

DISPOSITIF DE PHOTOTHÉRAPIE EN FIBRES OPTIQUES TISSÉES

pour traiter la jaunisse du nourrisson

Laure PÉRUCHON¹

Cédric BROCHIER¹

Pierre SAINT GIRONS²

¹Brochier Technologies,
90 rue Frederic Fays,
69100 Villeurbanne, France

²Neomedlight,
90 rue Frederic Fays,
69100 Villeurbanne, France

laure.peruchon@brochiertechnologies.com

Dans le domaine de la santé, certaines indications thérapeutiques se traitent par la lumière et pourraient donc être traitées par le tissu lumineux en fibres optiques, telles que les dermatites, les mucites, la régénération des tissus / cicatrisation, la douleur, ainsi que la jaunisse du nourrisson. Chaque application nécessite une intensité et une gamme de longueur d'onde bien définies. Les sources classiquement utilisées sont les tubes fluorescents (lumière blanche) ou à vapeur de mercure (lumière ultraviolette), mais de plus en plus, les LEDs peu consommatrices d'énergie s'imposent en photothérapie. Les inconvénients de ces sources restent leur rigidité et le dégagement de chaleur.

La technologie de tissu lumineux en fibres optiques polymères 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. Des tissus lumineux très innovants sont créés grâce aux techniques de tissage Jacquard qui permettent de réaliser des motifs, dont la zone dédiée à la connectique. Le textile lumineux est aujourd'hui utilisé dans le traitement de la jaunisse du nourrisson par photothérapie et commercialisé par la société NeoMedLight, spin off de Brochier technologies.

La jaunisse du nourrisson est due à une hyperbilirubinémie, 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 paramètres 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 thérapie 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 photo-produits 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 entre la source et le patient,
- la surface du corps exposée,
- l'intensité de l'irradiation qui doit être au minimum de $30 \mu\text{W}/\text{cm}^2/\text{nm}$,
- la gamme de longueur d'onde centrée à 460 nm.



Figure 1. Photo du pad double de photothérapie (*bag pad*).



Figure 2. Photo du pad simple (*nest pad*).

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 rétinale. Afin d'obtenir l'irradiance optimale, il est nécessaire d'utiliser de nombreux tubes, à une distance de 15 à 20 cm du patient.

Les diodes électroluminescentes (LEDs) 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 rétinale est toujours présent. L'irradiance est optimale car ciblée à la bonne longueur d'onde et très intense, mais l'émission des LEDs est très focalisée.

Le pad de fibres optiques connectées à des LEDs bleues est, dans le cas des premiers dispositifs existants, de faibles intensités d'irradiation ($20 \mu\text{W}/\text{cm}^2/\text{nm}$) et homogénéité. La technologie développée par Brochier technologies bénéficie d'un savoir-faire spécifique de traitement de surface des fibres optiques pour obtenir une émission latérale de lumière homogène. Cette innovation permet également d'atteindre de fortes intensités d'irradiation, supérieures à $50 \mu\text{W}/\text{cm}^2/\text{nm}$.

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 LEDs, à basse consommation d'énergie et de faible encombrement, permettent d'alimenter le tissu en lumière. Un pilotage électronique des LEDs génère des surfaces lumineuses actives. Le développement d'ensembles complets intégrant le textile en fibres optiques et le système LEDs apporte des solutions de lumière pour de nombreuses applications dans l'éclairage, le rétro-éclairage, la signalétique, la dépollution et la santé.

Le principe de la fibre optique est de conduire la lumière dans le tissu. Afin d'obtenir un éclairage latéral par les fibres optiques, celles-ci subissent un traitement de surface de microtexturation. L'utilisation de la 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'innovation textile dans le domaine de la photothérapie pour le traitement de la jaunisse du nourrisson porte sur deux solutions émettant de la lumière bleue: le sac de couchage (*bag pad*) et la couverture (*nest pad*). Dans les deux cas, le tissu lumineux est protégé par une enveloppe de plastique transparent en polyuréthane contact cutané facilement nettoyable et désinfectable. De plus, chaque système est utilisé avec un usage unique en non-tissé mono patient. L'usage unique apporte du confort au nourrisson et absorbe les flux. Dans le cas du sac de couchage, l'usage unique contient une attache large pour positionner au mieux l'enfant sur le pad.

Le sac de couchage est principalement utilisé pour les bébés à terme, alors que la couverture est dédiée aux prématurés. Chaque dispositif a ses avantages. Le sac de couchage permet d'éclairer le maximum de surface corporelle du nourrisson, l'enfant étant glissé à l'intérieur du dispositif, et donc d'avoir un traitement plus rapide (*figure 1*). La couverture est dédiée aux prématurés, qui sont souvent monitorés et nécessitent d'avoir un visuel sur leur abdomen (*figure 2*).

