

Le textile lumineux en fibres optiques : application en photothérapie pour le traitement de la jaunisse du nourrisson

Laure PÉRUCHON, Cédric BROCHIER

Brochier Technologies, 90 rue Frederic Fays, 69100 Villeurbanne, France

laure.peruchon@brochiertechnologies.com

La lumière est utilisée dans de nombreux domaines, que ce soit pour la réticulation d'encre ou la photothérapie. Chaque application nécessite une intensité et une gamme de longueurs d'ondes bien définies. Les sources classiquement utilisées sont les tubes fluorescents (lumière blanche) ou à vapeur de mercure (lumière ultraviolette), ainsi que les LED (diodes électroluminescentes) peu consommatrices en énergie. Les inconvénients de ces sources sont leur rigidité et le dégagement de chaleur.

Le tissage de fibres optiques polymères à éclairage latéral connectées à une source LED permet d'obtenir une surface lumineuse souple, froide, de faible encombrement et sans onde électromagnétique. La LED peut être déportée via une zone de fibres optiques ne servant qu'à la transmission de la lumière et non pas à sa diffusion latérale. Des tissus lumineux très innovants sont créés grâce aux techniques de tissage Jacquard permettant de réaliser des motifs, ainsi qu'une zone dédiée à la connectique. Le textile lumineux a une large gamme d'applications – notamment pour le traitement de la jaunisse du nourrisson par photothérapie.

L'ictère du nourrisson et la photothérapie

La jaunisse du nourrisson est due à une hyper-bilirubinémie, conséquence de l'adaptation post-natale du métabolisme de la bilirubine, se traduisant par une élimination insuffisante de la bilirubine produite. L'ictère est fréquent chez le nouveau-né, mais la bilirubine libre peut être toxique pour le cerveau, notamment en fonction de sa concentration et de para-

mètres environnementaux (âge post-natal, infection, taux d'albumine...).

Deux méthodes permettent de soigner l'ictère : l'exsanguino-transfusion et la photothérapie.

L'exsanguino-transfusion consiste à remplacer une grande partie du sang du nourrisson, ce qui n'est pas sans risque de contamination.

La photothérapie est une thérapeutique efficace de l'ictère. Les photons générés par la source lumineuse atteignent la surface cutanée exposée. Dans un spectre étroit, de 420 à 490 nm, les photons sont absorbés par la bilirubine située dans la peau. L'interaction entre la bilirubine et la lumière induit la formation de photoproduits facilement éliminables dans les urines. La photothérapie permet l'élimination de la bilirubine sans métabolisme hépatique.

Les facteurs de l'efficacité de la photothérapie sont :

- la distance source – patient ;
- la surface du corps exposée ;
- l'intensité de l'irradiation qui doit être comprise entre 3 et 5 mW/cm² ;
- la gamme de longueur d'onde avec un maximum à 460 nm.

Les sources lumineuses pour traiter la jaunisse du nourrisson

Les tubes fluorescents bleus ont un spectre large contenant la gamme de longueur d'onde permettant de soigner l'ictère. Cependant, ils produisent de la chaleur, ce qui induit une perte de poids chez le nourrisson. De plus, la forte intensité lumineuse induit des risques de dommage rétinien. Afin d'obtenir l'irradiance optimale, il est nécessaire d'utiliser de

nombreux tubes et à une distance de 15 à 20 cm du patient.

Les diodes électroluminescentes bleues ont un spectre étroit avec un maximum à 460 nm. Il s'agit d'une lumière froide permettant d'éviter des altérations significatives en perte d'eau via l'épiderme. Le risque de dommage rétinien est toujours présent. L'irradiance est optimale car ciblée à la bonne longueur d'onde et très intense, mais l'émission des LED est très focalisée.

Le pad de fibres optiques connectées à des LED bleues est, dans le cas des premiers dispositifs existants, de faible irradiance (1 mW/cm²). La technologie développée par Brochier Technologies de tissage de fibres optiques avec un traitement de surface spécifique pour obtenir une émission latérale de lumière, est une innovation permettant d'atteindre de fortes intensités d'irradiation comprise entre 3 et 5 mW/cm² en fonction des dimensions du pad.

Le tissu lumineux

Le tissage sur métier Jacquard permet de créer des pièces unies ou à motifs avec une zone dédiée à la connectique, qui sera couplée à une LED.

Les LED, à basse consommation d'énergie et faible encombrement, permettent d'alimenter le tissu en lumière. Un pilotage électronique des LED génère des surfaces lumineuses actives.

