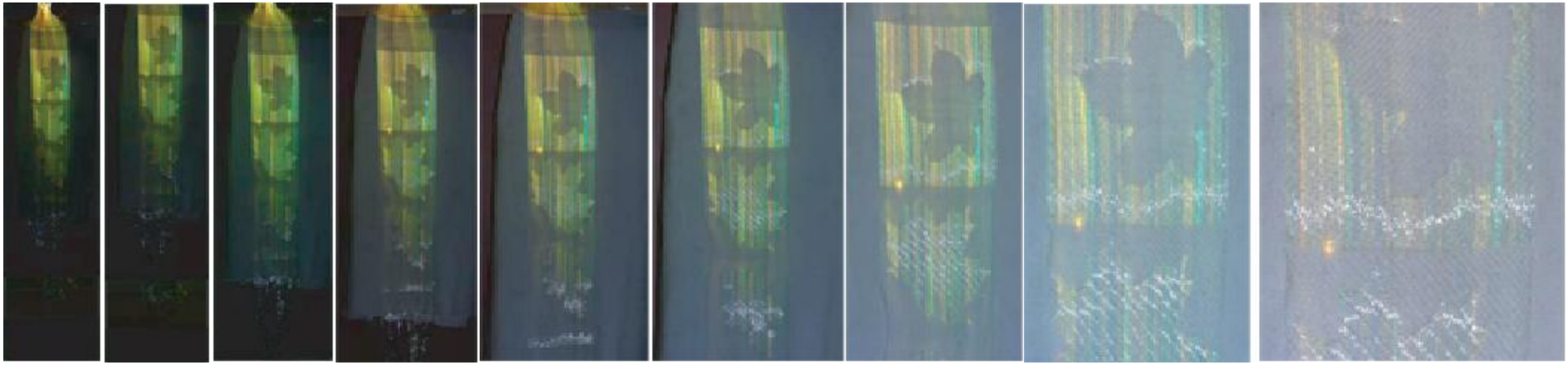
# Vêtement à apparence changeante




(a) Ia=max
(b) Ie=max
Ie=max
Ie=0
Ia=0
Ia=max

# Vêtement à apparence changeante





4.0m 3.5m 3.0m 2.5m 2.0m 1.5m 1.0m 0.5m

I. Sayed, J. Berzowska, and M. Skorobogatiy "Jacquard-woven photonic bandgap fiber displays," Research Journal of Textile and Apparel, vol. 14, p. 97 (2010)

POLYTECHNIQUE MONTRÉAL

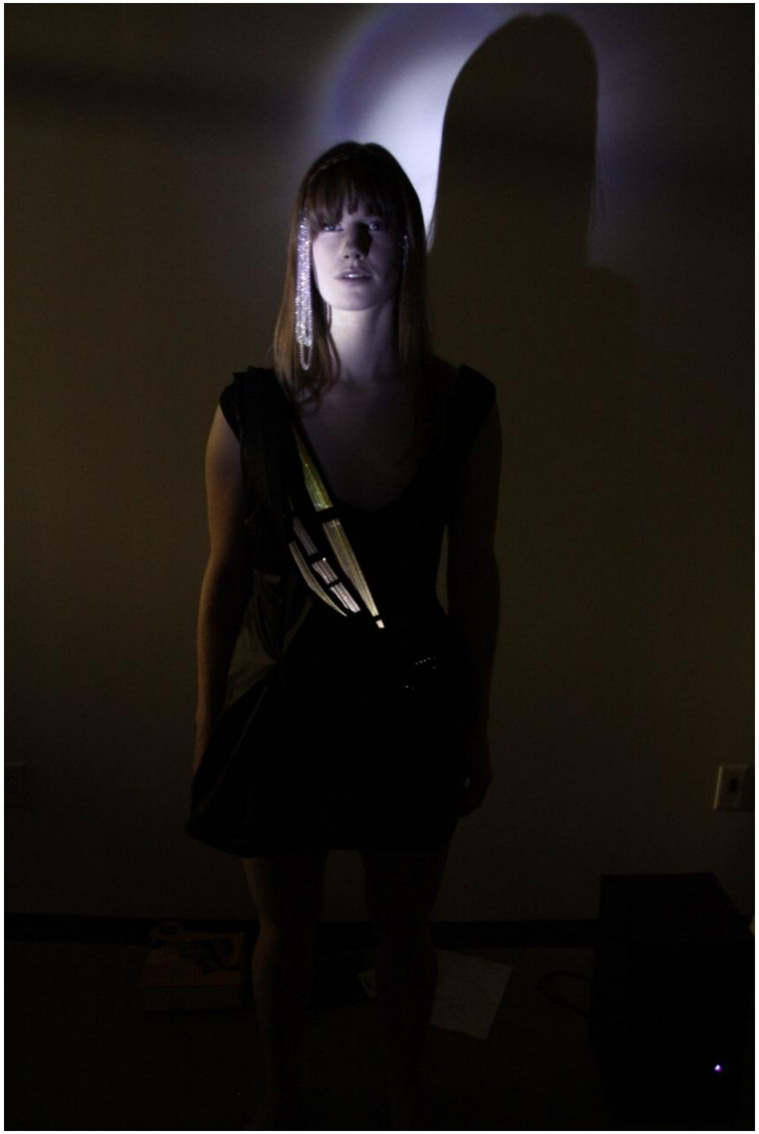
LE GÉNIE EN PREMIÈRE CLASSE

UNIVERSITÉ Concordia UNIVERSITY

# Accessoire interactif

Projet Karma Chameleon en collaboration avec le centre Hexagram, J. Berzowska, Université Concordia

Accessoire interactif composé de fibres à cristaux photoniques integrées au bandeau

