

AU CROISEMENT DE L'OPTIQUE ET DE LA PHOTOTHÉRAPIE:

« LA LUMINETTE® »

Notes rassemblées par Yvon RENOTTE, Dr en sciences,
Pr invité au HOLOLAB, Dpt de Physique - ULg (Sart Tilman - Bât. B5)
Président du Comité Belge d'Optique, Membre du Bureau de PromOptica
Président du Conseil d'Administration de DEIOS s.a.



Une spin-off de l'Université de Liège vient de lancer une innovation mondiale, susceptible d'intéresser les personnes souffrant de dépression saisonnière ou de fatigue chronique : Lucimed s.a. lance « la Luminette® ».

[0] Vouée à combattre l'effet déprimeur résultant du manque de lumière caractéristique de l'hiver, la luminothérapie est connue du grand public depuis plusieurs années, notamment sous la forme de grands écrans blancs. Ces diffuseurs de lumière ont des effets similaires à ceux de la lumière naturelle, synchronisant nos rythmes biologiques circadiens qui maintiennent notre équilibre veille-sommeil. Ils présentent néanmoins un inconvénient majeur: il faut s'armer de patience pour rester un temps suffisant face à l'écran. Dans les années 90, la firme liégeoise Schröder s.a. [1] avec l'aide du docteur Robert POIRRIER du Centre Hospitalier Universitaire de Liège (CHU), mit au point un casque à visière lumineuse. Mais ce dispositif n'était pas tout à fait confortable.

Avec l'aide de la Région Wallonne (DGTRE), Schröder s.a. et des chercheurs de l'ULg, le Dr Robert POIRRIER [2] du CHU, et les Docteurs Yvon RENOTTE [3] et Vincent MOREAU [4] du HOLOLAB, développent

un produit novateur et participent à la création d'une spin-off :
Lucimed s.a. [5].

L'innovation du système réside dans la portabilité des diffuseurs de lumière et dans l'exploitation de technologies photoniques telles que l'holographie et la micro-optique. En effet, il s'agit d'une simple paire de lunettes qui, comme le soleil, fait pénétrer la lumière dans l'œil jusqu'aux zones de la rétine les plus favorables au traitement tout en conservant une vision quasiment parfaite de l'environnement.

Equipée d'une pile rechargeable cachée dans une des branches, « la Luminette® » permet une grande liberté de mouvement et même le port de lunettes correctrices. Avec tant d'ingéniosité, Lucimed s.a. se lance à l'assaut des marchés belges et français dans un premier temps, européen à court terme.

1. Les dépressions saisonnières [6]

À l'instar de tous les organismes vivants, l'homme possède une horloge biologique lui permettant de s'adapter aux variations périodiques du milieu, en particulier à l'alternance du jour et de la nuit. Située dans la partie antéro-médiane de l'hypothalamus, elle porte le nom de noyau suprachiasmatique et manifeste naturellement une activité métabolique et électro-physiologique rythmée sur une période d'un peu plus de vingt-quatre heures. Chez la grande majorité d'entre nous, elle a donc tendance à allonger les rythmes biologiques au-delà du temps nécessaire à la rotation de la Terre sur elle-même. D'où la notion de rythmes circadiens (du latin, circa: environ, diem: jour).

Nous remettons notre montre à l'heure quand elle avance ou retarde. De la même manière, notre horloge biologique peut compter sur des «synchroniseurs de temps» pour se recalier sur l'échelle des 24 heures.

Quels sont ces «agents de l'exactitude»? Des signaux en provenance de l'environnement, dont le plus important est assurément constitué par les variations de luminosité, signatures de l'alternance du jour et de la nuit. Chez l'homme, les contraintes de la vie sociale - journée de travail, heures des repas, etc. - représentent un autre synchroniseur très influent.

[5] Lucimed s.a. (spin-off de l'ULg) : www.lucimed.com, rue des Marlières, 22B, 4450 Villers le Temple - info@lucimed.be; administrateur délégué: M. Marcel ESCHWEILER tél.: 0477 545 804 - m.eschweiler@skynet.be

[6] propos du Pr R. POIRRIER recueillis sur le Portail de la Recherche et des Technologies en RW (recherche-technologie.wallonie.be) - Philippe LAMBERT - ph.lambert.ph@skynet.be

[0] Liège online Belgium, décembre 2006 (newsletter destinée aux investisseurs étrangers, distribuée 4 fois l'an en Français et en Anglais, sous la responsabilité de la SPI+).

