

**Tentatives d'explication  
de deux phénomènes biologiques  
à partir des travaux d'Emile Pinel**

par Serge Nahon –Le 25 avril 2010

**Résumé :**

*Un article relatif à la médecine pratiquée en Russie mentionne : 1) un ralentissement du fonctionnement cellulaire observé chez les cosmonautes russes et américains et dû à une diminution de la gravité. 2) les remarquables propriétés thérapeutiques de la lumière infrarouge sur le psychisme, et plus précisément sur la dépression lourde.*

*Cela donne l'occasion de montrer comment à partir des travaux théoriques d'Emile Pinel on peut tenter de justifier ces deux effets. Mais il faut bien préciser qu'il s'agit de tentatives, et pas de démonstrations rigoureuses.*

*L'intérêt -éventuel- de ces tentatives d'explication est de montrer comment des voies de recherche pourraient être ouvertes à partir des travaux de Pinel.*

## Sommaire

<b>Remarque sur un article</b>	<b>2</b>
<b>Les éléments issus des textes de Pinel :</b>	<b>3</b>
<i>Rappel sur la période leucocytaire et la période d'incubation</i>	3
<i>Formule du pendule simple et application à la période leucocytaire</i>	5
<b>Le ralentissement du fonctionnement cellulaire chez les cosmonautes.</b>	<b>5</b>
<b>Effets de la lumière infrarouge sur le psychisme.</b>	<b>7</b>
<b>Conclusion :</b>	<b>11</b>
<i>Annexe 1: Variation de la période leucocytaire en fonction de l'altitude</i>	12
<i>Annexe 2 : Comment la lumière infrarouge agit sur le psychisme</i>	14
<i>Annexe 3 : Extrait de l'article « Behavioral and Brain Functions »</i>	19
<i>Annexe 4 : Extrait de la thèse sur le complexe cytochrome c oxydase humain</i>	22
<i>Annexe 5 : Extrait article de Tiina Karu</i>	23
<b>Bibliographie</b>	<b>26</b>

## Remarque sur un article

Dans la revue « Nouvelles Clés » N°65 de Mars-Avril-Mai 2010

Il y a un article intitulé

« La lumière rouge régénère toute nos cellules »

Il est signé par Bobby Loewenstein à propos du livre du Dr. Luc Benichou « Que la lumière soigne ! » aux Editions JC Lattés.

Il s'agit de travaux faits en Russie qui utilisent la lumière infrarouge pour certains traitements.

J'extrais de cet article le paragraphe suivant de la page 35 :

*« La découverte de Finsen [ Médecin danois de la fin du XIX<sup>e</sup> siècle qui découvrit les bases de la thérapie par la lumière ] est revenue sur la scène de façon inattendue : du fait d'un problème très ennuyeux rencontré par les cosmonautes. Russes et Américains se sont en effet rendu compte que, dans l'espace, plus*

*la gravité diminuait, plus le fonctionnement des cellules ralentissait, induisant toute sortes de troubles et représentant à terme un danger mortel. Il se trouve que, par ailleurs, dès le début de leur exploration, les agences spatiales avaient cherché à réguler la vie des cosmonautes échappant au rythme circadien terrestre, en remplaçant celui-ci par un cycle d'éclairage artificiel optimal – agissant en particulier sur la sécrétion, par l'épiphyse, de la mélatonine, cette hormone qui régule toutes nos horloges internes. »*

J'ai souligné la phrase qui a attiré mon attention.

En effet elle rappelle celle de E. Pinel qui écrit dans son livre « Les Fondements de la biologie mathématique non statistique » (Editeur Maloine 1973 – page 176)

*« les processus biologiques s'accélèrent lorsque  $T$  [ période d'incubation] diminue et se ralentissent lorsque  $T$  augmente »*

Par ailleurs Pinel a montré l'influence de la gravité sur le temps biologique et donc sur les processus biologiques.

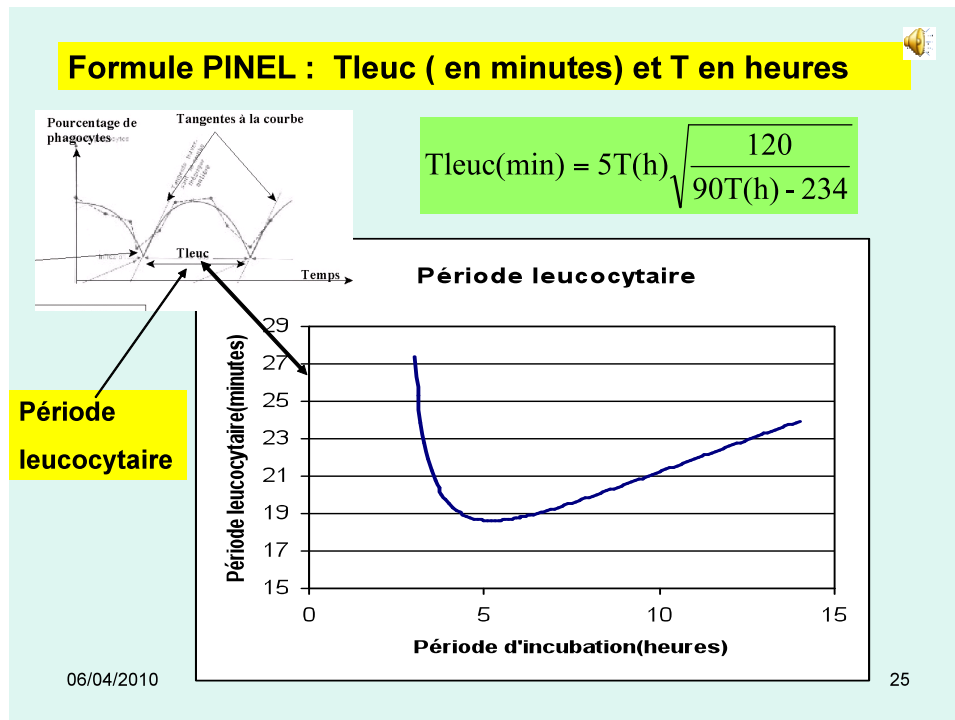
Je me propose ici d'essayer de montrer très simplement comment on peut justifier la phrase soulignée ci-dessus.