Le développement d'ensembles complets intégrant le textile en fibres optiques et le système LED apporte des solutions de lumière pour de nombreuses applications dans l'éclairage, le rétro-éclairage, la signalétique, la dépollution et la santé.



Figure 1. Photo du pad de photothérapie.

Le principe des fibres optiques est de conduire la lumière dans le tissu. Afin d'être rendu lumineux, le tissu subit un traitement de surface.

L'obtention de fibres optiques à éclairage latéral résulte d'un traitement de surface induisant une perte lumineuse le long de la fibre. L'utilisation de fibre optique a également l'avantage de pouvoir déporter la source de lumière, car seule la zone ayant subi un traitement de surface devient lumineuse. Ainsi ni chaleur, ni électricité ne sont présents au niveau de la zone lumineuse.

L'application en photothérapie

L'innovation textile dans le domaine de la photothérapie porte sur un pad émettant de la lumière bleue pour le traitement de la jaunisse du nourrisson (figure 1) ou de la maladie rare Crigler-Najjar (figure 2).

La maladie rare Crigler-Najjar est liée à un déficit complet de l'activité hépatique de la bilirubine glucuronosyltransférase. La maladie se révèle dès la période néonatale par un ictère précoce, intense, à bilirubine conjuguée. On distingue cliniquement la maladie de Crigler-Najjar de

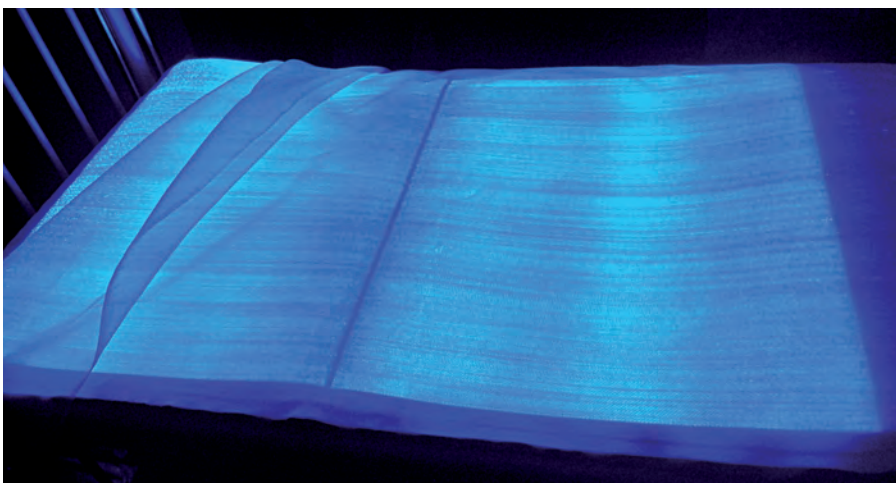


Figure 2. Photo du drap pour le traitement de la maladie Crigler-Najjar.

Raman and Fluorescence solutions

Introducing the new high performance spectrometers family



Apex: Sensitivity and Resolution



QE65Pro: high SNR and long integration time



Ventana: Throughput and Sensitivity



Contact us today to learn more about our complete spectrometer offerings:

T: 02 96 05 40 20
info@idil.fr | www.idil.fr



www.oceanoptics.eu

type I, pour laquelle le traitement inducteur par le Phénobarbital est inefficace, de celle de type II pour laquelle un traitement de trois semaines par le Phénobarbital permet une baisse de la bilirubinémie d'environ 60 à 70 %. Le traitement de la maladie de type II repose sur une prise quotidienne de Phénobarbital, celui du type I consiste en une photothérapie à raison de 10-12 h par jour. Le seul traitement radical du Crigler-Najjar de type I est la transplantation hépatique (source : orpha.net). Les malades Crigler-Najjar de type I utilisent soit des dispositifs réalisés par leurs parents, soit plusieurs systèmes utilisés pour la jaunisse du nourrisson positionnés les uns à côté des autres jusqu'à atteindre la longueur adaptée à la taille du patient.

L'innovation textile pour les malades Crigler-Najjar repose sur un tissage spécifique afin d'obtenir « un drap lumineux » permettant une photothérapie efficace. L'intérêt réside dans le fait que le patient peut dormir sur un matelas recouvert du drap lumineux plutôt qu'une plaque de verre sous laquelle est disposée un nombre important de tubes fluorescents ou de LED (figure 3).

