

UNIVERSITE de LIMOGES
Faculté de Pharmacie

ANNEE 1996



THESE N° 345 / 1

**LE LASER :
SES PRINCIPALES APPLICATIONS
EN DERMATOLOGIE**



THESE

POUR LE

**DIPLOME D'ETAT
DE DOCTEUR EN PHARMACIE**

présentée et soutenue publiquement le 16 Décembre 1996

par

Sabine PEYROUX

née le 19 Novembre 1971 à Paris XIV^e (Seine)

EXAMINATEURS de la THESE

Monsieur le Professeur BERNARD Michel	PRESIDENT
Monsieur COULON, <i>Radiothérapeute</i>	JUGE
Monsieur DUROUX, <i>Maître de conférences</i>	JUGE
Monsieur NOIZAT, <i>Pharmacien</i>	JUGE

UNIVERSITE DE LIMOGES FACULTE DE PHARMACIE

DOYEN DE LA FACULTE : Monsieur le Professeur GHESTEM Axel

ASSESEURS : Monsieur le Professeur HABRIOUX Gérard
Monsieur DREYFUSS Gilles - Maître de conférences

PROFESSEURS :

BENEYTOUT Jean-Louis
BERNARD Michel
BOSGIRAUD Claudine

BROSSARD Claude
BUXERAUD Jacques

CARDOT Philippe
CHULIA Albert
CHULIA Dominique
DELAGE Christiane
GHESTEM Axel
HABRIOUX Gérard
LACHATRE Gérard
MOESCH Christian
OUDART Nicole
RABY Claude

BIOCHIMIE ET BIOLOGIE MOLECULAIRE
PHYSIQUE - BIOPHYSIQUE
BACTERIOLOGIE - VIROLOGIE
PARASITOLOGIE
PHARMOCOTECHNIE
CHIMIE ORGANIQUE
CHIMIE THERAPEUTIQUE
CHIMIE ANALYTIQUE
PHARMACOGNOSIE
PHARMACOTECHNIE
CHIMIE GENERALE ET MINERALE
BOTANIQUE ET CRYPTOLOGAMIE
BIOCHIMIE FONDAMENTALE
TOXICOLOGIE
HYGIENE
PHARMACODYNAMIE
PHARMACIE CHIMIQUE ET CHIMIE
ORGANIQUE

SECRETAIRE GENERAL DE LA FACULTE - CHEF DES SERVICES
ADMINISTRATIFS :

POMMARET Maryse

A Monsieur le Professeur Michel BERNARD,

Vous qui m'avez dirigée tout au long de ce travail et qui avez accepté de présider cette thèse, soyez assuré de mon profond respect.

A Monsieur COULON,
Radiothérapeute,

A Monsieur Jean-Luc DUROUX
Maître de Conférences,

A Monsieur Jean-Louis NOIZAT,
Pharmacien,

Soyez remerciés pour avoir bien voulu juger ce travail.

A mes parents,

A ma famille,

A mes amis.

PLAN

I-INTRODUCTION

II-HISTORIQUE

III-PRINCIPE DU LASER

A- RAPPELS PHYSIQUES

1-L'atome de BOHR

- a) Absorption
- b) Emission spontanée
- c) Emission stimulée

2-Amplification de l'émission stimulée : le pompage

B- L'EMISSION LASER

1-Eléments constitutifs d'un laser

2-Description du phénomène

C- DIFFERENTS TYPES DE LASERS

1-Classification selon la nature du milieu actif

- a) Lasers solides
- b) Lasers à gaz
- c) Lasers liquides

2-Classification selon le mode de fonctionnement

- a) Fonctionnement continu
- b) Mode impulsionnel ou relaxé
- c) Fonctionnement déclenché (Q-Switched lasers)