### **Les éléments issus des textes de Pinel :**

#### ***Rappel sur la période leucocytaire et la période d'incubation***

Il est peut-être utile de rappeler brièvement les travaux de Pinel relatifs aux globules blancs.

Pinel mesure les pourcentages de globules blancs dans un millimètre cube de sang. Il s'aperçoit que ce pourcentage varie dans le temps en suivant une courbe présentant un maximum comme indiqué sur le petit encart à gauche de la figure ci-dessous. La largeur du bas de la courbe est appelée la « période leucocytaire ».



La période leucocytaire d'une personne en bonne santé est de 84 minutes. Selon Pinel les globules blancs ne sont évidemment pas apparus au moment de la mesure, ils ont été fabriqués avant la mesure dans une période de temps qu'il appelle la période d'incubation.

Mais tous les instants de cette période d'incubation ne sont pas utilisés. Seuls quelques instants de cette période d'incubation servent à la fabrication effective des globules blancs, ces instants particuliers constituent ce que Pinel appelle le « temps biologique ».

On vient de voir que la période leucocytaire d'une personne en bonne santé est de 84 minutes. A quelle période d'incubation cela correspond-t-il ?

Le calcul montre que pour une période leucocytaire de 84 minutes, la période d'incubation est de 209 heures. La courbe en V ci-dessus intitulée « Période leucocytaire » montre la variation de la période leucocytaire en fonction de la période d'incubation. Pour faire apparaître le minimum de cette courbe – important sur le plan thérapeutique d'après Pinel - il a fallu restreindre les échelles des axes et donc la valeur « 209 heures » pour la période

d'incubation n'est pas visible sur l'axe horizontal (gradué de 0 à 15 heures).

***Formule du pendule simple et application à la période leucocytaire***

Pinel montre que la période leucocytaire, que j'appelle « Tleuc », peut se calculer à partir de la formule du pendule simple rappelée ci-dessous :

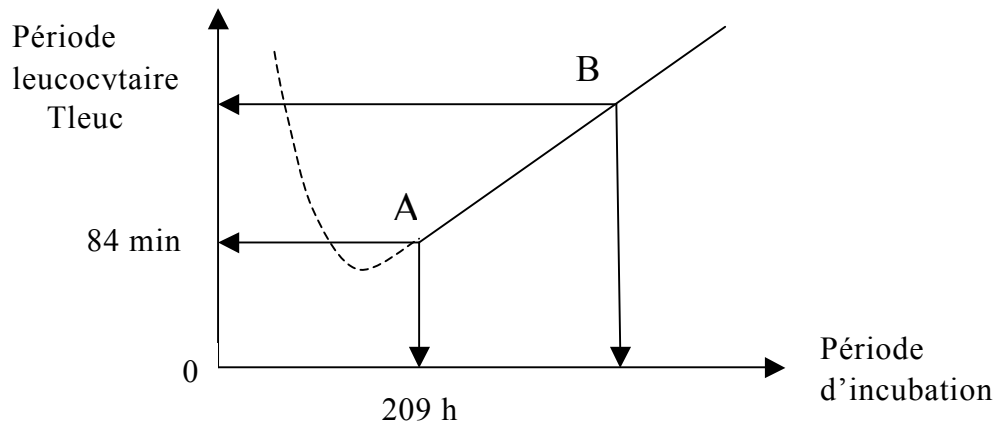
$$T_{leuc} = 2\pi \times \sqrt{\frac{l}{g}}$$

Dans cette formule « l » est la longueur du pendule et « g » est l'attraction de la pesanteur à l'orbite où l'on se trouve. Sur Terre  $g=9,81$  m/s/s. Et Pinel montre que pour retrouver la période leucocytaire de 84 minutes il faut une longueur égale au rayon de la Terre ! Pour Pinel ce résultat –curieux à priori- est en réalité fondamental.

Si on admet que l'association « Pendule-simple et période leucocytaire » est générale (Ce que Pinel montre partiellement à la page 175 de son livre « Les Fondements.. ») peut-on justifier le ralentissement du fonctionnement cellulaire chez les cosmonautes ? Comme on va le voir ci après, la réponse est « oui ».

**Le ralentissement du fonctionnement cellulaire chez les cosmonautes.**

Pour comprendre le raisonnement très simple qui va suivre il faut faire un agrandissement de la courbe précédente en V, un « zoom », sur la branche de droite de la courbe, ce que je représente ci-dessous : (le dessin n'est évidemment pas à l'échelle.)



Les cosmonautes sont sur une orbite où la pesanteur est faible c'est-à-dire que l'attraction terrestre est faible donc le «  $g$  » dans la formule de  $T_{leuc}$  ci-dessus ne vaut plus  $9,81\text{m/s/s}$  mais a une valeur inférieure. (il peut même être nul et c'est l'apesanteur)

Donc si l'attraction terrestre diminue, «  $g$  » va diminuer et comme il est au dénominateur cela va faire augmenter le rapport «  $l/g$  » et donc la période leucocytaire  $T_{leuc}$ . Cela suppose que «  $l$  » est fixe, en fait il varie peu et c'est l'influence de «  $g$  » qui est prépondérante. Un calcul simplifié (voir annexe 1) montre que, à cause de la diminution de l'attraction terrestre, la période leucocytaire  $T_{leuc}$  croît avec l'altitude. Cela signifie que le point A de la courbe ci-dessus passe au point B où  $T_{leuc}$  est plus grand, mais cela correspond à une période d'incubation plus longue que celle correspondante à  $T_{leuc} = 84$  minutes. Or la période d'incubation contient les instants biologiques et il semble logique de penser que plus cette période d'incubation est grande plus elle contient de temps biologique ; cela signifie que le processus biologique associé à cette période d'incubation demandera plus de temps biologique pour se réaliser, il sera donc ralenti. C'est bien ce qui est observé.