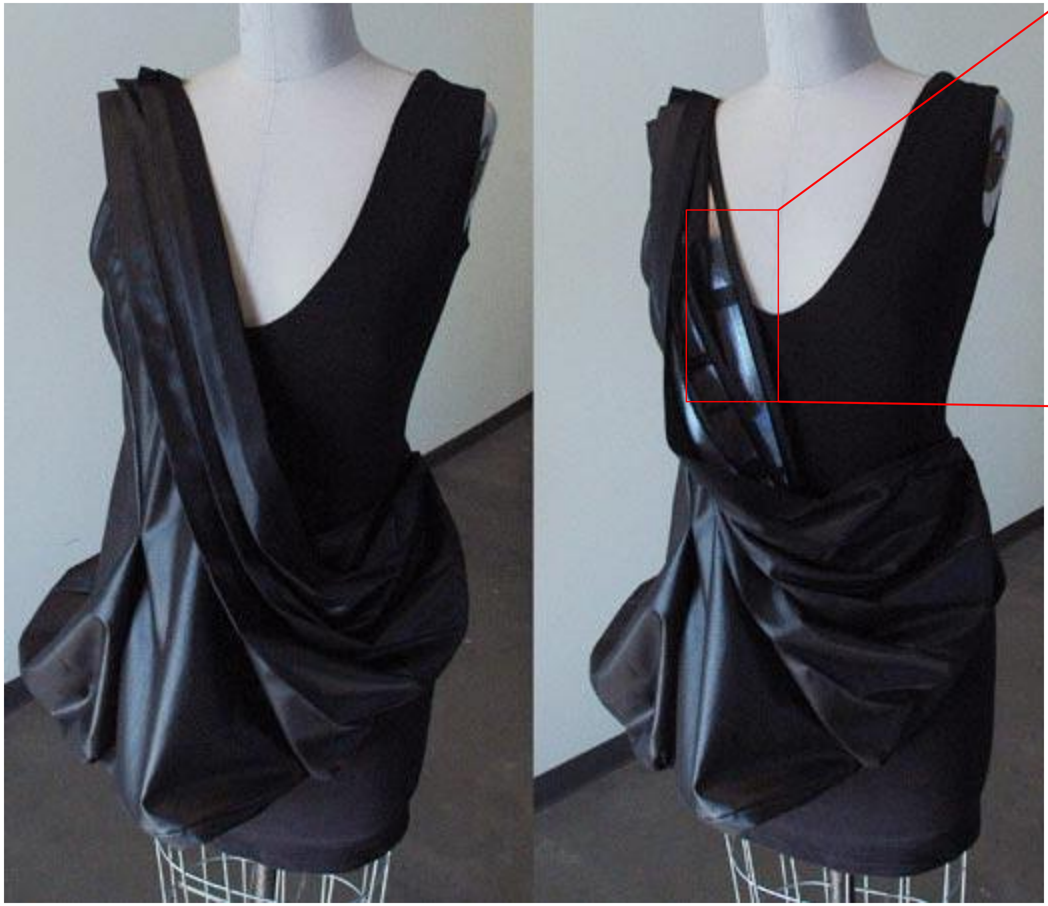


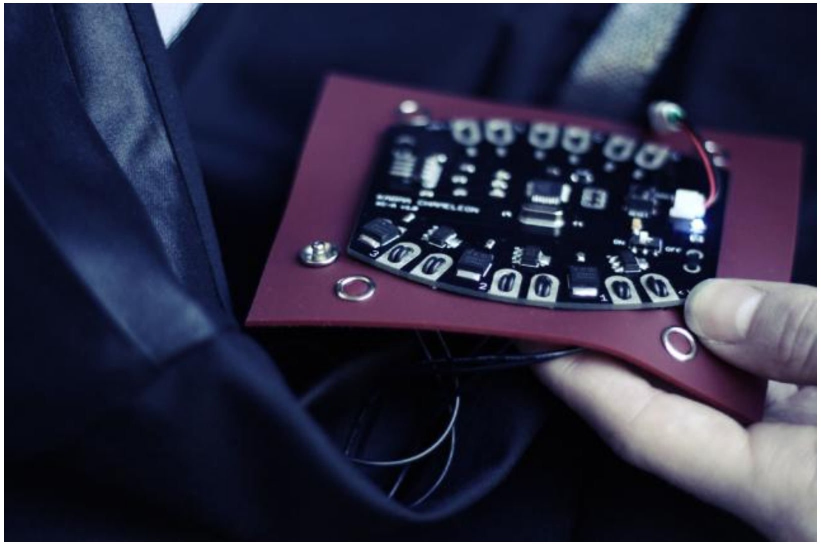
POLYTECHNIQUE
MONTRÉAL
LE GÉNIE
EN PREMIÈRE CLASSE

UNIVERSITÉ
Concordia
UNIVERSITY

# Accessoire interactif

Projet Karma Chameleon en collaboration avec le centre Hexagram, J. Berzowska, Université Concordia





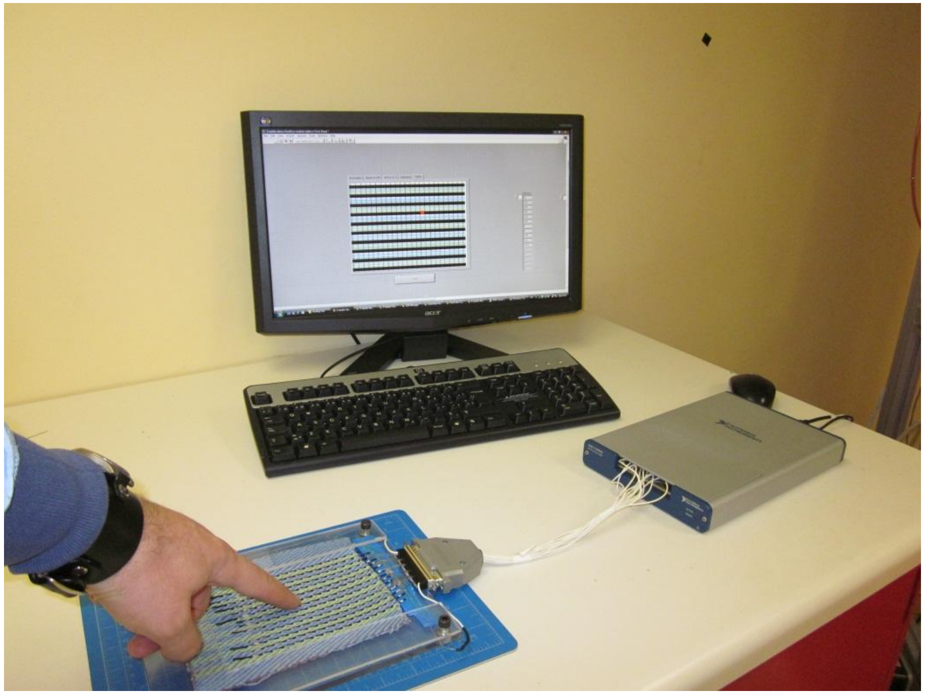
POLYTECHNIQUE
MONTRÉAL

LE GÉNIE
EN PREMIÈRE CLASSE

# Textiles Capacitifs

S.Gorgutsa, J.F. Gu and M. Skorobogatiy

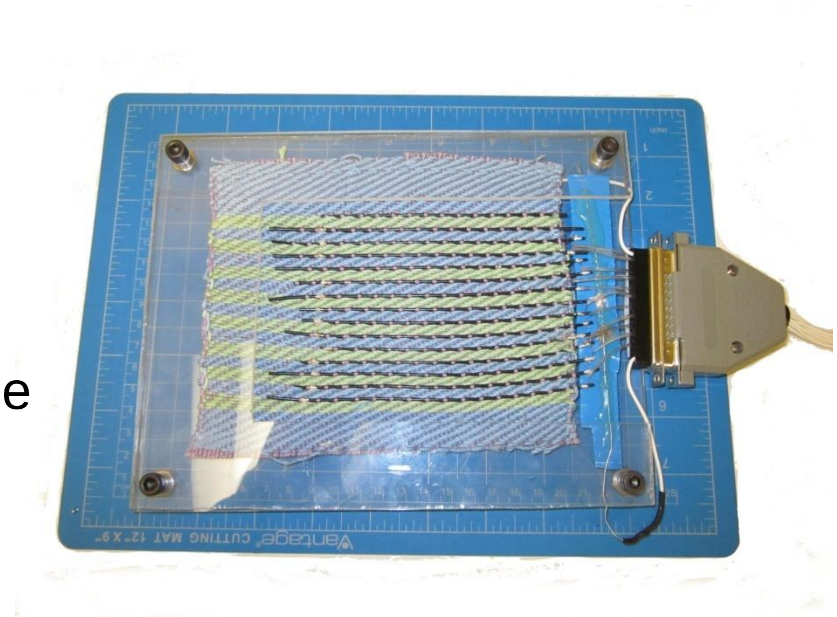
# Capteurs textiles



**Montage de démonstration:**

- Circuit convertisseur analogue-à-Digital avec générateur de fonction à 1 kHz
- Ordinateur