D- CARACTERISTIQUES DU RAYON LASER

1-Cohérence spatiale et temporelle

2-Monochromie

3-Unidirectionnalité

4-Puissance

E-UNITES ET DEFINITIONS

1-Puissance

2-Energie

3-Irradiance ou densité surfacique de puissance

4-Fluence ou densité d'énergie surfacique

5-Temps de relaxation thermique

IV-LA PEAU

A- RAPPELS STRUCTURAUX

1-L'épiderme

2-Le derme

3-L'hypoderme

4-Les annexes cutanées

B- RÔLES DE LA PEAU

C- DEFINITIONS DE QUELQUES ANOMALIES DE LA PEAU TRAITEES PAR LES LASERS

1-Les angiomes

2-Les naevi

3-Les verrues et condylomes

V-INTERACTIONS LASER-TISSU

A- PHENOMENES OBSERVES

1-Réflexion

2-Diffusion

3-Absorption

4-Transmission

B-CONSEQUENCES DE L'ABSORPTION

1-L'effet thermique

2-L'effet photochimique

3-Effet de photoablation

VI-LASERS UTILISES EN DERMATOLOGIE ET LEURS INDICATIONS THERAPEUTIQUES

A- LE LASER CO₂

1-Aspect physique

2-Utilisation

3-Indications

a) Incision

b) Vaporisation

4-Technique opératoire

5-Effets secondaires

6-Sécurité

B-LE LASER ARGON

1-Aspect physique

2-Utilisation

3-Indications

a) Angiomes plans

b) Autres indications

4-Effets indésirables

5-Mesures de sécurité

C-LES LASERS A COLORANTS

1-Le laser à colorant pulsé

a) Principe physique

b) Utilisation

c) Indications

d) Effets secondaires

e) Sécurité

2-Le laser à colorant continu

- a) Principe physique
- b) Utilisation
- c) Indications
- d) Effets secondaires
- e) Sécurité

D-LE LASER NEODYME : YAG (Yttrium Aluminium Garnet)

- 1- Principe physique
- 2-Utilisation
- 3-Indications
- 4-Effets secondaires

E-LE LASER RUBIS

- 1- Principe physique
- 2-Indications
- 3-Effets secondaires

F-LE LASER A VAPEUR DE CUIVRE

- 1- Principe physique
- 2-Utilisation
- 3-Indications
- 4-Complications

G-LE LASER A ALEXANDRITE

1- Principe physique

2- Indications

3- Effets secondaires

VII-CONCLUSION

VIII-ANNEXES

I-INTRODUCTION

Le mot laser est issu de l'acronyme anglo-saxon LASER (Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation).

A ses débuts, apanage des ophtalmologistes, son emploi fut vite étendu aux autres domaines médicaux tels que l'otorhinolaryngologie, la cardiologie...

A l'heure actuelle, l'ophtalmologie et la dermatologie sont les deux disciplines où les gestes thérapeutiques sont les plus étendus et on compte 2000 appareils disponibles en France, tous types de lasers confondus.

Dans le travail suivant, nous nous cantonnerons au domaine déjà vaste que constitue la dermatologie : les principaux lasers et leurs indications princeps seront décrits.

II-HISTORIQUE (1, 2, 3)

Très tôt dans l'histoire, l'homme a su tirer parti des bienfaits de la lumière : on peut citer en exemple les égyptiens qui, il y a 4500 ans, traitaient déjà les malades atteints de vitiligo en combinant l'administration d'une substance extraite du persil et l'exposition aux rayons de leur Dieu soleil Ra.

Par la suite, aux 18ème et 19ème siècles, les physiciens européens ont traité différentes maladies cutanées parmi lesquelles l'eczéma, le psoriasis... au moyen de la lumière du soleil et de diverses sources de lumière artificielle.

Vint alors l'idée d'un renforcement de la lumière.

C'est avec les théories de BOHR en 1913 et d'EINSTEIN en 1917 (thèse d'obtention de l'émission stimulée) que les principes fondamentaux du laser furent posés.

En 1954, TOWNES invente le MASER (Microwaves Amplification by Stimulated Emission of Radiation).

En 1960, Théodore MAIMAN fait fonctionner le premier vrai laser : le laser à rubis.

A partir de cette date, de nombreux autres lasers vont être créés :

- en 1961, le premier laser optique à gaz (mélange d'Hélium et de Néon) par JAVAN, BENNETT et HERIOT puis le laser Nd : YAG (Néodyme : Yttrium Aluminium Garnet) par JOHNSON.

- en 1962, le laser argon mis au point par BENNETT voit le jour.

- en 1964, PATEL fait fonctionner le premier laser CO₂.

C'est à Léon GOLDMAN que revient le mérite d'avoir développé les applications du laser en Dermatologie.

Surnommé le « Dieu le Père » des lasers en médecine et chirurgie, ses premiers travaux furent consacrés à l'utilisation du laser rubis dans le traitement des tatouages.