[1] Constructions Electriques Schröder s.a. : www.schreder.com, ces.ans@schreder.be Rue Gilles Magnée 48 - 4430 Ans - tél.: 04 246 6611 - Fax: 04 263 8819

M. Emil GALETIC (egalika@skynet.be), ing., y était responsable du projet ECLAT; il a rejoint la spin-off Lucimed s.a.

[2] Pr Dr Robert POIRRIER, directeur du Centre d'Etude des Troubles de l'Eveil et du Sommeil: CHU (CETES - CHU) - Liège tél.: 04.366 8565 - courriel: cetes@swing.be

[3] Dr Yvon RENOTTE, Pr invité (CT honoraire), Département de Physique de l'ULg. HOLOLAB: <http://www.phg.ulg.ac.be/Research/resfield.php?id=1&lang=french>, Sart Tilman Bât. B5, 4000 Liège. Tél.: 04.366 3772 - Fax: 04.366 4516 - y.renotte@ulg.ac.be

[4] Dr Vincent MOREAU, Development & Enhancement of Interferometric Optical Systems (DEIOS s.a. : spin-off de l'ULg) : www.deios.com

Liège Science Park - Spatiopôle, rue des Chasseurs Ardennais (WSL), 4031 Angleur, tél.: 04.372 9308 - FAX: 04.372 9317 - courriel: v.moreau@deios.com

Jouant un rôle capital dans la synchronisation de nos rythmes biologiques circadiens, la lumière agit directement sur notre bien-être, notre santé et nos performances. Ainsi, *quand la mauvaise saison ou nos habitudes de vie rendent insuffisantes les stimulations lumineuses, notre horloge biologique se dérègle*, faisant le lit, chez certains d'entre nous, de troubles divers: état dépressif, insomnie, somnolence diurne, prise de poids, réduction de la libido, etc.

Désaltérations de phase (désynchronisation) se rencontrent fréquemment chez les personnes soumises à de nombreux changements d'horaires. Une autre façon de mettre son horloge biologique en conflit avec les synchroniseurs du monde extérieur est de franchir trois fuseaux horaires ou plus en un court laps de temps. Se profile alors le *syndrome du jet lag - ou syndrome de décalage horaire*. Durant plusieurs jours, le sujet pourra être en proie à divers désagréments. Enfin, le *changement d'horaire saisonnier* peut, lui aussi, *perturber temporairement nos rythmes circadiens*.

Sur un plan plus général, *l'éclairage électrique a changé nos habitudes de vie*, de sorte qu'on peut affirmer, sans manier le jeu de mots, que beaucoup d'entre nous passent le plus clair de leur temps à l'intérieur, sous une lumière dont l'intensité est très inférieure à celle dont le soleil nous gratifie à l'extérieur. Ce qui fait dire au Pr Robert POIRRIER que l'espèce humaine est devenue cavernicole. Voilà bien un autre facteur susceptible de nuire à la parfaite synchronisation de nos rythmes circadiens, le noyau suprachiasmatique opérant difficilement la différence entre le jour et la nuit sous la barre des 1000 lux, du moins si l'on se réfère aux études menées chez l'animal - l'intensité lumineuse d'une pièce éclairée n'est en général que de 300 ou 400 lux (rappel).

Autre élément du puzzle : le trouble affectif saisonnier (TAS) qui prend corps habituellement vers le mois d'octobre et s'éteint avec l'arrivée des beaux jours. Syndrome dépressif récurrent, il refait surface chaque année chez les personnes qui en souffrent. Il se traduit principalement par une fatigue persistante, une somnolence diurne, une augmentation de l'appétit, une forte attirance pour les saveurs sucrées, une apathie importante, le besoin de s'isoler fréquemment en fuyant les contacts sociaux.

«On estime que de 3 à 6% de la population adulte nordique, dont une majorité de femmes, est touchée par ce type de dépression.

Selon certaines études, 2 à 6% des enfants âgés de 9 à 19 ans en souffrent également. Plus on s'éloigne de l'équateur, plus ce pourcentage croît». En outre, dans nos populations, environ 15% des individus sont en proie à ce que l'on pourrait qualifier de TAS en miniature : le *blues de l'hiver* (fatigue, manque de moral, sommeil contrarié, irritabilité, etc).