Textile prototype



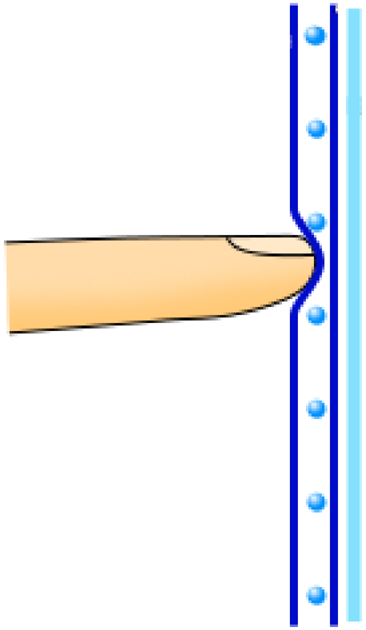
S. Gorgutsa, J.F. Gu and M. Skorobogatiy “A woven 2D touchpad sensor and a 1D slide sensor using soft capacitor fibers,” Smart Mater. Struct., vol. 21, 015010 (2012)

POLYTECHNIQUE
MONTRÉAL

LE GÉNIE
EN PREMIÈRE CLASSE

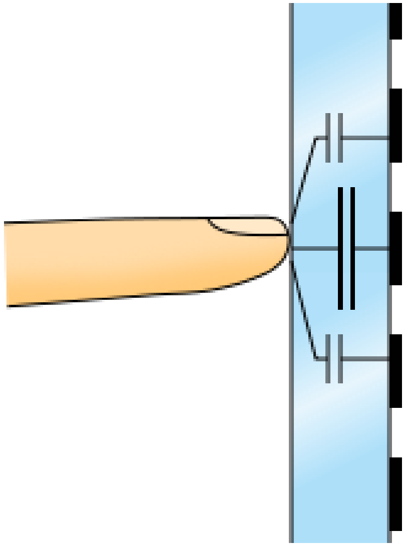
# Types de capteurs tactiles

Capteur résistif



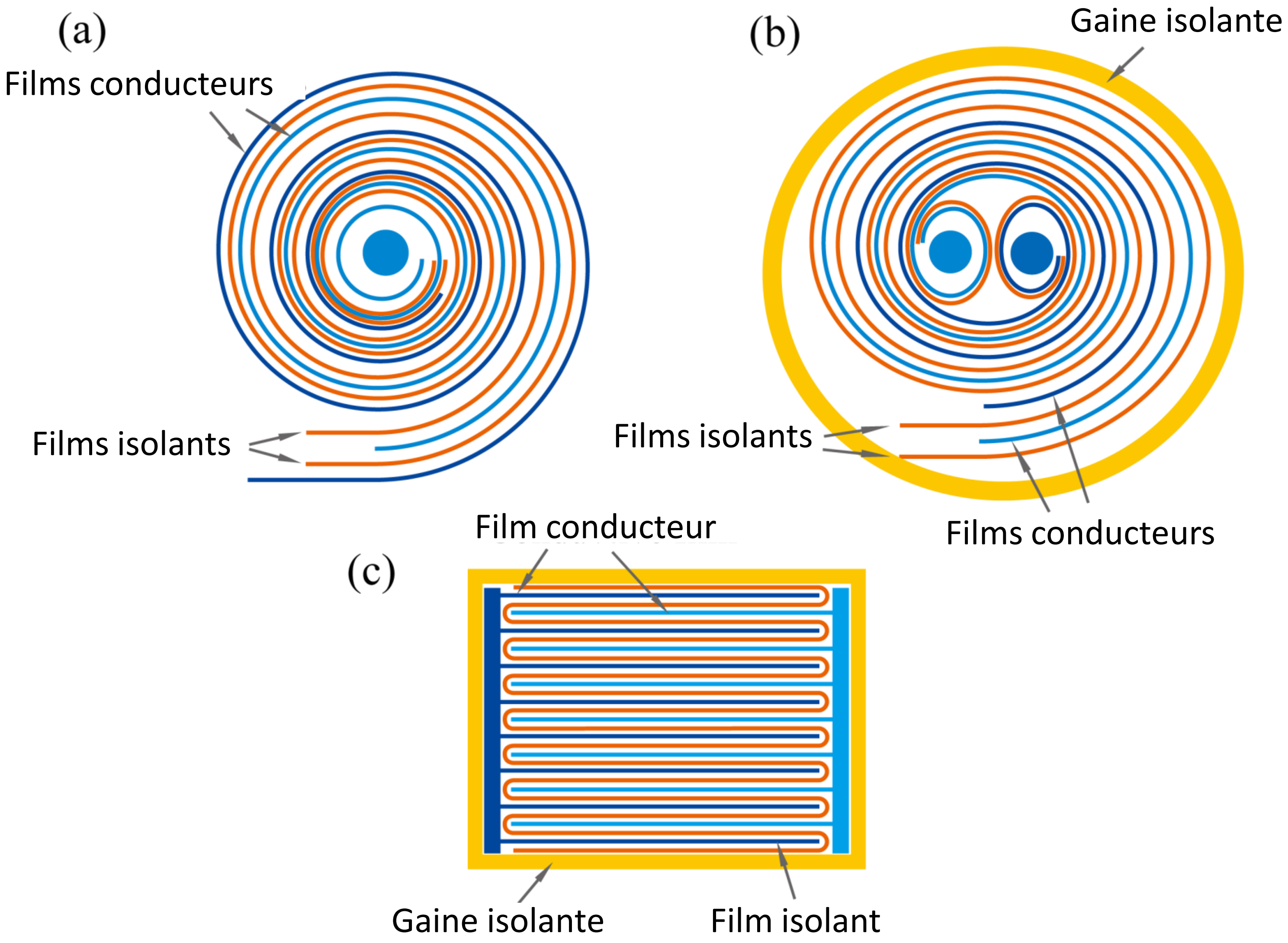
La pression du toucher
créé un contact électrique

Capteur capacitif



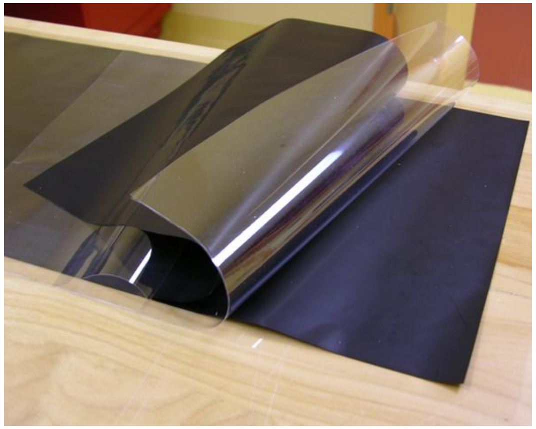
La capacité électrique du corps de
l’utilisateur modifie la capacité
effective du capteur

# Concept de fibre à haute capacité électrique


(a)
Films conducteurs
Films isolants
(b)
Gaine isolante
Films isolants
Films conducteurs
(c)
Film conducteur
Gaine isolante
Film isolant