En 1968, il s'intéressa au laser argon et à son emploi dans le traitement des lésions vasculaires, naevus compris.

Les résultats de ses expériences concernant les hémangiomes caverneux et leur traitement par le laser Nd : YAG furent publiés en 1976 et 1977.

Par la suite, les différents investigateurs se sont attachés à améliorer les techniques et à diminuer l'importance des effets secondaires de la laserthérapie (en particulier au niveau des cicatrices résiduelles).

Plus récemment, sont apparus les lasers à colorants puis les lasers Q-Switched.

III-PRINCIPE DU LASER

A- RAPPELS PHYSIQUES (2, 3, 5)

1-L'atome de BOHR

L'atome de BOHR est constitué d'un noyau central autour duquel gravitent des électrons chargés négativement. Ces électrons sont répartis sur des orbites désignées par les lettres K, L, M, N, O, P. Ces couches comportent un ou plusieurs niveaux d'énergie.

A l'état de repos également dit « état fondamental », l'atome est stable et possède un niveau énergétique minimal (E_0).

Un apport d'énergie suivant un procédé variable fait sauter l'électron sur une orbite plus périphérique : l'atome est alors dans un état excité instable, de niveau énergétique E_1 .

Le passage de l'atome d'un état à un autre peut s'effectuer par trois mécanismes différents :

- l'absorption
- l'émission spontanée
- l'émission stimulée.

a) Absorption

De façon générale, on peut faire passer un électron d'un niveau d'énergie E_1 à un niveau d'énergie supérieure E_2 en lui apportant l'énergie $E_2 - E_1$. Cette excitation peut être énergétique, électrique ou lumineuse par exemple.

b) Emission spontanée

L'atome à l'état excité étant instable, l'électron évolue spontanément du niveau E_2 au niveau E_1 . Cette retombée sur un niveau inférieur s'accompagne d'une perte d'énergie matérialisée sous la forme de l'émission d'un photon d'énergie E avec :