## **Effets de la lumière infrarouge sur le psychisme.**

Dans l'article déjà cité de la revue « Nouvelles Clés » j'extrais de la page 37 le paragraphe suivant :

*« Et là-dessus, il y a quelques jours à peine, début janvier 2010, est parue une étude absolument sensationnelle, venant de l'école de médecine de Boston, le sommet de la médecine américaine, le Massachusetts General Hospital. Trois départements de psychiatrie viennent d'y achever une étude sur la dépression lourde, qui valide la photothérapie au-delà de l'imaginable. Ce qui est très étonnant, c'est que ça consiste simplement à éclairer le cerveau, à travers les os du crâne. On place un petit émetteur de lumière **infrarouge**, comme une lampe de poche de cinq ou six centimètres de diamètre en quatre endroits du front, en une seule séance de trois fois quatre minutes. Une seule séance ! Ça suffit à stimuler les cellules du cortex frontal et les résultats sont absolument étonnants. »*

**Ces « résultats »** sont effectivement « **étonnants** » .

En effet comment de la lumière infrarouge peut-elle agir sur le psychisme ?

C'est là que Pinel apporte – peut-être – une réponse.

Avant de donner « le fil conducteur » il est peut-être utile de préciser au lecteur curieux qu'il trouvera dans les annexes (2 et suivantes) tous les textes et références qui m'ont servi à présenter le (long ) résumé ci-dessous .

Dans un souci de lisibilité ces références ne seront pas toutes mentionnées dans ce résumé puisqu'elles sont dans les annexes.

L'idée qui guide mon raisonnement est la suivante.

Pinel affirme que le champ H3 possède une composante psychique et il montre –par le calcul – que ce champ H3 est lié au pas de l'hélice ADN. Il en résulte que si l'on veut agir sur le psychisme il faut agir sur l'ADN. Comme on vient de voir que la

lumière infrarouge agit sur le psychisme on aurait tendance à penser que cette lumière infrarouge agit sur l'ADN mais cela est faux car l'ADN est insensible à l'infrarouge. Le chemin « infrarouge-ADN » est donc fermé.

Il faut donc trouver celui qui mène à l'ADN et donc au champ H3 et donc au psychisme. Pour cela il faut savoir comment fonctionne les cellules.

*« Il a été établi que toutes les cellules de notre corps reçoivent leur énergie de minuscules « centrales » les mitochondries qui fonctionnent notamment grâce à une molécule, l'adénosine triphosphate ou ATP »* (Ref. : article cité de la revue Nouvelles Clés)

Par ailleurs il a été également établi que la lumière infrarouge est absorbée par les mitochondries que l'on pense être à l'origine des phénomènes biologiques dus à la photothérapie.

Il reste à savoir quel est le photorécepteur, c'est-à-dire la molécule réceptrice de la lumière infrarouge. C'est là qu'intervient la biologiste russe Tiina Karu ; elle a montré que la synthèse de l'ATP n'était possible que si une protéine lui fournissait du courant électrique et cette protéine est la « cytochrome c oxydase ».

Il est expérimentalement établi que c'est cette protéine qui absorbe la lumière infrarouge. Dès qu'elle reçoit un photon infrarouge elle stimule la synthèse de l'ATP !

Cette protéine est constituée de « morceaux » codés par l'ADN nucléaire (du noyau de la cellule) et l'ADN mitochondrial .

Tiens ..voilà l'ADN qui apparaît ...

Il faut maintenant ouvrir une parenthèse.

L'expérience montre que le taux de synthèse de l'ADN et de l'ARN est stimulé par de la lumière dans la bande (330 -860 nm) c'est-à-dire, grosso-modo, la bande visible et invisible (UV et IR) mais surtout il est démontré que le noyau (qui contient l'ADN) ne contient pas de molécules photo-réceptrices.

Fermons la parenthèse.



Il faut aussi rappeler qu'il a été démontré qu'une insuffisance dans la production d'énergie – et donc d'ATP – peut entraîner des symptômes de la dépression.

Nous avons maintenant tous les éléments nécessaires au raisonnement et on peut faire un bilan provisoire.

Que savons nous ?

Que la lumière infrarouge agit sur le psychisme.

Que le psychisme, selon Pinel, est une composante du champ H3 lié au pas de l'hélice ADN.

Que l' infrarouge est absorbé dans la mitochondrie qui contient de l'ATP, molécule qui lui fournit l'énergie nécessaire à son métabolisme c'est-à-dire aux diverses réactions chimiques qui s'y passent.

Que la synthèse de l'ATP dans la mitochondrie nécessite la présence d'une protéine, la cytochrome c oxydase qui est sensible à l'infrarouge.

Que cette protéine est constituée de « morceaux » codés par l'ADN nucléaire et mitochondrial.

Que le taux de synthèse de l'ADN nucléaire est stimulé par de la lumière mais que l'ADN est insensible à l'infrarouge et que le noyau ne contient aucune molécule photo réceptrice.

Mais ce que nous ne savons pas c'est comment la protéine cytochrome c oxydase qui reçoit les photons en informe le noyau. Ceci est très important et c'est pourquoi il faut donner les textes « sources ».

Tiina Karu écrit (Ref :voir annexe) :

*“ We know from the action spectra that the DNA and RNA synthesis rate is influenced by irradiation (Section 2), and we know that the photoacceptor (tentatively cytochrome c oxidase) is located in mitochondria (Section 3). There is an important question left: how the signal generated by the light quanta in cytochrome c oxidase is transduced to the nucleus. The answer is that **mitochondrial retrograde signaling** quite probable is responsible for this”*

Que l'on peut traduire comme suit :

« Nous savons à partir des spectres d'action que le taux de synthèse de l'ADN et de l'ARN est influencée par l'irradiation (Section 2), et nous savons que le photoaccepteur (provisoirement cytochrome oxydase c) se trouve dans les mitochondries (Section 3). Il reste une question importante: comment le signal généré par le quanta de lumière dans la cytochrome c oxydase est transmis et traduit vers le noyau. La réponse est qu'il est très probable que le responsable est un signal retour de la mitochondrie vers le noyau »

Un peu plus loin Tiina Karu écrit :

*“One pathway of communication in cells from mitochondria to the nucleus that influences many cellular activities under both normal and pathophysiological conditions is mitochondrial retrograde signaling (74, 75). This recently discovered signaling is an opposite signaling pathway to a common and well defined pathway transforming information from the nucleus and cytoplasm to the mitochondria. **Mitochondrial retrograde signaling sends information back to the nucleus about changes in the functional state of the mitochondria**”*

Que l'on peut traduire :

« Une voie de communication dans les cellules des mitochondries vers le noyau qui influence de nombreuses activités cellulaires dans des conditions normales et physiopathologiques est un signal rétrograde mitochondrial (74, 75). Ce type de signal récemment découvert est une voie de communication à l'opposé de la voie commune et bien définie qui transforme l'information du noyau et du cytoplasme vers la mitochondrie. **Le signal mitochondrial est rétrograde et renvoie des informations vers le noyau pour l'informer des changements de l'état fonctionnel des mitochondries »**

En bref la « grande nouvelle » c'est qu'il est maintenant bien établi qu'il existe un signal retour du cytoplasme vers le noyau alors que dans le schéma classique l'information va du noyau vers le cytoplasme.

