

## Introduction

Les lasers sont utilisés en Dermatologie depuis les premiers travaux de Léon Goldman en 1963. Les applications sont aujourd'hui très nombreuses et font appel à plusieurs mécanismes d'action. Il est en effet possible de proposer de classer l'action des lasers selon 4 types d'effet. Cette distinction dépend du temps d'exposition et par conséquent de l'irradiance appliquée (cf. figure 1).

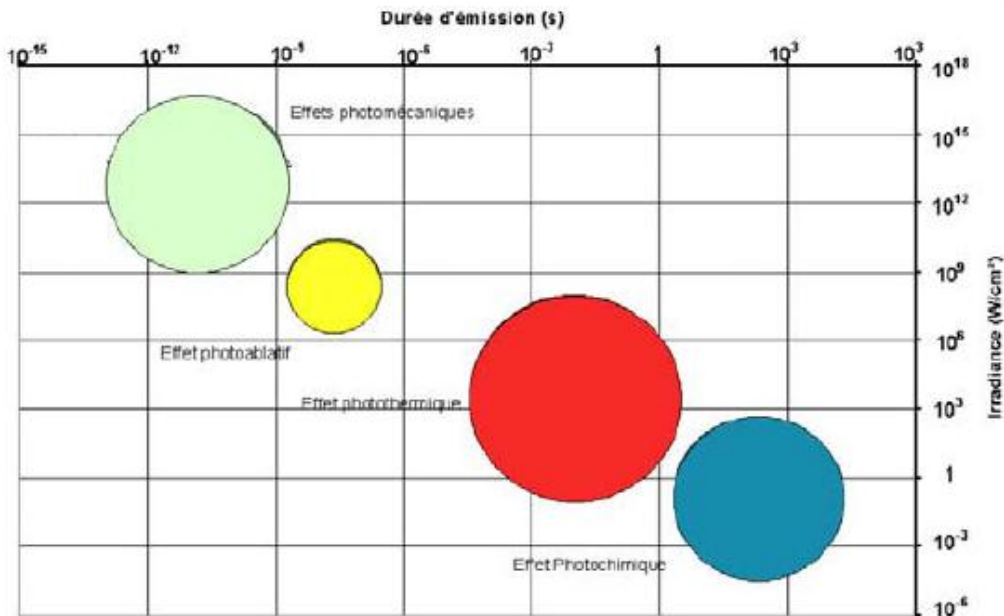
On distingue :

- ✓ **effet électromécanique** (action disruptive) qui est obtenue avec des impulsions de 10ps à 10ns et des irradiances de l'ordre de  $10^7$  à  $10^{12}$  W/cm<sup>2</sup>
- ✓ **effet photoablatif** qui est obtenu avec des impulsions de 10ns à 100ns. Dans ce cas, plus que l'irradiance, c'est le domaine spectral qui est important pour l'effet photoablatif, qui nécessite des photons très énergétiques (longueur d'onde < 300nm).
- ✓ **effet thermique** qui est obtenu avec des impulsions de 1ms à quelques secondes et des irradiances de l'ordre  $10^1$  à  $10^6$  W/cm<sup>2</sup>
- ✓ **effet photochimique** est obtenu en combinaison avec un photosensibilisant, avec des durées d'illumination s'étendant de la dizaine de secondes à la dizaine de minutes avec des irradiances généralement très faibles.

L'effet photoablatif n'est pas utilisé en Dermatologie. L'effet photochimique (en particulier la thérapie photodynamique), qui fait appel à des lampes ou bien des diodes électroluminescentes (LED), ne sera pas traité dans ce chapitre.

▶ Figure 1

Les différents effets obtenus avec les lasers en fonction de la durée d'émission du laser (S.Mordon)



Effet électromécanique

Lorsque une impulsion laser très courte (ns et en dessous) est focalisée sur une cible tissulaire, créant ainsi des irradiances élevées (de l'ordre de 10 W/cm<sup>2</sup>), il est possible d'obtenir localement des champs électriques élevés (10 V/m) comparables aux champs atomiques ou intramoléculaires.

De tels champs induisent un claquage électrique du matériau de la cible ayant pour résultat la formation d'un plasma. L'onde de choc associée à l'expansion plasma engendre des ondes de pression extrêmement importantes et, par conséquent, une rupture mécanique de la structure tissulaire. Cet effet électromécanique est généralement obtenu avec des lasers Nd:YAG (Q-switched) fonctionnant en mode déclenché (ns). Dès 1968, le laser QSwitched a été proposé pour le traitement des tatouages

## 1. Traitement des lésions pigmentées

Le traitement des lésions pigmentées nécessite la destruction des mélanosomes. La longueur d'onde 532nm est relativement bien absorbée par la mélanine tout en étant relativement bien transmise par l'épiderme.