Test in vitro

La validation des textiles en fibres optiques a été réalisée, dans un premier temps, par des tests *in vitro*. Le protocole qui a été suivi pour les tests *in vitro* est décrit dans la publication de Henk Vreman *et al.* [1] (Stanford, USA). Les tests *in vitro* permettent d'obtenir une bonne évaluation des performances des différents dispositifs de photothérapie existants. Ils remplacent

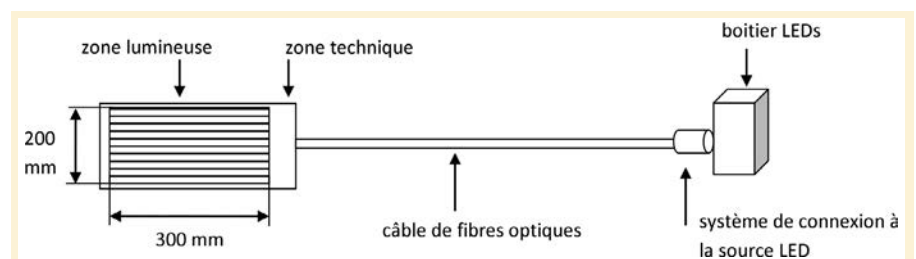


Figure 3. Schéma du pad de photothérapie.

avantageusement les tests *in vivo* sur des populations de patients, qui ne sont pas faisables. Les paramètres pris en compte sont (i) la longueur d'onde du pic d'émission, (ii) la gamme spectrale d'émission, (iii) l'uniformité de l'intensité de l'irradiance, (iv) la surface du corps exposé et (v) 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 Hémiobiologie 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 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, où $t_{1/2}$ est le temps de demi-vie), moyenne ($t_{1/2} < 26-50$ min) et faible ($t_{1/2} > 50$ min) efficacité.

Les pads lumineux étudiés sont de format 100×300 mm (figure 3). Le pad en simple tissu a une irradiance de 5 mW/cm^2 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/cm^2 . Le second pad est en double tissu, soit deux tissus identiques superposés, et atteint 8 mW/cm^2 . Ce pad très intense se place également sous le nourrisson. Enfin, il est toujours possible de

mettre un pad sous le dos du nourrisson et un autre sur son ventre. Ainsi, la surface du corps éclairé est deux fois plus grande.

Les tests *in vitro* sont réalisés sur les 2 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 de dessous uniquement) à 5 mW/cm^2 , le $t_{1/2}$ obtenu est de 20 min, tandis qu'à 3 mW/cm^2 (avec le non-tissé), le $t_{1/2}$ est de 30 min. Enfin, si le pad éclaire dessus et dessous à 3 mW/cm^2 , le $t_{1/2}$ n'est plus que de 7 min. Dans le cas du pad à 8 mW/cm^2 , le $t_{1/2}$ obtenu est de 15 min pour un éclairage par-dessous et de 4 min 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 et pas nécessaires. Aussi, le pad lumineux sélectionné suite à ces essais est le pad simple tissu à 5 mW/cm^2 .

Aujourd'hui, des essais cliniques sont en cours à l'Hôpital Universitaire de Saint Ignace à Bogota en Colombie sous la direction du Docteur Nathalie Charpak. Le produit a obtenu le marquage CE et est commercialisé (figure 4).



Figure 4. Essais cliniques à l'Hôpital Saint Ignace de Bogota (Colombie).

RÉFÉRENCE

[1] Henk Vreman, R.J. Wong, J.R. Murdoch, D.K. Stevenson, Standardized bench method for evaluating the efficacy of phototherapy devices, *Acta Paediatrica* 97, 308-316 (2008).

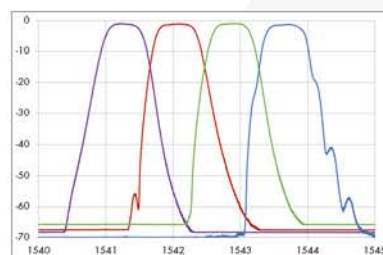
TESTEUR DE COMPOSANTS

CT400



Caractérisation de Composants Passifs

- Plages de longueur d'ondes :
 - SMF : 1240 - 1680 nm
 - PM13 : 1260 - 1360 nm
 - PM15 : 1440 - 1640 nm
- Précision : ± 5 pm
- Résolution : 1 à 250 pm
- Dynamique : 65 dB
- Nombre de lasers : 1 à 4
- Nombre de détecteurs : 1 à 4
- Logiciel client sur PC :



Yenista
OPTICS

Tél. : +33 (0)2 96 48 37 16

sales-emea@yenista.com

www.yenista.com