Si on suit la théorie de Pinel c'est ce signal retour qui atteint l'ADN du noyau et donc le champ H3 et donc le psychisme !

En résumé c'est la présence d'une quantité suffisante d'ATP qui fait réagir la protéine cytochrome c oxydase, cette dernière renvoie un signal à l'ADN nucléaire et c'est cela qui agirait sur le psychisme, par l'intermédiaire du champ H3 SI la théorie de Pinel est vraie.

Très bien ! Supposons que la théorie Pinel soit vraie.

Qu'apporte –elle de plus aux explications « classiques » relatives à l'influence de l'ATP sur le psychisme ?

Autrement dit qu'apporte le fait de savoir que ce ne serait pas la présence d'ATP qui influe sur le psychisme mais plutôt l'action du signal retour de la protéine vers l'ADN qui en serait le « vrai » responsable ?

Tout « simplement » qu'il suffirait –peut-être - d'agir directement sur l'ADN, mais comment ? voilà la question ...

### **Conclusion :**

En résumé le ralentissement du fonctionnement cellulaire chez les cosmonautes et les effets de la lumière infrarouge sur le psychisme semblent pouvoir être expliqués à partir des travaux et des idées de Pinel. Cela suggère que ses idées pourraient –peut-être- servir de guide pour suggérer des voies de recherches.

### Remarque relative aux Annexes :

Certains textes cités dans les Annexes sont très techniques ; en conséquence ils ne seront vraiment compris que par ceux ayant une solide formation en biologie, ce qui n'est pas mon cas. Il m'a paru cependant nécessaire et utile de citer ces textes tels quels.

***Annexe 1: Variation de la période leucocytaire en fonction de l'altitude***

Ce calcul, très simple, a pour but de montrer comment varie la période leucocytaire en fonction de l'altitude.

Le poids d'un corps est donné par la formule classique  $P=mg_0$  formule où « m » est la masse supposée invariable du corps et «  $g_0$  » l'accélération de la pesanteur au niveau du sol .

Les formules suivantes sont classiques :

$$g_0 = \frac{GM}{R_T^2}$$

$$g(h) = \frac{GM}{R_T^2 \left(1 + \frac{h}{R_T}\right)^2}$$

$$g(h) = \frac{g_0}{\left(1 + \frac{h}{R_T}\right)^2}$$

Dans ces équations « G » est la constante universelle de la gravitation et « M » est la masse de la Terre supposée concentrée en son centre et  $R_T$  est le rayon terrestre moyen.

La période leucocytaire  $T_{leuc}$  est donnée par la formule du pendule simple :

$$Tleuc(h = 0) = 2\pi \sqrt{\frac{R_T}{g_0}} = 84 \text{ min}$$

$$Tleuc(h) = 2\pi \sqrt{\frac{R_T + h}{g}} = 2\pi \sqrt{\frac{R_T \left(1 + \frac{h}{R_T}\right) \times \left(1 + \frac{h}{R_T}\right)^2}{g_0}}$$

$$Tleuc(h) = 2\pi \sqrt{\frac{RT}{g_0}} \times \sqrt{\left(1 + \frac{h}{R_T}\right)^3}$$

$$Tleuc(h) = Tleuc(h = 0) \times \sqrt{\left(1 + \frac{h}{R_T}\right)^3}$$

On constate que la période leucocytaire à une hauteur « h » ,  $Tleuc(h)$  est supérieure à la période leucocytaire au sol ( $Tleuc(h=0)$ ).

La forme de la courbe  $Tleuc = F(T \text{ incubation})$  est un V mais on est dans la partie droite de la courbe . Si  $Tleuc$  croit cela entraîne un accroissement de la période d'incubation et donc un ralentissement des processus biologiques.

En effet la période d'incubation contient les instants biologiques et il semble logique de penser que plus cette période d'incubation est grande plus elle contient de temps biologique ; cela signifie que le processus biologique associé à cette période d'incubation demandera plus de temps biologique il sera donc ralenti.

## ***Annexe 2 : Comment la lumière infrarouge agit sur le psychisme***

Pour que cette annexe soit la plus claire possible il est nécessaire de commencer depuis le début .

Dans la revue « Nouvelles Clés » N°65 de Mars-Avril-Mai 2010

Il y a un article intitulé

« La lumière rouge régénère toute nos cellules »

Il est signé par Bobby Loewenstein à propos du livre du

Dr. Luc Benichou « Que la lumière soigne ! » aux Editions JC Lattés. Il s'agit de travaux fait en Russie qui utilisent la lumière infrarouge pour certains traitements.

J'extraie de la page 37 de cet article le paragraphe suivant :

*« Et là-dessus, il y a quelques jours à peine, début janvier 2010, est parue une étude absolument sensationnelle, venant de l'école de médecine de Boston, le sommet de la médecine américaine, le Massachusetts General Hospital. Trois départements de psychiatrie viennent d'y achever une étude sur la dépression lourde, qui valide la photothérapie au-delà de l'imaginable. Ce qui est très étonnant, c'est que ça consiste simplement à éclairer le cerveau, à travers les os du crâne. On place un petit émetteur de lumière **infrarouge**, comme une lampe de poche de cinq ou six centimètres de diamètre en quatre endroits du front, en une seule séance de trois fois quatre minutes. Une seule séance ! Ça suffit à stimuler les cellules du cortex frontal et les résultats sont absolument étonnants. »*

Ce même article a le mérite de donner le site de référence des travaux cités dont voici l'adresse :

<http://www.behavioralandbrainfunctions.com/content/5/1/46>

En se reportant à ce site on trouve l'article « Behavioral and Brain Functions ».