$$E = h\nu = E_2 - E_1$$

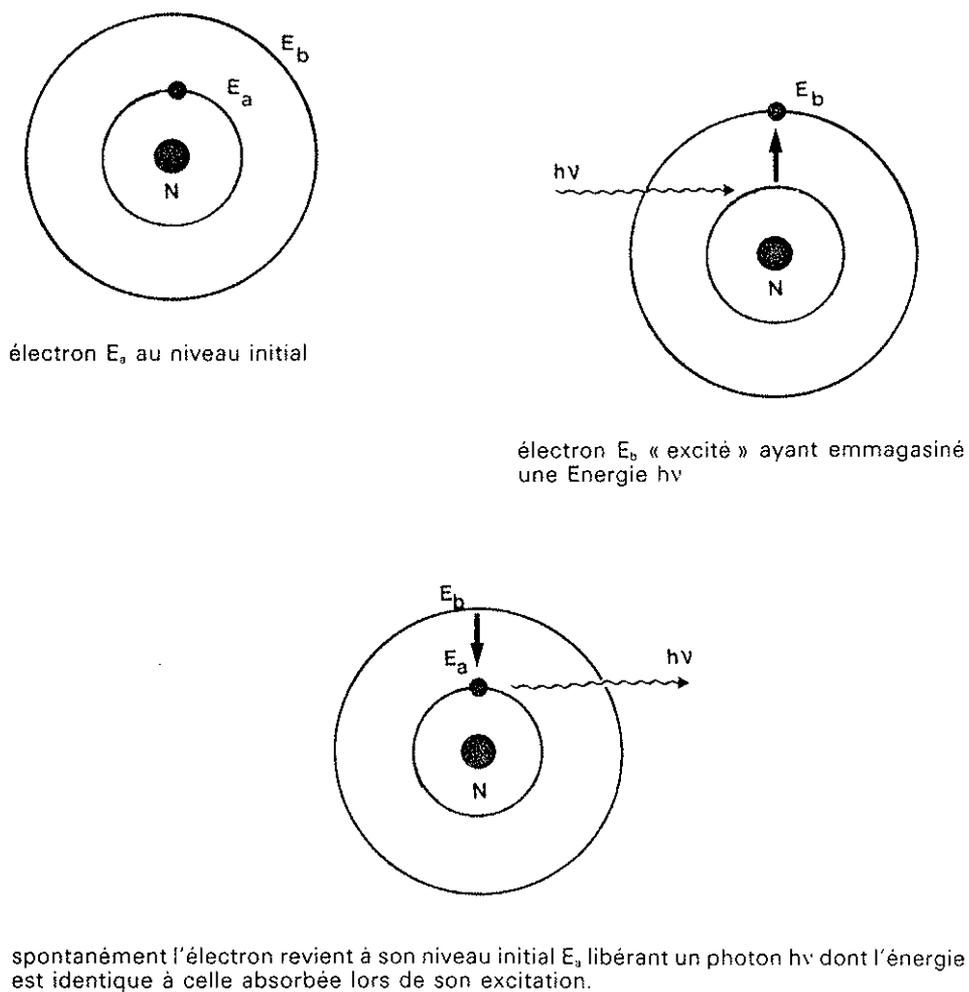
h : constante de PLANCK

$$h = 6,6 \cdot 10^{-34} \text{ SI}$$

Cette émission spontanée est incohérente car chaque atome émettant indépendamment des autres à un instant quelconque et pendant une durée très brève, il n'y a pas de relation de phase, de direction et de polarisation entre toutes ces émissions. (Cf figure page suivante)

c) Emission stimulée

Dans son mémoire de 1917, EINSTEIN imaginait déjà qu'un atome ou une molécule excitée par un faisceau lumineux puisse libérer un photon d'énergie $h\nu$, l'absorption de ce photon par un autre atome permettant alors la libération secondaire d'autres photons eux-mêmes à l'origine d'une réaction en chaîne pouvant conduire à une amplification de la lumière.

Figure 1 : Principe de l'émission spontanée

Reconsidérons notre atome excité à l'état d'énergie E_2 . Si cet atome excité rencontre un photon d'énergie égale à $E_2 - E_1$, il se produit une émission stimulée ; en « décrochant » l'électron de son orbite, le photon provoque l'émission d'un deuxième photon qui a pour caractères fondamentaux d'avoir :

- même longueur d'onde,
- même phase,
- même direction,

que le photon inducteur : la lumière obtenue est cohérente.

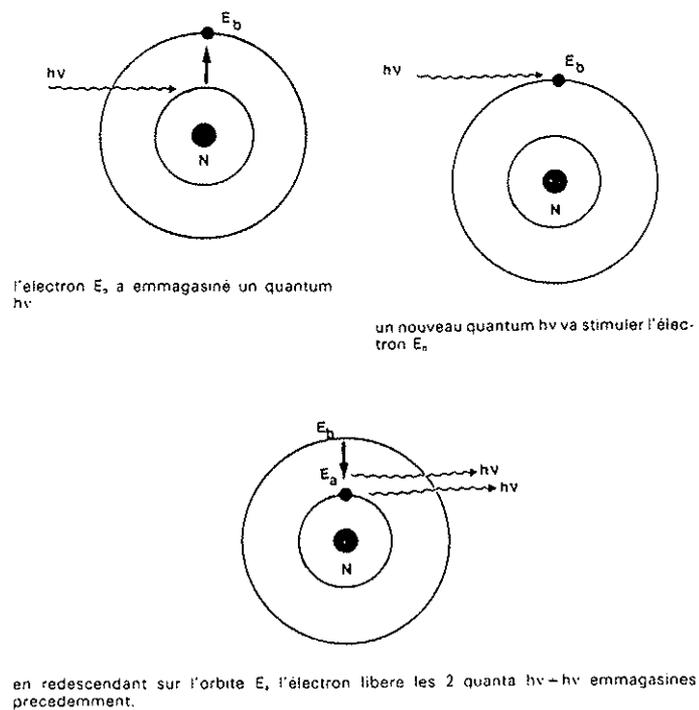


Figure 2 : Principe de l'émission stimulée

Ce phénomène est à l'origine même des lasers.

2-Amplification de l'émission stimulée : le pompage (6)

Dans tout système quantique, le nombre n d'atomes situés au niveau fondamental est nettement supérieur au nombre n' de ceux qui sont excités. Ceci empêche la multiplication des photons. En effet, ceux-ci seront absorbés par les atomes non excités et chaque excitation supprimera un photon du rayonnement. Pour éviter cette extinction du faisceau, il faut inverser le rapport n/n' et le rendre très inférieur à 1. Cette inversion peut être réalisée par l'apport d'une énergie extérieure, ce que l'on appelle le pompage.