L'impulsion laser conduit à un blanchiment immédiat de la lésion. La présence de vaisseaux à proximité conduit généralement aussi à un purpura, et dans le cas de fortes doses à une hémorragie microscopique après le traitement comme il est observé dans le cas des angiodyplasies cutanées.

Le blanchiment observé immédiatement, et qui diminue graduellement après quelques minutes, est un mécanisme qui n'est pas totalement élucidé. Il pourrait être lié à la formation de bulles de gaz soit lié au processus de cavitation induit par le laser, soit au phénomène de pyrolyse, soit aux deux. La formation de ces bulles de gaz (azote, monoxyde de carbone, dioxyde de carbone,...) pourrait conduire à une meilleure réflexion de la lumière, et donc au phénomène de blanchiment.

## 2. Dépigmentation par laser

Le traitement est basé sur une fragmentation des particules minérales induite par l'action mécanique du laser. Cette fragmentation des particules aboutit à leur élimination transépidermique pour une part et à leur phagocytose par les macrophages pour une autre part.

La compétition entre le pigment naturel, la mélanine et le pigment du tatouage peut engendrer la présence d'hypochromie en particulier sur peau mate et lorsque le tatouage est dense et/ou profond.

Le laser Q-Switched Rubis agit sur les couleurs vertes et turquoise de même que sur la couleur noire et parfois, de façon paradoxale, sur la couleur rouge.

Le laser Q Switched YAG à 1064 nanomètres et à 532 nanomètres permet de traiter sans difficultés les couleurs noires et rouges. Par contre ces deux longueurs d'onde sont quasiment inefficaces sur le bleu turquoise et vert.

Le recours au laser à colorant (Multilite ou Rainbow) permet d'améliorer cette efficacité. La dépigmentation est un effet indésirable, mais prévisible, observé avec le laser à 532nm (voir

paragraphe précédent) et, de la même façon que précédemment, la présence de vaisseaux à proximité peut conduire dans le cas de fortes doses à une hémorragie microscopique après le traitement.

Le laser **Q-switched Alexandrite** semble actif sur les tatouages noirs, verts et bleus et moins sur les rouges. Il semble moins rapide dans son efficacité que le laser Rubis dont il est proche au niveau de la longueur d'onde et de la durée d'émission.

Il existe des effets indésirables liés à la transformation d'un pigment par une modification chimique sous flux laser intense. A la différence de la plupart des grosses molécules organiques de colorant, des petites molécules telles que l'oxyde de fer  $Fe_2O_3$  (couleur rouge/brun) ou l'oxyde de titane  $TiO_2$  (couleur blanche) peuvent subir une réaction de réduction ( $FeO$ ,  $TiO$ ), qui est de couleur noire. Ces petites molécules sont beaucoup moins sensibles à l'attaque macrophage et cette nouvelle pigmentation peut persister très longtemps.



### Schéma 1

**Exemple de détatouage obtenu au moyen d'un laser déclenché (appelé aussi Q-Switched)**

Nd:YAG. Généralement de 5 à 6 séances sont nécessaires.



## Effet thermique

## 1. Lasers vasculaires

Le laser est proposé depuis plusieurs années pour le traitement des angiodyplasies cutanées et des veines superficielles des membres inférieurs. Cette technique est aujourd'hui bien connue. Plusieurs lasers ont démontré leur efficacité et de nombreuses publications rapportent les résultats des évaluations cliniques.

D'une manière générale, l'efficacité est limitée à des vaisseaux superficiels et de faible diamètre. On parle alors de lasers "vasculaires".

Le choix du laser et des paramètres de traitement est dicté par la taille (généralement comprises entre 0,1mm et 3mm) et la position en profondeur du vaisseau à traiter: très superficielle au niveau du visage, plus profondément pour une jambe, par exemple.

Sachant que le milieu où s'effectue la conversion de la lumière en chaleur est le sang, l'étude des courbes d'absorption de l'oxyhémoglobine, de la désoxyhémoglobine et de la mélanine en fonction de la longueur d'onde montre que plus on se décale vers le rouge et l'infrarouge, plus l'absorption de la mélanine est faible (figure 2).

Une varicosité de faible diamètre relativement superficielle sera mieux traitée aux lasers KTP (532nm) ou colorant (590nm). Par contre, les lasers Alexandrite (755nm), Diode (800nm) ou Nd:YAG (1064nm) seront certainement mieux adaptés à une veine de plus gros calibre et profonde.

Ainsi, on peut considérer que plus le vaisseau est gros et profond, plus il faut utiliser des longueurs d'ondes dans le rouge ou proche de l'infrarouge (pour pénétrer profondément). Le recours à une longueur d'onde décalée vers le rouge permet d'utiliser aussi une fluence plus élevée, car dans ces longueurs d'onde l'absorption par la mélanine est moindre.