On y apprend que la lumière utilisée est une lumière infrarouge de longueur d'onde 810 nm (1 nanomètre est égal à un milliardième

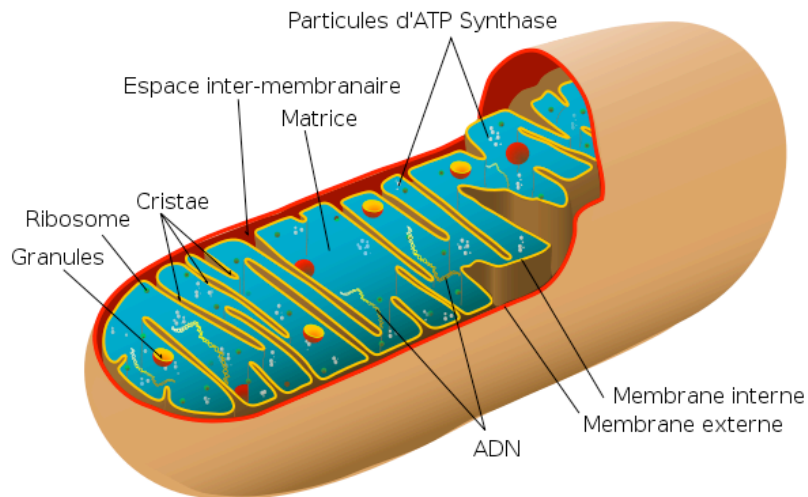
de mètre ou à un millionième de mm ) et on peut lire la phrase suivante :

*«Moreover this wavelength has been shown to be effectively absorbed by mitochondria that are believed to be responsible for the biological effects of photobiomodulation .»* qu'on peut traduire comme suit :

« D'ailleurs il a été montré que cette longueur d'onde est effectivement absorbée par les mitochondries que l'on pense être responsables des effets biologiques de la lumière » .L'annexe 3 donne des précisions en particulier sur les puissances utilisées et le choix de la bande spectrale.

Il faut maintenant rappeler que les mitochondries contiennent de l'ADN comme le montre le schéma suivant obtenu sur le site Wikipédia.

(<http://fr.wikipedia.org/wiki/Mitochondrie>)



Par ailleurs on sait que Pinel a montré que le champ H3 est lié au pas de l'hélice ADN et que ce champ H3 possède, selon lui, une composante psychique.

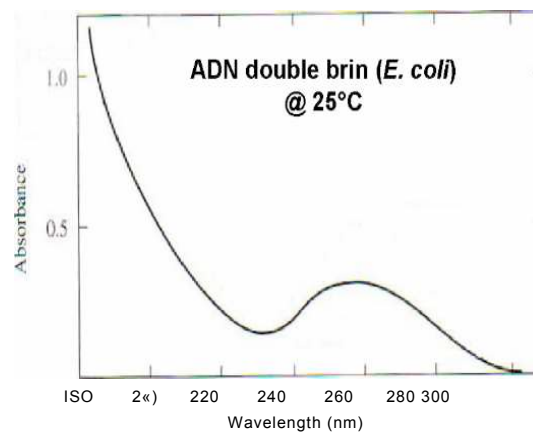
Dans ces conditions l'influence de la lumière infrarouge sur le psychisme (et plus précisément sur la dépression) paraîtrait assez logique puisqu'il y a de l'ADN dans la mitochondrie.

Mais cela suppose que cet ADN est sensible à l'infrarouge .

L'expérience montre que les acides nucléiques, c'est-à-dire l'ADN, ont un spectre d'absorption autour de 260 nm comme le montre le schéma ci-dessous extrait du site :

<http://www.esi.umontreal.ca/~badiaa/spectro-moleculaire-3.pdf>

*Les spectres d'absorption des acides nucléiques présentent une bande d'absorption maximale autour de 260 nm (transitions  $n \rightarrow \pi^*$  dans les purines et pyrimidines) et un signal croissant à  $\lambda < 220$  nm).*



*(D'après I. Tinoco, K. Sauer & J. C. Wang, **Physical Chemistry: Principles & Applications in***

On en déduit que l'ADN est insensible à l'infrarouge (autour de 750 nm) Par ailleurs voici ce qu'écrit Tiina Karu :

*"First at all, let us remember that in eukaryotic cells, DNA and RNA synthesis occur in the nucleus, which does not have chromophores absorbing in the spectral region used for laser phototherapy (600-900 nm)"*

Que l'on peut traduire :

“Avant tout il faut rappeler que dans les cellules eucaryotes la synthèse de l'ADN et de l'ARN se produit dans le noyau qui n'a pas de récepteurs (chromophores) absorbant le spectre laser utilisé en photo thérapie (600nm à 900 nm)

**Le rôle de l'ADN serait donc moins simple que celui envisagé ci-dessus et surtout l'ADN est insensible à l'IR.**

Alors comment l'infrarouge agit-il sur le psychisme ? par un chemin bien détourné – si la théorie de Pinel est vraie . Pour connaître ce « chemin détourné » il faut, de nouveau, se référer à



l'article cité de la revue « Nouvelles Clés » dont j'extraie le texte suivant (encart de la page 35):

*« Toutes les cellules de notre corps reçoivent leur énergie de minuscules « centrales », les mitochondries, qui fonctionnent notamment grâce à une molécule : l'adénosine triphosphate, ou ATP. Ce que la géniale biologiste russe Tina Karu a réussi à découvrir, en 1995, après un énorme travail financé par l'industrie spatiale russe, c'est que la synthèse de l'ATP serait impossible si une très grosse molécule de protéine ne lui apportait pas du courant électrique, commandant en quelque sorte tout le processus. Or, cette protéine, la cytochrome C oxydase, contient du fer et du cuivre, ce qui la rend hypersensible à la lumière rouge : dès qu'un photon -la touche, elle donne l'ordre de fabriquer de l'ATP et la cellule repart, ou fonctionne de plus belle. Elle se régénère ! »*

J'ai souligné le texte relatif à la protéine cytochrome C oxydase . On sait que l'ADN joue un rôle important dans la synthèse des protéines. On se demande donc comment cette protéine est fabriquée. La réponse se trouve dans une thèse de l'Université de Paris citée en Annexe 4 et dont « l'abstract » commence par la phrase suivante :

*« Le complexe mitochondrial cytochrome c oxydase (COX) catalyse l'étape finale de transfert d'électrons vers l'oxygène moléculaire au cours de la phosphorylation oxydative. Ce complexe est constitué de 10 sous-unités codées par le génome nucléaire et 3 sous-unités codées par l'ADN mitochondrial. »*

Autrement dit l'ADN du noyau cellulaire ( le génome cellulaire) et l'ADN mitochondrial interviennent dans la synthèse de la protéine cytochrome c oxydase.