Pour l'heure, on n'a pu élucider exactement la physiopathologie du trouble affectif saisonnier, mais les trois grandes hypothèses en vigueur dans les milieux scientifiques convergent toutes en un point: elles mettent en cause une réaction aux changements de la photopériode.

Une partie de la population serait-elle particulièrement sensible à un manque de stimulation lumineuse, carence à laquelle elle répondrait en manifestant des symptômes dépressifs ? Certains chercheurs le pensent.

2. Les traitements

a. La luminothérapie

L'information lumineuse est transmise de l'œil au noyau suprachiasmatique via le faisceau rétino-hypothalamique.

Son acheminement se réalise au départ de photorécepteurs oculaires particuliers (les cellules ganglionnaires). Différents des cônes et des bâtonnets, supports de la vision, ils serviraient de base à une transmission directe de l'information lumineuse vers l'horloge biologique. Une fois «stimulé», le noyau suprachiasmatique agit sur différentes structures du cerveau, ce qui au terme d'un cheminement complexe produit la *mélatonine* au niveau cérébral.

L'obscurité ou une faible luminosité induisent la sécrétion de cette hormone, facilitant ainsi le déclenchement du sommeil, alors qu'une lumière supérieure à 2500 lux la bloque. Comme l'explique le professeur POIRRIER, on sait par ailleurs que la mélatonine modifie la périodicité de notre horloge biologique. *«Voilà pourquoi durant l'hiver, saison vouée à une obscurité prolongée, elle en allonge la période, tandis qu'elle la raccourcit en été».*

Il a été bien démontré que l'exposition de la rétine à une lumière blanche de haute intensité est bénéfique dans le cadre du TAS, du blues de l'hiver, des dyssomnies, des perturbations liées au jet lag et au travail posté. Ce traitement peut également prévenir les rechutes automnales après un sevrage alcoolique et lutter contre des états de fatigue particuliers, tels ceux rencontrés dans la sclérose en plaques.

La *luminothérapie* repose sur un éclairage de 2500 lux pendant deux heures. Toutefois, des études récentes ont montré qu'une exposition de 30 minutes à une lumière de 10000 lux recèle la même efficacité thérapeutique. Bref, temps d'exposition et intensité lumineuse sont modulables, l'un en fonction de l'autre.

Les traitements se déroulent le plus souvent le matin, mais pas toujours. Ainsi, chez la personne âgée qui connaît fréquemment une avance de phase du rythme circadien, la luminothérapie doit être appliquée le soir. Il en va de même, par exemple, quand un voyageur veut se prémunir contre les effets du jet lag dans la perspective d'un vol transméditerranéen vers l'ouest.

Jusqu'il y a peu, la luminothérapie misait sur la lumière blanche. Plusieurs études récentes concluent cependant à la supériorité de son homologue bleue ($\lambda \sim 470 / 490 \text{ nm}$: le débat reste ouvert) [7].

b. Les bancs lumineux et les casques

Pendant plusieurs années, la luminothérapie s'est appuyée sur deux procédés. Le plus classique et le plus ancien est le *banc de lumière*, écran lumineux recouvert d'une surface translucide dépolie disposé devant des tubes luminescents. Son concurrent est le *casque à visière lumineuse* dont, en particulier, celui commercialisé à la fin des années 90 par la firme Schröder [1].



Fig. 1: Le banc lumineux



Fig. 2: Le casque à visière lumineuse

[7] - D.H. Sliney, directeur du Laser & Optical Radiation Program, département de l'Armée américaine pour la promotion de la santé et de la médecine préventive.

- Congrès de la Society for Light Treatment and Biological Rhythms (2004).

- G. Glickman, B. Byrne, C. Pineda, W. W. Hauck, and G. C. Brainard, «Light Therapy for Seasonal Affective Disorder with Blue Narrow-Band Light-Emitting Diodes (LEDs)», BIOL PSYCHIATRY 2006;59:502-507.

La relativement grande liberté de mouvement et de travail qu'il offre au patient durant le traitement en est le principal atout.

Ces instruments présentent des inconvénients : le premier nécessite que le patient reste face à la source lumineuse pendant la durée du traitement quant au casque, il est assez lourd et encombrant.

c. La Luminette® / Lucimed s.a. [8]

En 2001, la société Schröder et le Dr POIRRIER ont donc demandé aux chercheurs du HOLOLAB d'imaginer « un système moins encombrant et éclairant mieux la rétine, sans toutefois aveugler ». C'est ainsi qu'est né le *projet ECLAT* (2001-03 - un chercheur: le Dr Vincent MOREAU), financé par la Région Wallonne, et à l'origine de la création de la société «Lucimed s.a.» [5], spin-off issue de l'ULg et aujourd'hui distributrice de «la Luminette®».