# Fabrication des fibres capacitives

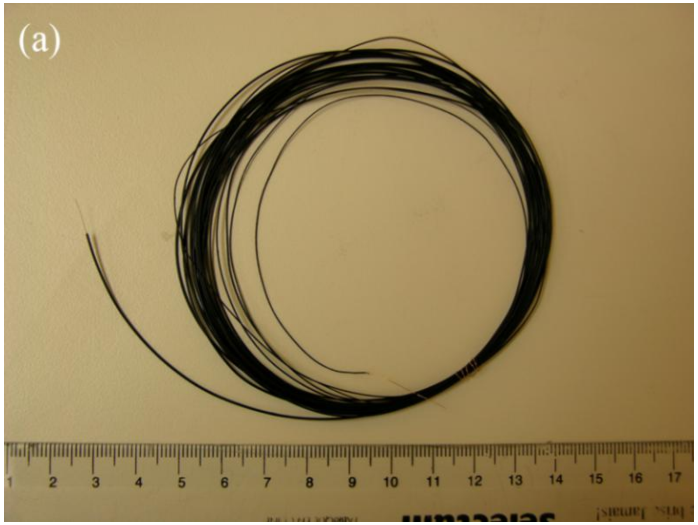
Co-enroulement



Consolidification

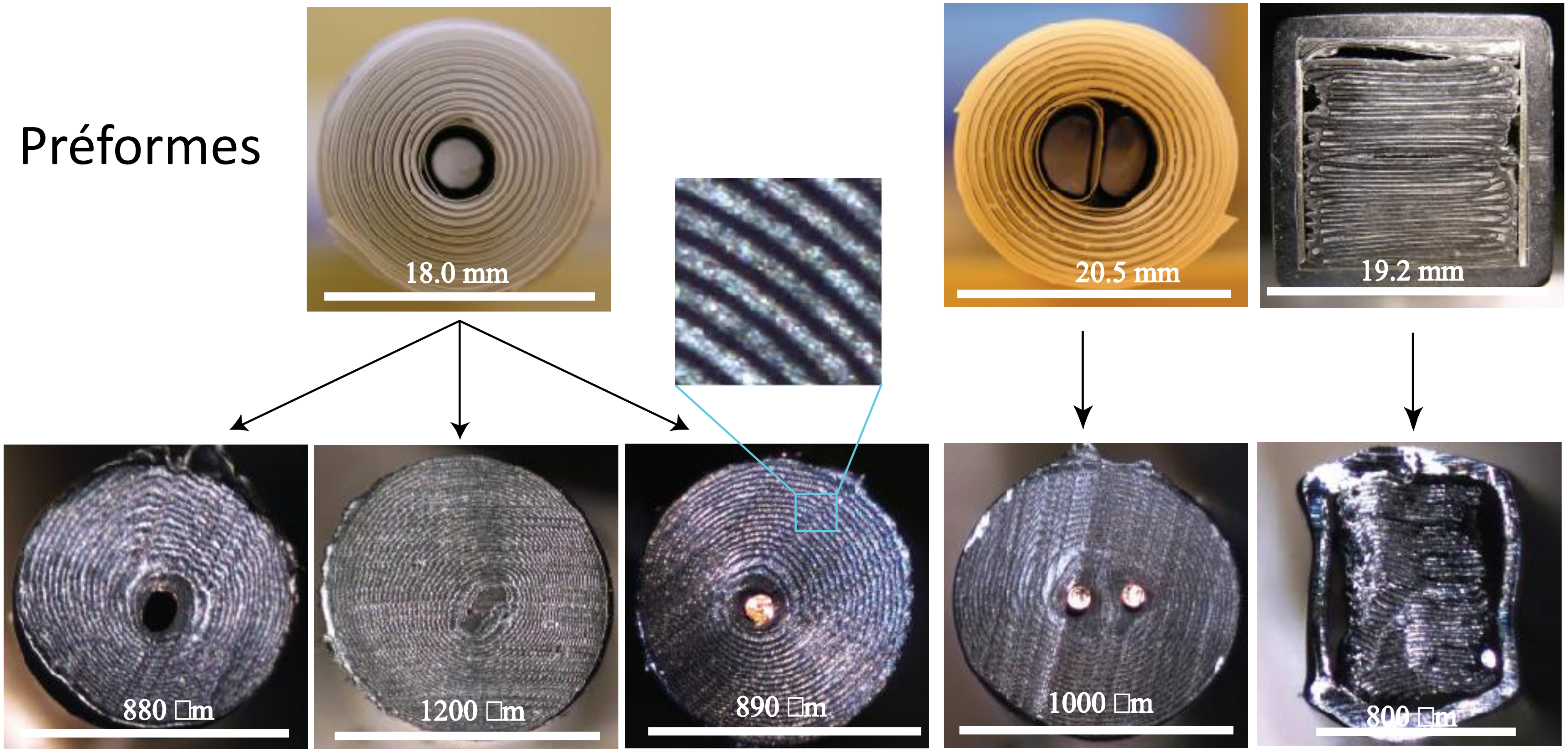
Étirage à haute température

- Flexible et léger
- Diamètre: 0.65 – 1 mm
- Capacité: 60 – 100 nF/m
- Resistivité: ~ 5kΩ·m


(a)
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17

# Connectivité des fibres capacitives

Préformes


18.0 mm
20.5 mm
19.2 mm
880 □m
1200 □m
890 □m
1000 □m
800 □m

(a) (b) (c) (d) (e)

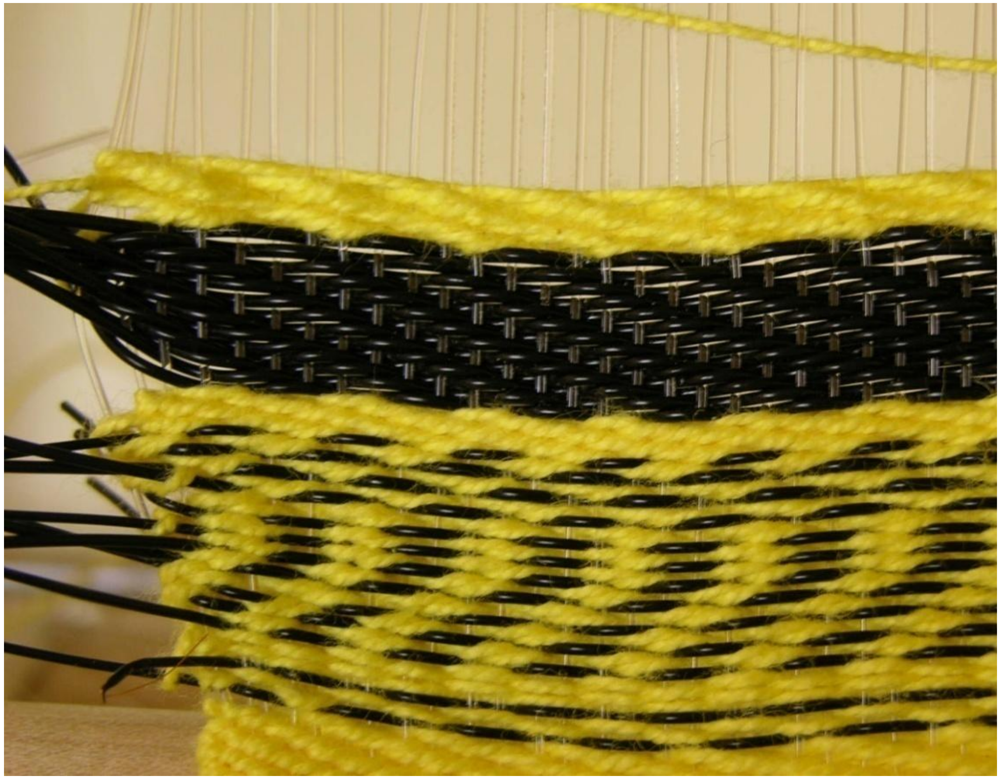
Fibers

J.F. Gu, S. Gorgutsa, and M. Skorobogatiy "Soft capacitor fibers using conductive polymers for electronic textiles," Smart Mater. Struct., vol. 19, 115006 (2010)