On peut résumer ce qui vient d'être écrit par le schéma suivant :  
Le spectre visible et invisible et notamment la lumière infrarouge stimule la fabrication d'ADN.

Cet ADN nucléaire ainsi que l'ADN mitochondrial participent à la fabrication de l'ATP, molécule qui fournit l'énergie cellulaire.

Par ailleurs le manque d'ATP peut favoriser un état dépressif . Par exemple le site ci-dessous indiqué

<http://www.ei-resource.org/news/mental-&-emotional-problem-news/depression-may-be-caused-by-poor-cellular-energy-production/>

présente un article où l'on peut lire la phrase :

*“A new study indicates that a deficiency in the production of energy within the body's cells may play an important role in the symptoms of depression, particularly the physical symptoms”*

Que l'on peut traduire comme suit :

*« Une nouvelle étude indique qu'une insuffisance dans la production d'énergie dans les cellules du corps peut jouer un rôle important dans les symptômes de la dépression, en particulier les symptômes physiques ».*

Faisons le point :

Nous savons que la lumière infrarouge agit sur les dépressions lourdes. Nous savons aussi que cela est dû à la stimulation de la fabrication d'ATP ,cette molécule qui fournit l'énergie aux cellules et nous savons que le déficit en ATP joue un rôle dans la dépression.

Nous savons enfin que la fabrication de l'ATP est stimulée par une molécule photo réceptrice, la protéine cytochrome c oxydase à la suite des travaux de la biologiste russe Tiina Karu.

Mais ce qui n'est pas clair c'est comment l'énergie fournie par l'ATP se transmet au psychisme ?

La réponse c'est que la protéine cytochrome c oxydase envoie un signal vers le noyau (Voir l'Annexe 4). Ce message « retour » est une « nouveauté » car généralement l'information part du noyau vers le cytoplasme et le reste de la cellule et non l'inverse comme c'est ici le cas.

C'est ce signal « retour » qui permet d'évoquer la théorie de Pinel. Comme d'après lui le champ H3 est lié au pas de l'hélice ADN il semble raisonnable de penser que ce signal retour aura une action sur l'ADN donc sur H3 donc sur le psychisme.

Ainsi si ma compréhension de la théorie de Pinel est correcte, ce n'est pas la présence de l'ATP qui serait responsable des effets

psychiques mais plutôt le signal retour de la protéine cytochrome c oxydase vers l'ADN !

**Annexe 3 : Extrait de l'article « Behavioral and Brain Functions »**

<http://www.behavioralandbrainfunctions.com/content/5/1/46>

*Photobiomodulation with near infrared light:*

*“The treatment consisted of applying PBM in the form of a light emitting diode (LED) array (Marubeni America Corp, Santa Clara, CA) with a peak wavelength of 810 nm with a full width half maximum of 40 nm, delivering an irradiance of 250 mW/cm<sup>2</sup> when applied at 4 mm from the skin. The treatment consisted of exposure to the light for 4 minutes (total delivered fluence per site of 60 J/cm<sup>2</sup>) at each of 2 sites on the forehead that correspond to the 10-20 EEG sites, F3, and F4. Based on a penetration of 3.7% of the light to the dura, we calculated that 2.1 J/cm<sup>2</sup> was delivered to each of the treated areas of the brain. The level of light exposure at the skin was well below the irradiance allowed by the ANSI standard of 320 mW/cm<sup>2</sup>.*

*Based on that standard, we conclude that the level of light exposure either to the skin (power density of 250 mW/cm<sup>2</sup> and total fluence of 60 J/cm<sup>2</sup>) and to the surface of the brain (power density of 9.5 mW/cm<sup>2</sup> and total fluence of 2.1 J/cm<sup>2</sup>) to each of the 2 treated areas of the forehead poses no significant risk as discussed above. Subjects wore protective eyewear even though the physician administering the PBM was careful to not shine the light in or near the eyes. The output of our device is at least 5 times less than the PhotoThera laser device (personal communication, Luis DeTaboada, PhotoThera Inc, Carlsbad, CA) that was used without observed side-effects in stroke patients [17], and was found in a study of the rat brains exposed to light to cause no observable behavioral or cellular alterations [31]. In the human stroke study, the patients' heads were shaved and they were treated at 20 sites around the entire head. Subjects were not shaved in the present study*

*as light was applied only to the forehead.*

*The rationale for the optical parameters were as follows: The wavelength of 810-nm is optimum for light penetration of living tissue due to minimization of absorption by all three major tissue chromophores, hemoglobin, melanin and water. Moreover this wavelength has been shown to be effectively absorbed by mitochondria that are believed to be responsible for the biological effects of photobiomodulation. The energy density (60 J/cm<sup>2</sup>) was chosen with reference to other published studies reporting transcranial laser for stroke in humans and knowledge about the optical properties of human tissue as discussed in the text. The power density (250 mW/cm<sup>2</sup>) was chosen to be safe and avoid heating of the skin”.*

Que l'on peut traduire :

*« Le traitement a consisté à appliquer la PBM (photobiomodulation) sous la forme d'une rangée de diodes électroluminescentes (Marubeni America Corporation, Santa Clara, CA) avec une longueur d'onde maximale de 810 nm et une largeur totale à la moitié du maximum de 40 nm délivrant une irradiation de 250 mW/cm<sup>2</sup> quand elle est appliquée à 4 mm de la peau. Le traitement a consisté en une exposition à la lumière pendant 4 minutes (le total délivré est un flux (fluence) par site de 60 J/cm<sup>2</sup>)*

*À chacun de 2 sites sur le front qui correspondent aux 10-20 sites d'EEG, F3 et F4. En admettant une pénétration de 3.7 % de la lumière sur la dure mère, (dura) nous avons calculé que 2.1 J/cm<sup>2</sup> ont été délivrés à chacune des régions traitées du cerveau.*