Il s'agissait de concevoir un dispositif - en l'occurrence des lunettes - léger, ergonomique, efficace et garantissant au patient la possibilité de vaquer à des occupations diverses, comme lire, regarder la télévision, travailler sur un ordinateur ou prendre un repas.

Pour y parvenir, il était indispensable d'arriver à disposer la source lumineuse de façon telle qu'elle éclaire la rétine sans stimuler la fovéa, sa région centrale vouée à la vision fine.

Les récepteurs cibles de la rétine, les cellules ganglionnaires, sont heureusement répartis de manière diffuse.

Le dispositif conçu au HOLOLAB exploite les dernières innovations issues des domaines de la photonique et des nanotechnologies.

Il recourt à une *lentille diffractive* permettant de condenser vers la pupille de l'œil, la lumière émise par une source (une matrice de diodes électroluminescentes) placée en dehors du champ de vision du patient.

[8] - «Concentration de lumière», Patricia Janssens, le 15^{ème} jour du mois (mensuel de l'Université de Liège), octobre 2006/157.

- «La luminothérapie en toute liberté : la spin-off LUCIMED présente la LUMINETTE®», dossier de presse - 28/09/2006, portail de l'Université de Liège (www.ulg.ac.be).

- «Holographie, une technique lumineuse... toujours d'actualité», Elisa DiPietro, le 15^{ème} jour du mois, janvier 2007/160.

Ces éléments optiques diffractifs (Diffractive Optical Elements)[9] sont très structurés et, de ce fait, autorisent la concentration des faisceaux lumineux en un endroit bien précis, en l'occurrence, la moitié inférieure de la rétine. « Une propriété remarquable du dispositif est que la concentration du flux se produit toujours sur cette zone, quel que soit l'angle d'inclinaison de l'œil ».

Conceptuellement, les composants diffractifs sont « collés » sur chacun des verres d'une paire de lunettes. Il s'agit de microreliefs obtenus par enregistrement holographique.

La source d'éclairage est constituée de diodes électroluminescentes miniaturisées placées sur la partie supérieure de chaque verre, en dehors du champ de vision. Pour éviter d'éventuels problèmes liés à l'utilisation de la lumière bleue (470 nm), on a choisit de travailler en lumière blanche.

Le dispositif comporte également un condenseur destiné à répartir les rayons lumineux de manière optimale sur la lentille diffractive. L'alimentation électrique est logée dans une des branches des lunettes; elle offre une autonomie de quelques heures.

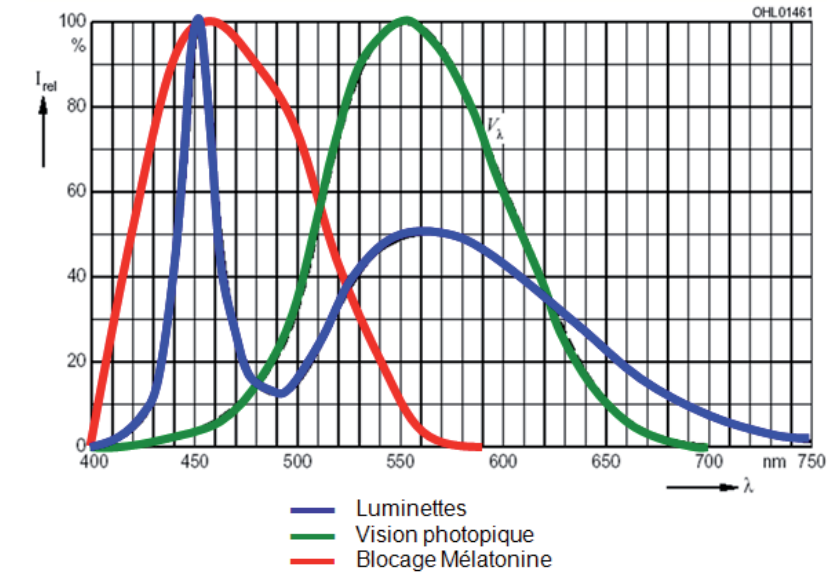


Fig. 3: Spectre d'émission de «la Luminette®»

[9] «Embossed HOEs (Holographic Optical Elements) for Phototherapy», HOLOGRAPHY NEWS, V. 20, N° 10 (octobre 2006), p 4.