B- L'EMISSION LASER

1-Eléments constitutifs d'un laser (6)

Pour produire un rayonnement laser, la présence simultanée de trois éléments est nécessaire :

- un milieu actif,
- un pompage pour produire une inversion de population,
- une cavité résonante réalisant une amplification de l'émission stimulée.

* Le milieu actif est un milieu qui possède une structure appropriée de niveaux d'énergie s'excitant facilement et possédant la capacité de stocker l'énergie reçue de l'extérieur. (6)

Le milieu actif, peut être :

→ un solide (exemple : cristal de rubis. C'est un cristal d'alumine Al_2O_3 renfermant 0,05 % d'ions Cr^{3+} substitués à des ions Al^{3+} . Ce sont ces ions Cr^{3+} qui sont les ions actifs au sens de l'émission stimulée),

→ un liquide (lasers à colorants),

→ un gaz (CO_2 , mélange He-Ne, Argon),

→ un semi-conducteur (laser Gallium-Arsenide).

* On distingue différents types de pompage en fonction du type d'énergie apportée au milieu actif :

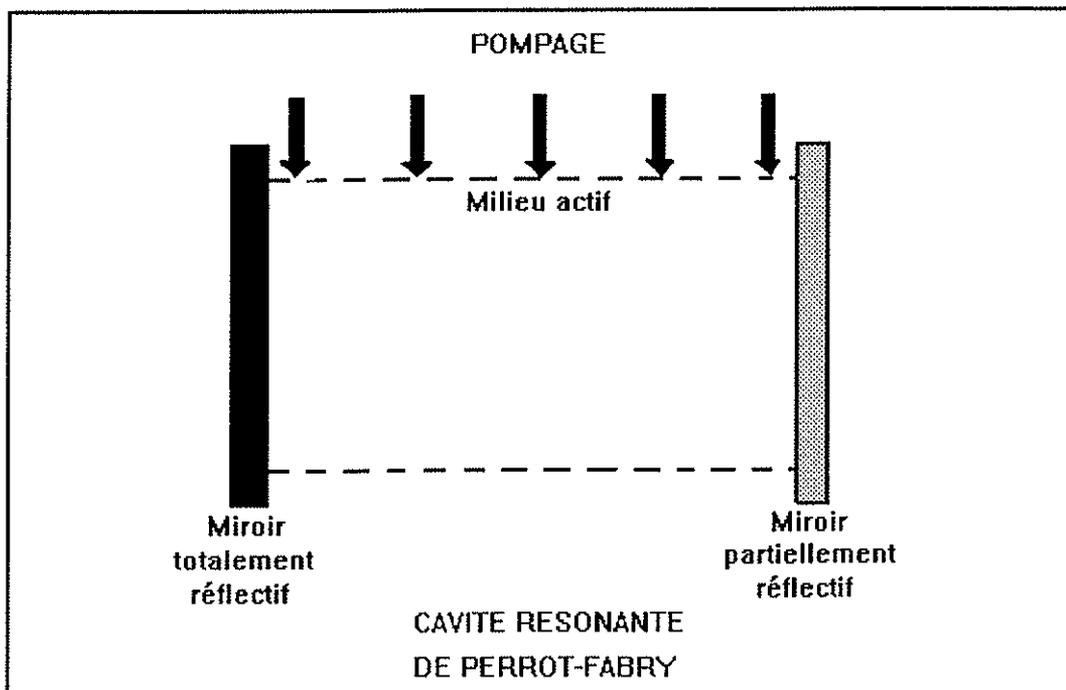
- Le pompage optique qui a été le premier utilisé : dans ce cas, l'énergie excitatrice est représentée par une autre source de rayonnement (lampe flash, lampe à arc) ou un autre laser. Les lasers rubis, Néodyme : YAG et les lasers à colorants fonctionnent par pompage optique.

- Le pompage électronique : il peut s'effectuer par une décharge électrique ou des faisceaux d'électrons envoyés dans le milieu actif.

Ce pompage électronique est essentiellement utilisé pour les lasers à gaz.

- Le pompage chimique.
- Le pompage thermique.
- Le pompage par particules lourdes...