*Le niveau d'exposition de la peau à la lumière était bien au-dessous de l'irradiation autorisée par la norme d'ANSI (d'INSTITUT AMÉRICAIN DE NORMALISATION) de 320 mW/cm<sup>2</sup>.*

*D'après cette norme nous concluons que le niveau d'exposition de la peau à la lumière (densité de puissance de 250 mW/cm<sup>2</sup> et flux total de 60 J/cm<sup>2</sup>) ou à la surface du cerveau (densité de puissance de 9.5 mW/cm<sup>2</sup> et flux total de 2.1 J/cm<sup>2</sup>) de chacune*

*des 2 régions du front traitées ne pose aucun risque significatif comme discuté ci-dessus. Les sujets portaient une protection des yeux bien que le médecin chargé d'appliquer le traitement PBM fasse très attention de ne pas diriger le faisceau lumineux proche des yeux ou dans les yeux.*

*L'énergie de notre dispositif est au moins 5 fois moindre que celle du dispositif laser PhotoThera (voir communication personnelle de Luis DeTaboada, PhotoThera Inc, Carlsbad, CA) qui a été utilisé sans observer d'effets secondaires sur des patients dépressifs (stroke patients) [17] et qui a montré sur des expériences sur le cerveau de rats qu'il n'y avait pas d'influence sur le comportement ou d'altération cellulaire.[31]*

*Dans l'étude sur les patients dépressifs, leurs têtes ont été rasées et ils ont subis des traitements sur 20 régions tout autour de la tête.*

*Dans l'étude présente les sujets n'ont pas été rasés car la lumière a été appliquée seulement sur le front.*

*Le choix des paramètres optiques était du aux raisons suivantes.:*

*La longueur d'ondes de 810 nm est optimum pour la pénétration de la lumière dans les tissus vivants, cela est due à une absorption minimale par les trois principaux tissus que sont les chromophores ,l'hémoglobine, la mélanine et l'eau.*

*De plus on a montré que cette longueur d'onde était efficacement absorbé par les mitochondries que l'on pense responsables des effets biologiques de la Photobiomodulation.(PBM).*

*La densité d'énergie (60 J/cm<sup>2</sup>) a été choisie en se référant à d'autres études relatives à l'éclairage par faisceau laser du crâne de patients dépressifs et par les connaissances des propriétés optiques des tissus humains comme discuté dans ce texte.*

*La densité de puissance (250 mW/cm<sup>2</sup>) a été choisie pour des raisons de sécurité et pour éviter de chauffer de la peau. »*

## ***Annexe 4 : Extrait de la thèse sur le complexe cytochrome c oxydase humain***

Source : <http://cat.inist.fr/?aModele=afficheN&cpsidt=166163>

### **Titre du document / Document title**

Le complexe cytochrome c oxydase humain: Etude de son expression chez le fœtus et l'adulte et dans des pathologies associées à des altérations du génome mitochondrial = Human cytochrome c oxidase complex: Study of its expression in fetus and adults and in pathologies associated with abnormalities of the mitochondrial genome

### **Auteur(s) / Author(s)**

Bonne Gisèle ; Leroux J.-P. (Directeur de thèse) ;

### **Affiliation(s) du ou des auteurs / Author(s) Affiliation(s)**

Université de Paris 07, Paris, FRANCE (Université de soutenance)

### **Résumé / Abstract**

Le complexe mitochondrial cytochrome c oxydase (COX) catalyse l'étape finale de transfert d'électrons vers l'oxygène moléculaire au cours de la phosphorylation oxydative. Ce complexe est constitué de 10 sous-unités codées par le génome nucléaire et 3 sous-unités codées par l'ADN mitochondrial. L'analyse par Northern-blot des ARN messagers de ces différentes sous-unités au stade fœtal et à l'âge adulte dans divers tissus (foie, muscle, cœur et intestin) révèle une augmentation coordonnée de l'expression des sous-unités mitochondriales et nucléaires concomitante à celle de l'activité COX. Dans le cas des sous-unités nucléaires VIa et VIIa, pour lesquelles deux isoformes, l'une constitutive (L) et l'autre spécifique du muscle et du cœur (H) sont observées, une commutation de l'expression des isoformes constitutives VIaL et VIIaL vers les isoformes spécifiques muscle/cœur VIaH et VIIaH est mise en évidence entre le stade fœtal et l'âge adulte dans le muscle et le cœur. Dans le foie, entre ces deux stades, l'expression des isoformes VIaL et VIIaL augmente parallèlement à l'activité enzymatique COX. L'analyse protéique du complexe COX par Western-Blot dans des pathologies associées à des anomalies du génome mitochondrial (mutations ponctuelles et délétions) montre que celles-ci engendrent une altération du processus de traduction mitochondriale. Dans le cas des délétions de l'ADN mitochondrial, une diminution de la synthèse des sous-unités COX d'origine nucléaire est constatée parallèlement à l'altération de la production des sous-unités d'origine mitochondriale. L'ensemble de ces études suggère l'existence de mécanismes de régulation qui coordonnent l'expression des deux génomes, nucléaire et mitochondrial. Cette régulation joue un rôle crucial dans la constitution et la fonctionnalité du complexe COX et permet d'adapter l'activité COX aux variations de demande en énergie des cellules

### **Source / Source**

Travaux Universitaires - Thèse nouveau doctorat  
1994 [Note(s) : [190 p.]] (bibl.: 366 ref.) (Année de soutenance : 1994) (N° : 94 PA07 7011)

### **Langue / Language**

Français

### **Mots-clés anglais / English Keywords**

Fetus ; Adult ; Cytochrome-c oxidase ; Gene expression ; Genome ; Human ; Oxidoreductases ; Enzyme ;

### **Mots-clés français / French Keywords**

Foetus ; Adulte ; Cytochrome-c oxydase ; Expression génique ; Génome ; Homme ; Oxidoreductases ; Enzyme ;

### **Mots-clés espagnols / Spanish Keywords**

Feto ; Adulto ; Cytochrome-c oxidase ; Expresión genética ; Genoma ; Hombre ; Oxidoreductases ; Enzima ;

### **Localisation / Location**

INIST-CNRS, Cote INIST : T 96615

### **Annexe 5 : Extrait article de Tiina Karu**

Voici un extrait d'un article de cette biologiste russe.