Test in vitro

Afin de valider les prototypes de textiles en fibres optiques, les premiers tests réalisés sont des tests in vitro. Le protocole suivi est décrit dans la publication de Henk Vreman et al. [*Standardized bench method for evaluating the efficacy of phototherapy devices*, Acta Paediatrica 97, 308 (2008)]. Les tests in vitro permettent d'obtenir une bonne évaluation des performances des différents dispositifs de photo-

thérapie existants. Ils remplacent avantageusement les tests in vivo sur des populations de patients, qui ne sont pas faisables. Les paramètres pris en compte sont :

- la longueur d'onde du pic d'émission,
- la gamme spectrale d'émission,
- l'uniformité de l'intensité de l'irradiance,
- la surface du corps exposée,
- l'âge de la source.

Ces tests ont été menés par l'équipe du Docteur Cortey, responsable de l'unité clinique du Centre national de référence en hématologie périnatale (CNRHP) à l'hôpital Trousseau de Paris. L'efficacité des dispositifs médicaux repose sur le temps de demi-vie de la bilirubine non conjuguée. Plus le temps de demi-vie est court ($t_{1/2}$) et plus la photothérapie est efficace. Une dizaine de dispositifs ont été étudiés et peuvent être répartis en trois catégories : les dispositifs à haute ($t_{1/2} < 25$ min),

moyenne ($t_{1/2} < 26-50$ min) et faible ($t_{1/2} > 50$ min) efficacité.

Les pads lumineux étudiés sont de format 100x300 mm (figure 4). Le pad en simple tissu a une irradiance de 5 mW/cm² et se positionnera sous le nourrisson. Ce pad peut être recouvert d'un non-tissé à des fins d'hygiène. Dans ce cas-là, l'intensité de l'irradiance diminue à 3 mW/cm². Le second pad est en double tissu, soit deux tissus identiques superposés, et atteint 8 mW/cm². Ce pad très intense se placera également sous le nourrisson. Enfin, il sera toujours possible de mettre un pad sous le dos du nourrisson et un autre sur son ventre. Ainsi, la surface du corps éclairée sera deux fois plus grande.

Les tests in vitro sont réalisés sur les deux pads. Dans certains cas, le pad est testé recouvert d'un non-tissé et il peut également être plié en deux pour simuler un éclairage par le dessus et le dessous.

Dans le cas du pad simple tissu (éclairage dessous uniquement) à 5 mW/cm², le $t_{1/2}$ obtenu est de 20 minutes, tandis qu'à 3 mW/cm² (avec le non-tissé), le $t_{1/2}$ est de 30 minutes. Enfin, si le pad éclaire dessus et dessous à 3 mW/cm², le $t_{1/2}$ n'est plus que de 7 minutes.

Dans le cas du pad à 8 mW/cm², le $t_{1/2}$ obtenu est de 15 minutes pour un éclairage par-dessous et de 4 minutes pour un éclairage dessus et dessous.

Ces résultats montrent l'intérêt de la technologie du textile lumineux. Celui-ci apporte souplesse et légèreté en comparaison au système rigide LED ou tube fluo tout en étant très performant.

Les conséquences d'une photothérapie trop intense, $t_{1/2} < 15$ min, sont méconnues ainsi que son bénéfice éventuel. Aussi, le pad lumineux sélectionné suite à ces essais est la pad simple tissu à 5 mW/cm².



Figure 3. Le drap lumineux peut être utilisé sur un matelas : il améliore ainsi le confort du patient.

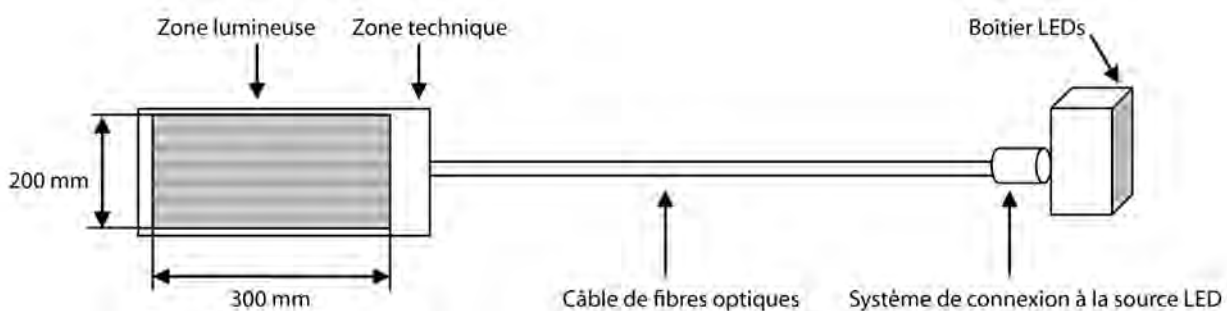


Figure 4. Schéma du pad de photothérapie.