*La cavité de résonance encore appelée cavité résonante de PERROT-FABRY ou cavité optique est constituée de la façon suivante : le milieu actif est placé entre deux miroirs rigoureusement parallèles tournant l'un vers l'autre leur surface réfléchissante. L'un des deux miroirs est semi-transparent.

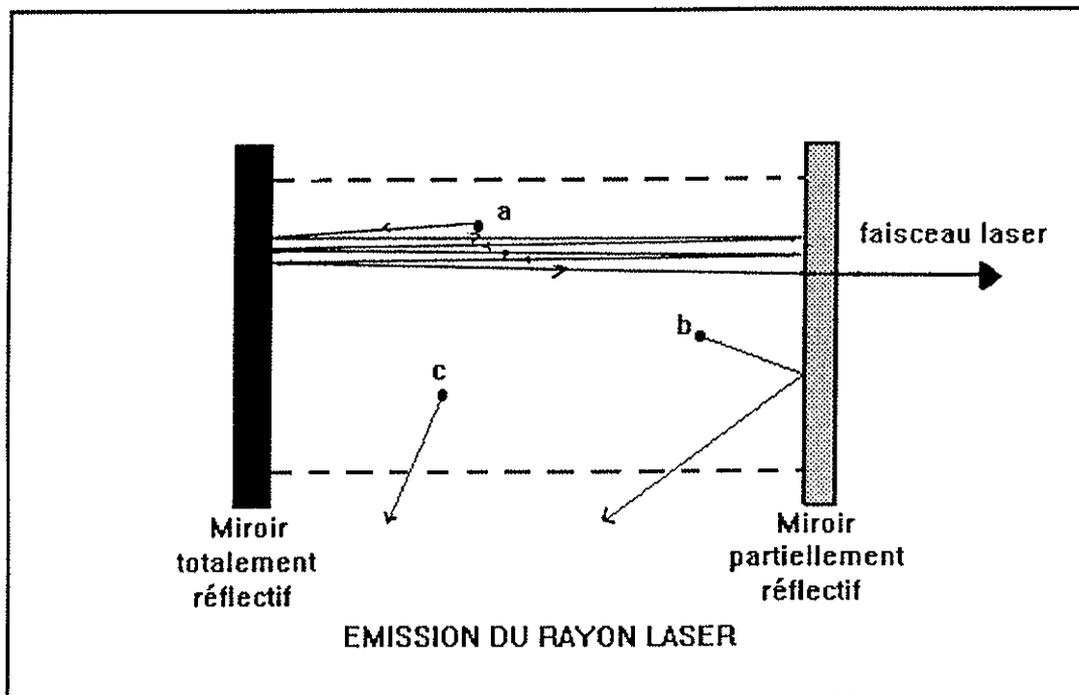


2-Description du phénomène (6)

Une fois obtenue l'inversion de population, une désexcitation spontanée suffit pour amorcer le processus. Ces premiers photons vont produire des émissions stimulées dans toutes les directions. Parmi ces photons, ceux qui se propageront de façon rigoureusement perpendiculaire aux miroirs (a) feront chuter tous les électrons et s'amplifieront au fur et à mesure qu'ils balaieront l'espace entre les deux miroirs.

Les autres photons (b et c) seront perdus mais ce phénomène est négligeable comparé à l'énorme oscillation électromagnétique qui s'est constituée lors des multiples traversées dans l'axe de la cavité.

Quand un certain seuil énergétique est atteint, le faisceau laser traverse le miroir semi-transparent et se prête à toutes les possibilités d'une utilisation ultérieure.



C- DIFFERENTS TYPES DE LASERS UTILISES EN DERMATOLOGIE

On peut classer les lasers selon la nature du milieu actif, leur type de pompage, leur mode de fonctionnement, selon leur longueur d'onde...

1-Classification selon la nature du milieu actif (7, 8)

a) Lasers solides

* Les lasers à cristaux :

Ex : laser rubis

laser Néodyme : YAG

laser alexandrite.

* Les lasers à verres dopés : le verre est dopé par des ions de néodyme Nd^{3+} .

b) Lasers à gaz

Le milieu est souvent constitué d'un mélange de gaz, l'un d'eux transférant par collisions son excitation à l'autre;

Ex : laser Helium-Néon.