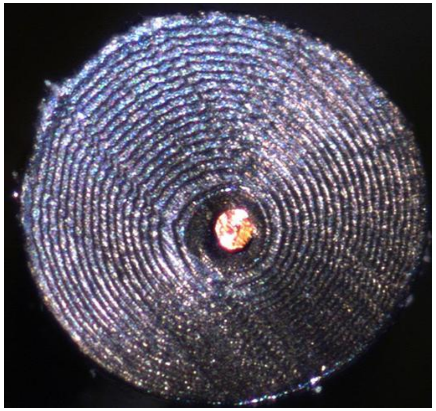
J.F. Gu, S. Gorgutsa, and M. Skorobogatiy "Soft capacitor fibers for electronic textiles," Appl. Phys. Lett., vol. 97, 133305 (2010)

# Intégration des fibres capacitives flexibles en tissus

tissage

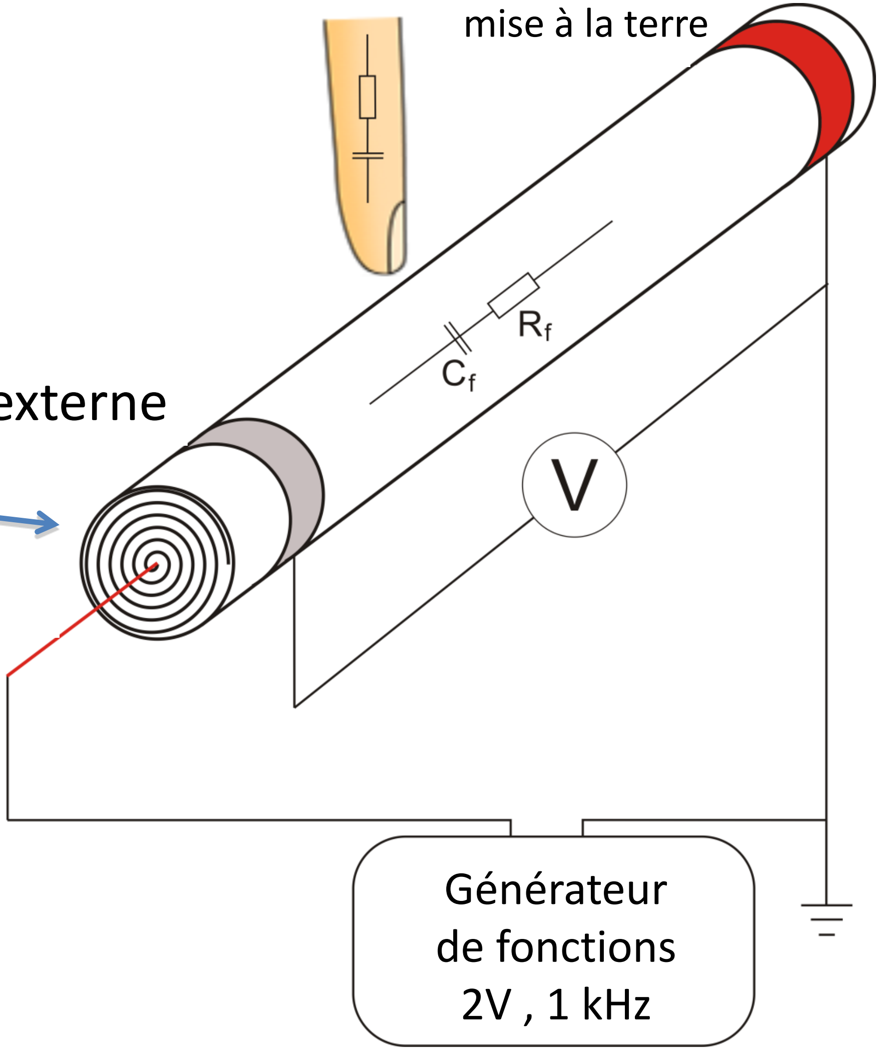


# Fibre capacitive en tant que capteur tactile



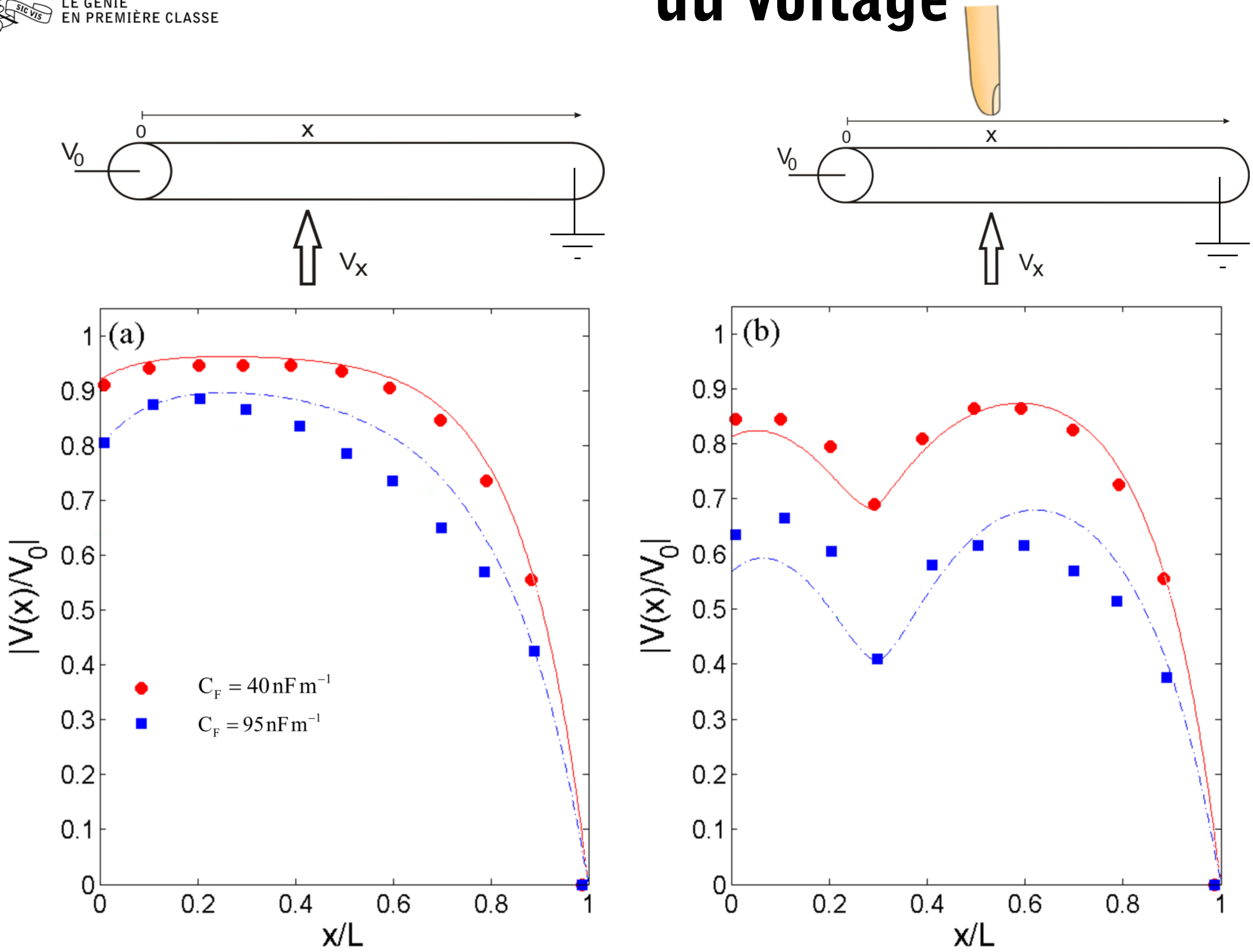
électrode externe

électrode interne


mise à la terre
$R_f$
$C_f$
V
Générateur
de fonctions
2V , 1 kHz

POLYTECHNIQUE MONTRÉAL
LE GÉNIE EN PREMIÈRE CLASSE

# Influence du toucher sur la distribution du voltage



Comparaison de la performance de deux fibres à capacité par unité de longueur différente.