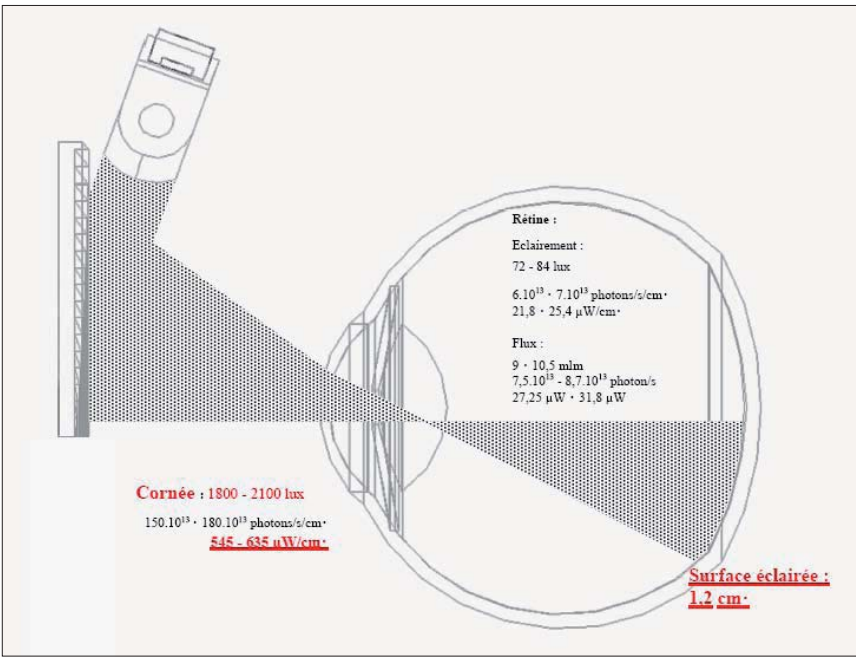


Fig. 4: Schéma de «la Luminette®»

Les figures 3 et 4 illustrent les concepts à la base de «la Luminette®». Ainsi conçue, « la Luminette® » peut se porter sur des lunettes correctrices, elle est légère et ergonomique (figure 5).

Fig. 5: « la Luminette® »



5 a : vue d'ensemble du dispositif

5 b : sur mannequin, couverture de «L'Officiel de la Couture et de la Mode de Paris», N° 912



Les différents composants (à l'exception des DOEs) sont fabriqués en Wallonie notamment dans la région liégeoise, au sein du Groupe SIMONIS, ou dans la région de Charleroi, auprès de la société PCB pour ce qui regarde la partie électronique; l'assemblage est réalisé dans un atelier spécialisé à Eeklo.

Les DOEs sont produits par la société *Hologram Industries* [10].

Prix de l'IHMA (International Hologram Manufacturers Association)¹¹

- Best of the Year (application la plus originale en holographie),
- Best Industrial Product (le produit a fait l'objet de plusieurs présentations dans différents magazines spécialisés, ainsi que de plusieurs présentations sur les chaînes de télévision nationales (RTBF / RTC et RTL tv) et internationales (Agence Reuters et Daily Planet / Discovery Channel Canada notamment).

L'IHMA réunie à Vienne le 16 novembre 2006, a attribué ces prix conjointement :

- au HOLOLAB (Département de Physique à l'Université de Liège : Prs Yves LION, Serge HABRAKEN et Yvon RENOTTE - invité),
 - à Hologram Industries (société spécialisée dans la lutte anti-contrefaçon, Marne-la-Vallée, France),
 - à «Lucimed s.a.» (Rue des Marlières 22, B-4550 Villers le Temple),
- respectivement aux titres
- de concepteur (Drs Vincent MOREAU et Yvon RENOTTE),
 - de fabricant/producteur : master + composant (M. Valéry PETITON),
 - de client / maître d'œuvre (contact : Marcel Eschweiler, administrateur délégué).

Remerciements

La rédaction du présent dossier est largement inspirée par les informations disponibles sur le portail de la Recherche et des Technologies en Région Wallonne (<http://recherche-technologie.wallonie.be>).

[10] Hologram Industries: www.hologram-industries.com

[11] International Hologram Manufacturers Association : www.ihma.org