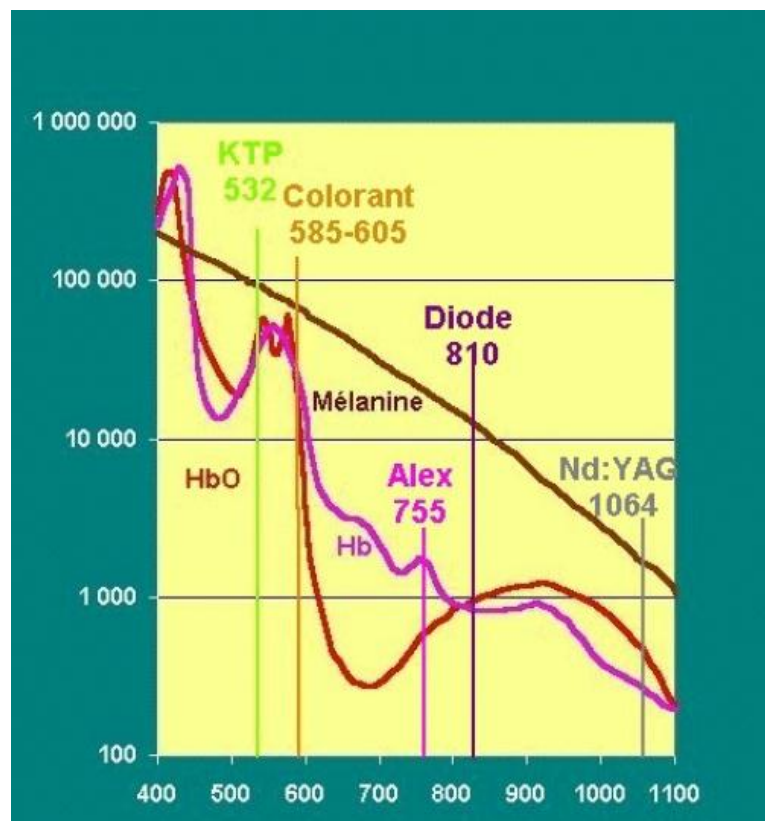
Enfin ce diamètre plus important nécessite d'adapter le temps d'émission au temps de relaxation thermique du vaisseau. Ce temps long a pour autre conséquence de chauffer lentement le vaisseau et d'éviter la rupture de celui-ci (risque de purpura). Physiquement, le temps de relaxation thermique du

vaisseau doit être connu. Ce temps est considéré comme le temps nécessaire au vaisseau pour réduire son excès de température à 50% de la température initiale. Ce temps dépend de la taille du vaisseau et de sa diffusivité thermique, c'est à dire de sa capacité à dissiper la chaleur et donc à se refroidir. Il est défini par la relation suivante  $T=D^2/16a$  où D est le diamètre du vaisseau et "a" la diffusivité thermique. La valeur de "a" est de l'ordre de 17000 cm<sup>2</sup>/s. Ainsi pour un vaisseau de 50µm, le temps de relaxation thermique TRT= 1ms et pour un vaisseau de 2mm, TRT=1,5s.

Ces lasers vasculaires doivent être couplés à un système de refroidissement afin de protéger l'épiderme et le derme superficiel lors du traitement. Il existe aujourd'hui plusieurs types de refroidissement.

▶ **Figure 2**

**Courbes d'absorption de l'Oxyhémoglobine, de la désoxyhémoglobine et de la mélanine**



## 2. Lasers épidermiques et dermiques

Ces lasers ont pour finalité de traiter les stigmates du vieillissement, soit épidermique, soit dermique, soit les deux : au fil du temps sont apparus le relissage laser (ou laser resurfacing), le remodelage non ablatif et plus récemment les lasers fractionnels.

Le **principe du relissage** est, d'une part, basé sur l'ablation de l'épiderme jusqu'au fond des rides et, d'autre part, sur la destruction du derme élastosique et la contraction contrôlée du derme (obtention d'un collagène régénéré non cicatriciel). L'épiderme et le derme papillaire constituent ainsi les cibles biologiques à atteindre. L'eau étant le seul chromophore présent à la fois dans l'épiderme et dans le derme (eau intracellulaire dans le cas de l'épiderme et eau extra-cellulaire pour le derme), et il est le chromophore endogène « idéal » pour réaliser un relissage laser au moyen généralement du laser CO2 (10.6 µm) et du laser Er:YAG (2.94 µm).

Cette technique très performante nécessite néanmoins une prise en charge plus ou moins importante du patient afin d'éviter les risques post-opératoires et afin d'améliorer la cicatrisation. Outre le temps de cicatrisation qui peut durer une dizaine de jours, il existe un inconfort social lié à la présence d'un érythème constant d'une durée moyenne de 6 semaines. Enfin les risques d'hyperpigmentation, surtout transitoires, et les risques d'hypopigmentation tardives ne sont pas négligeables.