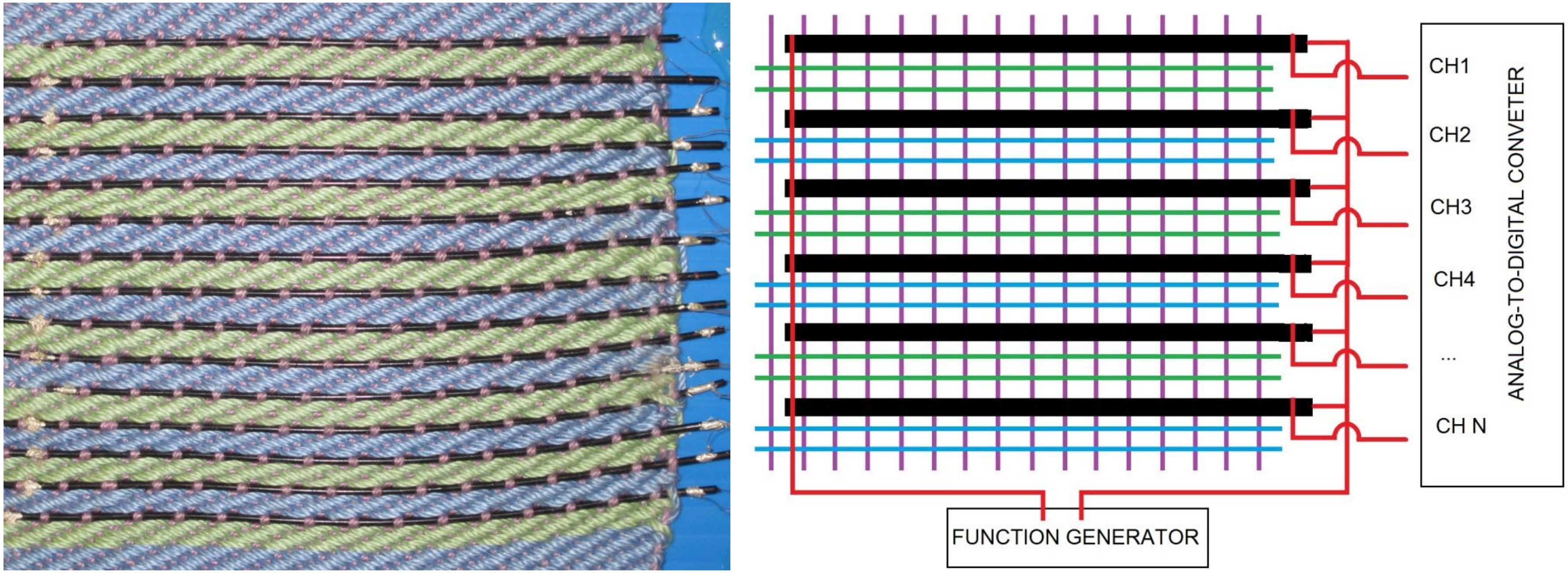
# Paramètres qui influencent la performance du capteur tactile

- Longueur de fibre
- Capacité par unité de longueur
- Resistivité volumique

$$\omega = \frac{1}{RC}$$

La haute capacité (100 nF/m) et resistivité volumique permettent une fréquence d’opération relativement basse ~ 1kHz

# Intégration de fibres capacitives en un tissu, pavé tactile


CH1
CH2
CH3
CH4
...
CH N
ANALOG-TO-DIGITAL CONVETER
FUNCTION GENERATOR

Textile capteur tactile 2D (pavé tactile) produit par l’intégration d’un réseau 1D de fibres capacitives, et leur représentation schématique