Site source ; <http://www.photobiology.info/Karu.html>  
Traduction par Google et revue !

### **ACTION du SPECTRE (de lumière) Son importance pour la THERAPIE en faible luminosité**



Photo rajoutée à l'article

Tiina Karu

Laboratoire de laser la biomédecine  
Institut des technologies de laser et de l'information  
Académie russe des sciences  
Troitsk 142190, région de Moscou, Fédération de Russie  
tkaru@isan.troitsk.ru  
[www.isan.troitsk.ru / dls / karu.html](http://www.isan.troitsk.ru/dls/karu.html)

Pour comprendre la suite il faut donner la définition suivante d'un « spectre d'action »

Qu'est ce qu'un « spectre d'action » voici le texte original et la traduction proposée :

*« An action spectrum is a plot of the relative effectiveness of different wavelengths of light in causing a particular biological response, and under ideal conditions, it should mimic the absorption spectrum of the molecule that is absorbing the light, and whose photochemical alteration causes the effect »*

Traduction proposée :

« Un spectre d'action est un graphique de l'efficacité relative des différentes longueurs d'onde de la lumière qui provoquent une réaction biologique particulière, et dans des conditions idéales, il devrait ressembler au spectre d'absorption de la molécule qui absorbe la lumière, et dont l'altération photochimique cause l'effet ( 2) ».

Et surtout le paragraphe 5 de cet article dont voici un extrait :

#### 5. MITOCHONDRIAL SIGNALING: HOW the LIGHT-GENERATED SIGNAL in MITOCHONDRIA can INFLUENCE CELLULAR METABOLISM

*"We know from the action spectra that the DNA and RNA synthesis rate is influenced by irradiation (Section 2), and we know that the photoacceptor (tentatively cytochrome c oxidase) is located in mitochondria (Section 3). There is an important question left: how the signal generated by the light quanta in cytochrome c oxidase is transduced to the nucleus. The answer is that **mitochondrial retrograde signaling** quite probable is responsible for this".*

Que l'on peut traduire comme suit :

« Les signaux mitochondriques : comment un signal lumineux dans la mitochondrie peut influencer le métabolisme cellulaire .

Nous savons par l'action d'un spectre de lumière que le taux de synthèse de l'ADN et de l'ARN est influencé par l'irradiation et nous savons que le récepteur (supposé être la cytochrome c oxydase) est localisé dans la mitochondrie. Il reste une question importante : comment le signal généré par les quanta de lumière dans la cytochrome c oxydase sont transmis et traduits (\*) pour le noyau . La réponse est qu'il y a très probablement un signal retour de la mitochondrie vers le noyau »

(\* : le mot « transduced » a été traduit par les mots « transmis et traduits » . En fait, si j'ai bien compris, il s'agit d'un phénomène de transduction. Un transducteur est un appareil transformant un type de signal en un autre type de signal, par exemple un écouteur transforme un signal électrique en signal acoustique. Ici le signal lumineux reçu par la cytochrome c oxydase est transformé en un autre type de signal et **FIN TXT PRINCIPAL** toute la question est de connaître la nature de ce nouveau signal)



Voici maintenant des extraits d'un autre article de Tiina Karu

(Invited Review : Mitochondrial signaling in Mammalian cells Activated by Red and Near\_IR Radiation – Photochemistry and Photobiology, 2008,84:1091-1099)

Extrait de l'introduction :

*“One pathway of communication in cells from mitochondria to the nucleus that influences many cellular activities under both normal and pathophysiologic conditions is the mitochondrial retrograde signaling (reviews: 1,2). This recently discovered signaling is a signaling pathway opposite to a common and well-defined pathway transforming information from the nucleus and cytoplasm to the mitochondria. The retrograde signaling sends information back to the nucleus about changes in the functional state of the mitochondria”*

Que l'on peut traduire :

« L'une des pistes de communication dans les cellules depuis les mitochondries vers le noyau qui influence beaucoup d'activités cellulaires normales et pathologiques est le signal rétrograde envoyé par la mitochondrie. Ce type de signaux récemment découvert est à l'opposé du chemin bien connu transformant l'information du noyau et du cytoplasme vers la mitochondrie. Le signal retour envoie de l'information au noyau en ce qui concerne les changements de l'état fonctionnel de la mitochondrie ».

Et un peu plus loin dans ce même article on peut lire ;

*“ One widely used model system for exploring the mechanisms of mitochondrial retrograde signaling is proliferation. It is experimentally proved in this model that mitochondria have the capacity to communicate with the rest of the cell and send signals to the nucleus”*

Que l'on peut traduire comme suit :

« Un modèle largement utilisé pour explorer le mécanisme du signal retour (ou rétrograde) de la mitochondrie est la prolifération. Il est expérimentalement prouvé dans ce modèle que la mitochondrie a la capacité de communiquer avec le reste de la cellule et d'envoyer des signaux au noyau . »

## **Bibliographie**

Revue « Nouvelles Clés » Mars-Avril-Mai 2010

La lumière régénère nos cellules

Par Bobby Loewenstein

Action Spectra : Their importance for Low level light therapy

(<http://www.photobiology.info/Karu.html>)

Tiina Karu

Invited review

Mitochondrial signaling in Mammalian cells Activated

By red and Near-IR Radiation.

Photochemistry and Photobiology, 2008,84:1091-1099

Tiina Karu

Behavioral and Brain Functions

Psychological benefits 2 and 4 weeks after a single treatment with near infrared light to the forehead: a pilot study of ten patients with major depression and anxiety.

Martin H Teicher, Robert H Webb and Michael R Hamblin

<http://www.behavioralandbrainfunctions.com/content/5/1/46>

Présentation succincte des travaux d'Emile Pinel

(15/06/1906-10/05/1985) mathématicien et biologiste

Serge Nahon – Version 2 .

<http://www.arsitra.org>

Essai d'interprétation des champs cellulaires

H1, H2 et H3 d'Emile Pinel

Serge Nahon

<http://www.arsitra.org>

Diaporama Power Point (2003)

Emile Pinel ou « l'Einstein de la Biologie »

Serge Nahon

<http://www.arsitra.org>