Afin de réduire ces risques, la **technique de remodelage non ablatif** a été ensuite proposée. Dans ce cas, le laser induit une action thermique limitée au derme superficiel et moyen. Cette action thermique conduit à une réaction inflammatoire, suivie d'une activation et d'une prolifération fibroblastique à l'origine de la formation d'un néo-collagène, et à terme, à un remodelage du derme.

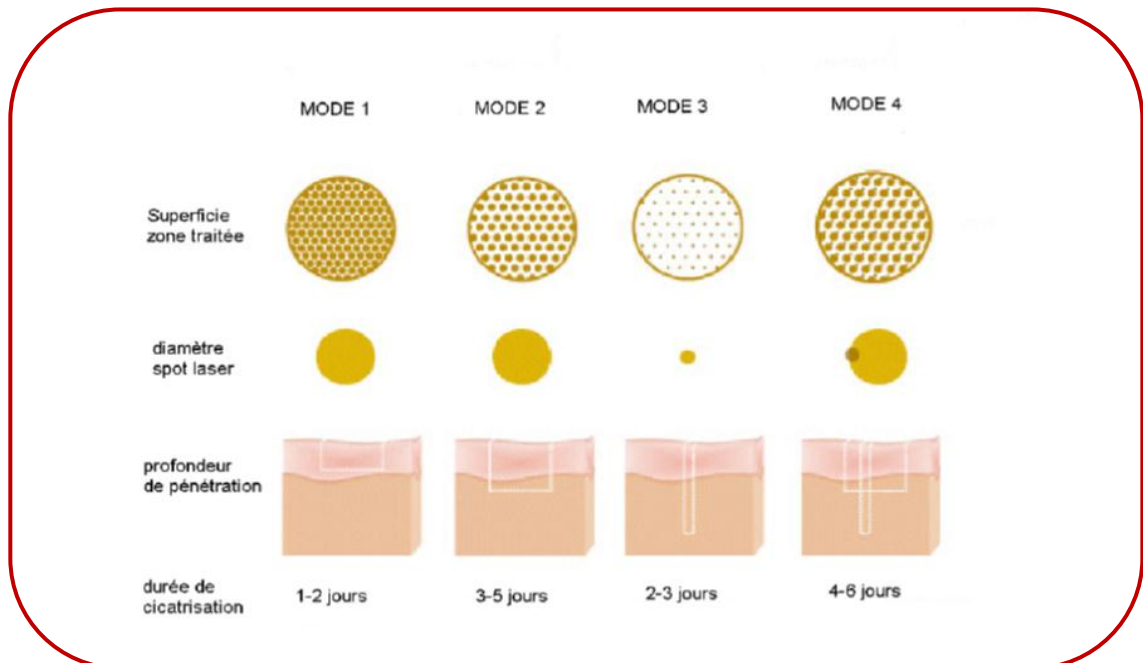
Ces lasers sont associés à un système de refroidissement qui protège l'épiderme lors du traitement (cf.figure 3 ci-dessous).

Enfin, ces lasers peuvent améliorer des cicatrices d'acné et chirurgicales



Figure 3

## Différents modes fractionnels



## Lasers épilatoires

Dès 1990, Finkelstein a observé que le laser Nd:YAG pouvait être utilisé pour l'épilation (Finkelstein, 1990). Mais c'est l'équipe de R. Anderson qui a popularisé cette technique (Grossman, 1996). L'épilation laser, basée sur l'absorption préférentielle de la lumière par la mélanine contenue par le poil, est maintenant bien codifiée.

Deux aspects sont encore débattus :

- ✓ la périodicité des séances lasers en fonction du cycle pileire de la zone à traiter (Kolinko, 2000)
- ✓ l'élimination des poils où la mélanine est en très faible quantité, poil blanc en particulier.



## Lasers « cicatriciels »

Les premiers travaux sur l'amélioration de la cicatrisation cutanée par laser datent d'une vingtaine d'années. Récemment les travaux se sont orientés vers l'utilisation de paramètres lasers différents, non susceptibles d'endommager la structure tissulaire, mais permettant uniquement de modifier la réponse inflammatoire, et par conséquent le processus cicatriciel.

A ce jour, deux lasers différents sont utilisés : le laser à colorant pulsé qui émet à 585nm et le laser diode qui émet à 810 nm.

 Photos 1 et 2**Traitement par laser diode 810 nm (technique LASH).**

Sein - cicatrice verticale chez une femme de 35 ans) : (a) sein droit non traité ; (b) sein gauche traité par laser (résultats à 12 mois).

Les parties traitées (T) et contrôlées (C) sont indiquées. Le laser a été appliqué le long de l'incision immédiatement après suture (T) avec une fluence de 110 J/cm<sup>2</sup>.