POLYTECHNIQUE
MONTRÉAL

LE GÉNIE
EN PREMIÈRE CLASSE

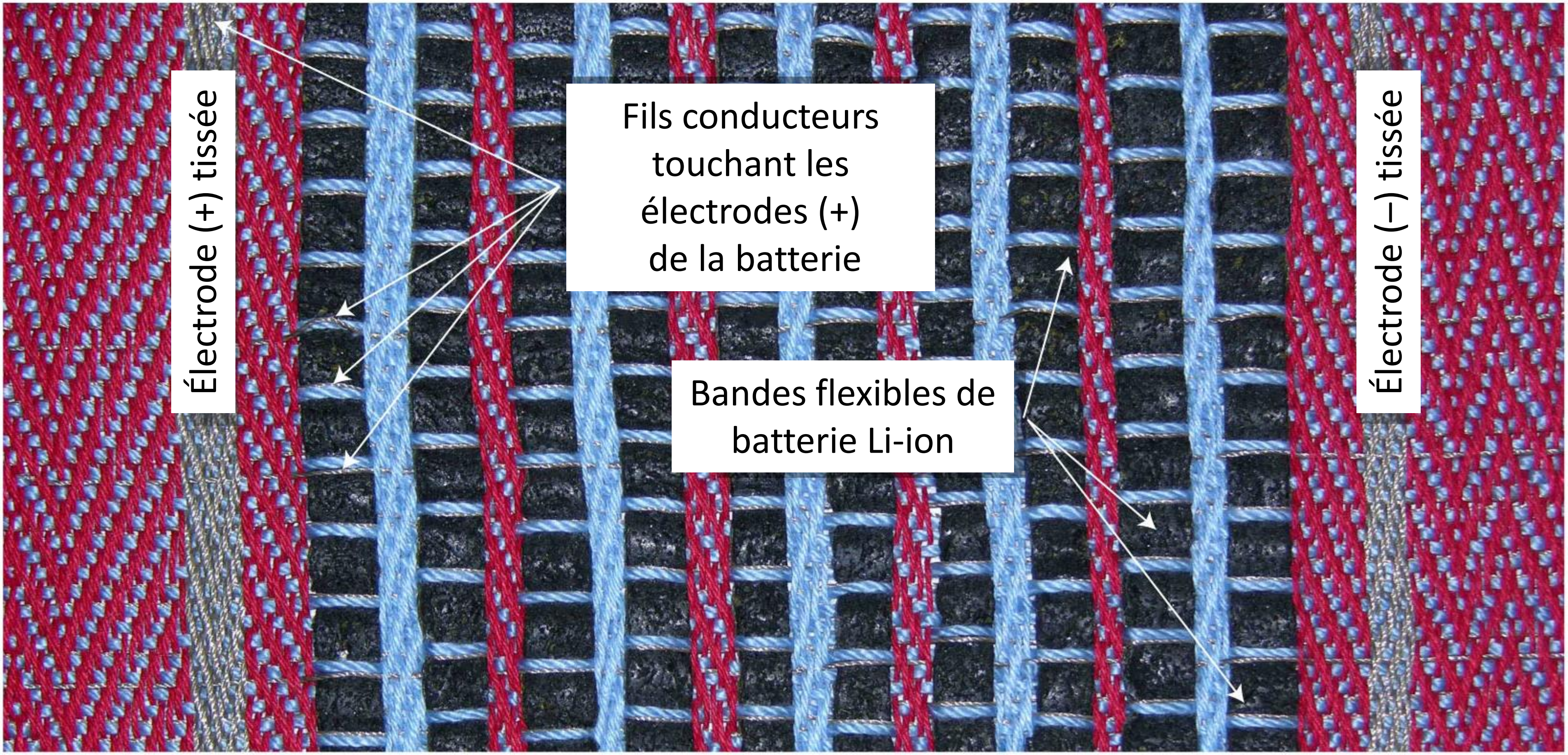
# Textiles pour stockage d'énergie

S.Gorgutsa, Y.Liu and M. Skorobogatiy

POLYTECHNIQUE
MONTRÉAL
LE GÉNIE
EN PREMIÈRE CLASSE

# Textiles pour le stockage d'énergie

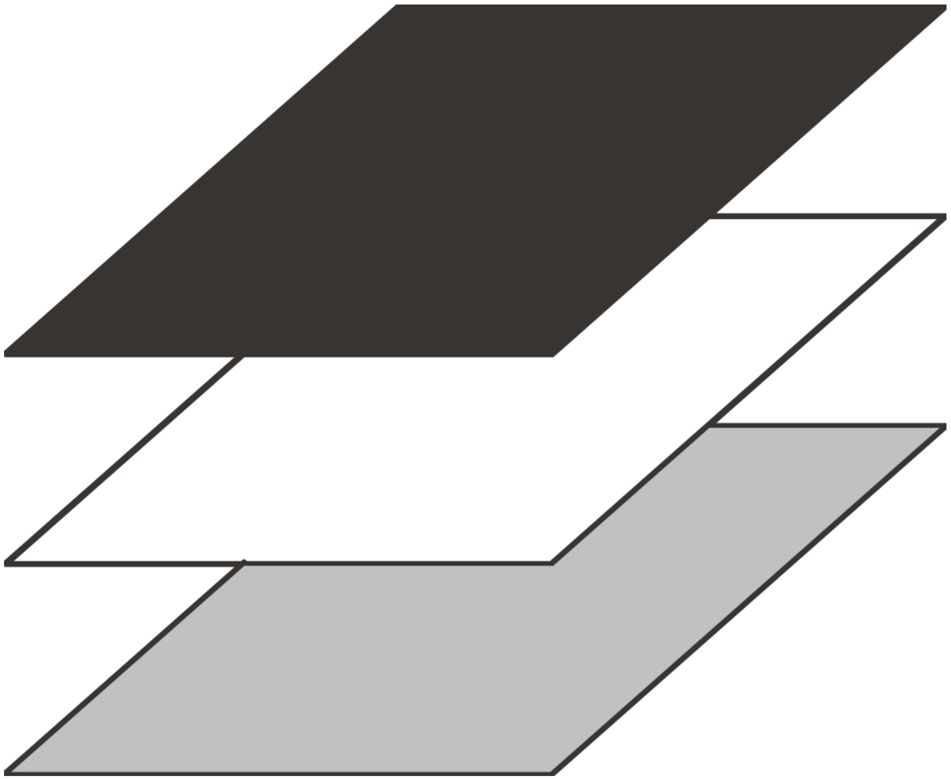
Soft Li-ion battery stripes woven into textile and connectorized with conductive yarns (M. Skorobogatiy , February 2011)


Électrode (+) tissée
Fils conducteurs touchant les électrodes (+) de la batterie
Bandes flexibles de batterie Li-ion
Électrode (–) tissée

Y. Liu, S. Gorgutsa, C. Santato, and M. Skorobogatiy "Flexible, Solid Electrolyte-Based Lithium Battery Composed of LiFePO4 Cathode and Li4Ti5O12 Anode for Applications in Smart Textiles," Journal of The Electrochemical Society, vol. 159 (4), pp. A349-A356 (2012)

POLYTECHNIQUE MONTRÉAL
LE GÉNIE EN PREMIÈRE CLASSE

# Batterie de polymères: structure et matériaux



**Anode:** PEO (polyethylène oxide)
Électrolytes à base de polymères
+ Titanate de Li + Carbone noir

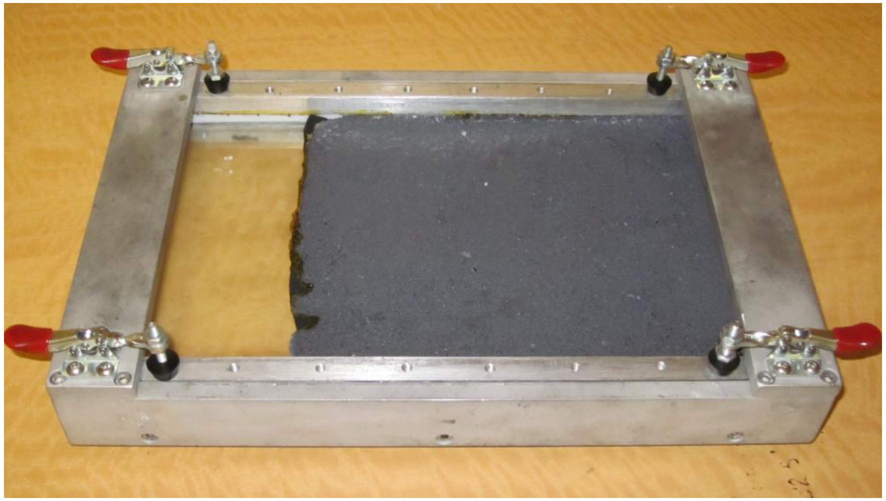
**Electrolyte:** PEO + Iodide de Li

**Cathode:** PEO+
+ Phosphate de Fe et Li
+ Carbone noir

Flexible, entièrement fait de polymères – aucun électrolyte liquide requis !

# Procédés de fabrication

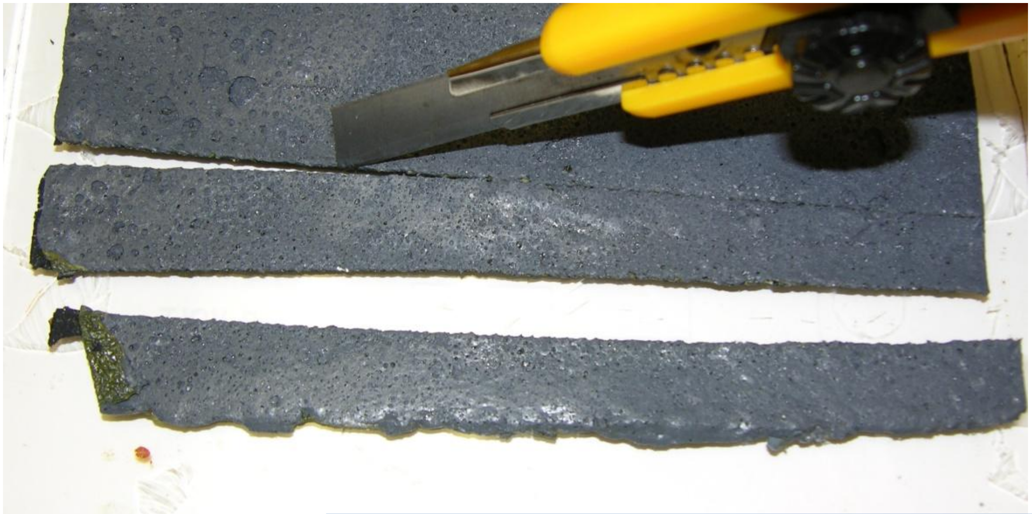
1. Préparation des solutions liquides de polymères

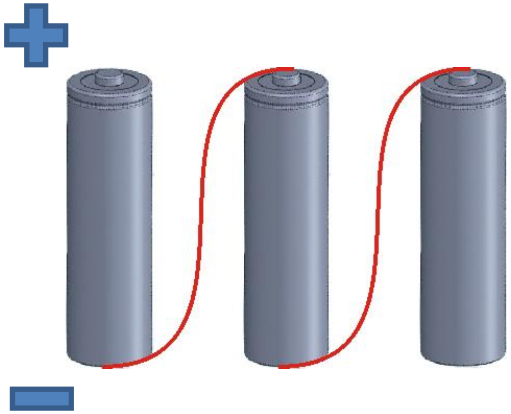


2. Évaporation

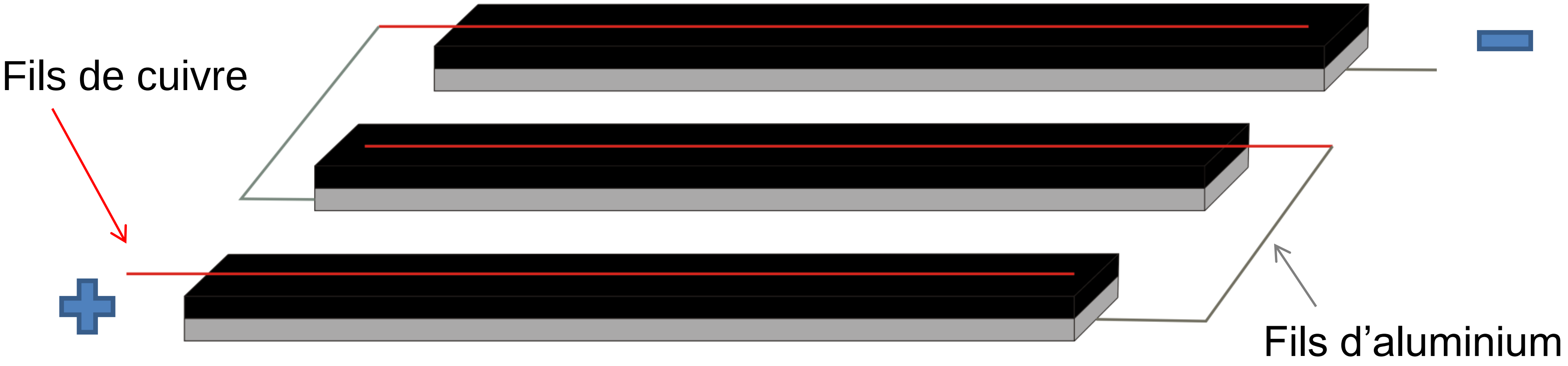
3. Consolidification des multiples couches adjacentes en une batterie

# Intégration dans un textile



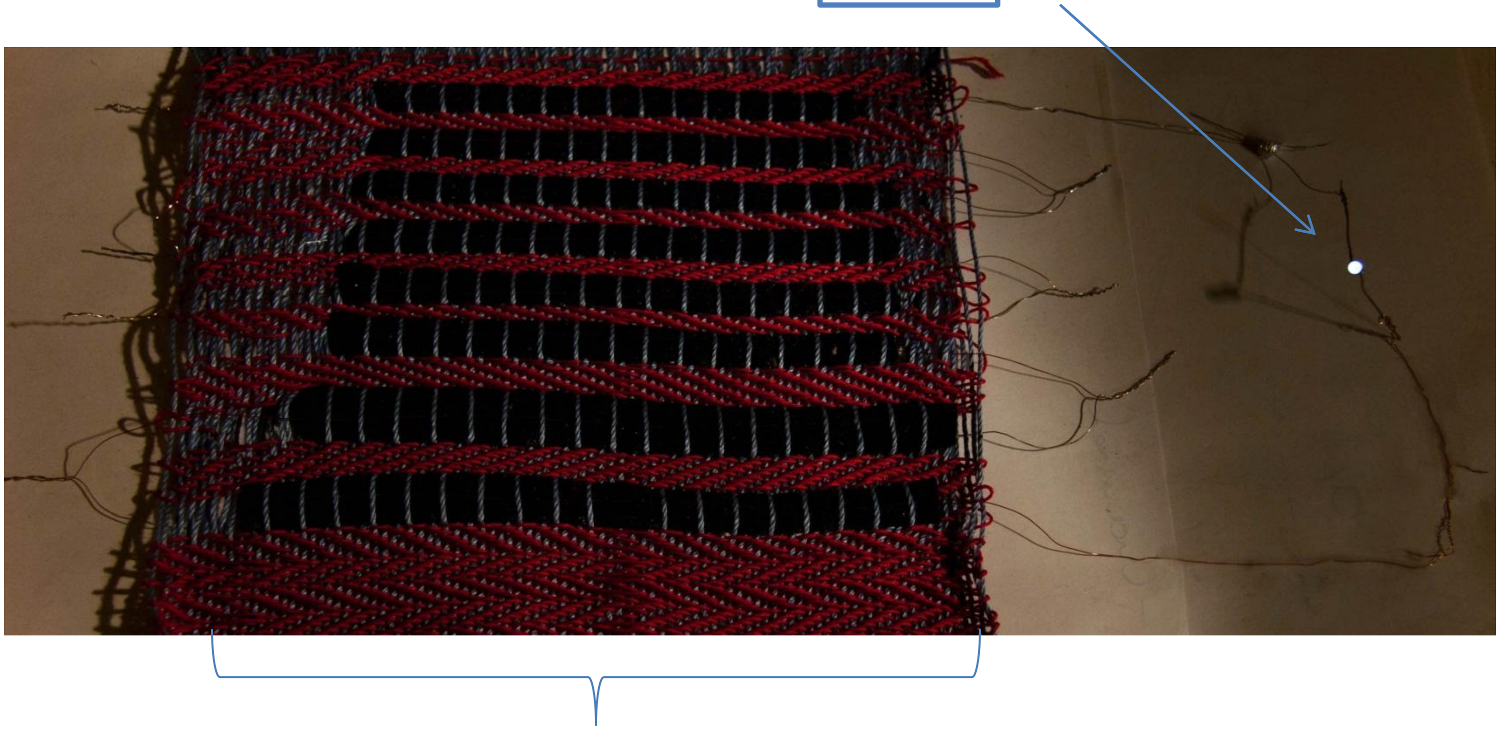


Chaque bande possède 0.6 V de batterie !


Fils de cuivre
−
+
Fils d’aluminium

# Échantillon d'une batterie à textile

**3V DEL**



**8 bandes de batterie à polymères incorporées dans un textile procure suffisamment de puissance pour alimenter une diode à 3V**

POLYTECHNIQUE
MONTRÉAL
LE GÉNIE
EN PREMIÈRE CLASSE

UNIVERSITÉ
Concordia
UNIVERSITY

# Merci !

Professeur **Maksim Skorobogatiy,**
Chaire de Recherche du Canada en micro- et nano- photonique
Génie Physique, École Polytechnique de Montréal, Canada
www.photonics.phys.polymtl.ca

Projet Karma Chameleon avec Professeure **Joanna Berzowska,**
Centre de recherche Hexagram, Université Concordia et XS Labs
www.hexagram.org
www.xslabs.net/
http://www.xslabs.net/karma-chameleon/