Les lasers ioniques sont des lasers à gaz dans lesquels le matériau actif est un gaz ionisé. Le plus répandu est le laser Argon.

Dans ces lasers à gaz, on trouve aussi les lasers à gaz carbonique et les lasers à vapeur de cuivre.

c) Lasers liquides (lasers à colorants)

Le milieu actif est constitué de molécules organiques (cyanines, xanthènes, coumarines...) en solution liquide.

2-Classification selon le mode de fonctionnement

Le mode de fonctionnement du laser est lié à la nature du pompage.

a) Fonctionnement continu

Le milieu actif est excité de façon continue : l'émission laser est par conséquent permanente.

Le laser est dit continu quand son émission a une durée supérieure à 0,2 seconde (ex : laser CO₂). (9)

b) Mode impulsionnel ou relaxé

Avec un pompage impulsionnel (par exemple, avec un pompage optique par flash) l'émission est aussi impulsionnelle. (6)

La durée des impulsions peut varier de quelques centaines de microsecondes à la dizaine de millisecondes.

La durée d'une impulsion laser étant inférieure à la durée du flash, on a une succession de dépeuplements et de repeuplements du niveau excité conduisant à un train d'impulsions lasers rapprochées s'achevant avec la fin de fonctionnement du flash.

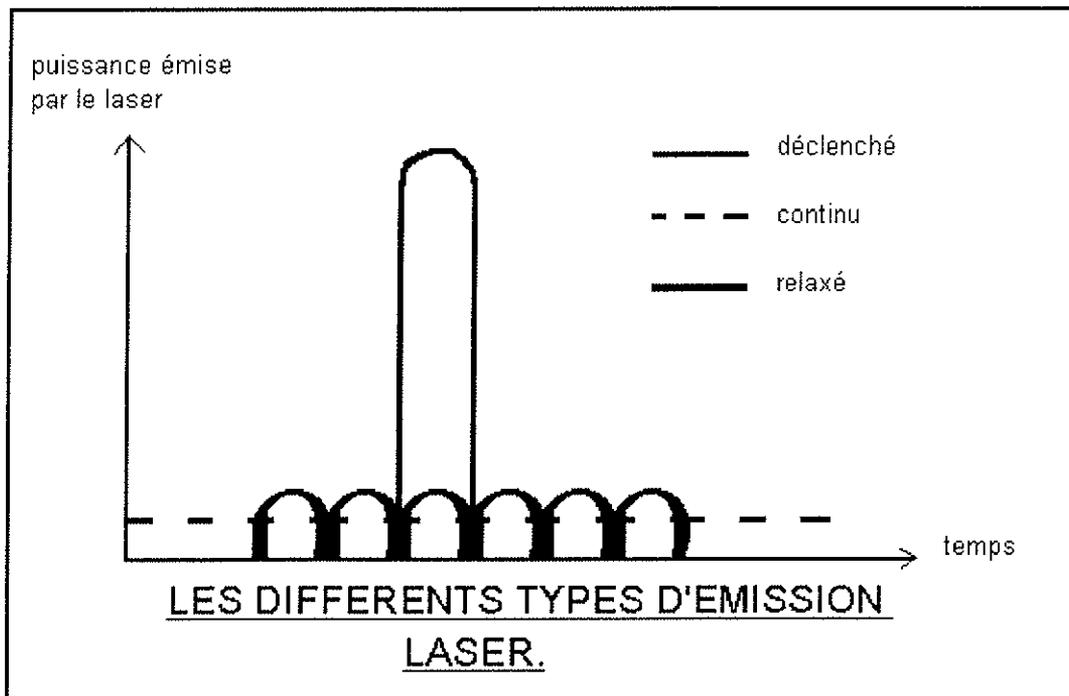
c) Fonctionnement déclenché (Q-Switched lasers) (6)

Son principe consiste dans le cas des lasers impulsionnels à laisser le pompage s'effectuer au-delà du seuil de fonctionnement et à ne permettre l'émission laser que lorsque ce pompage s'est poursuivi jusqu'à un niveau suffisant.

Il y a alors production d'une impulsion d'énergie bien supérieure à celle obtenue avec le mode impulsionnel et on arrête l'émission immédiatement après. On obtient alors des impulsions courtes de l'ordre de la nanoseconde à quelques dizaines de nanosecondes avec des puissances de crête considérables. (6)

Techniquement on peut obtenir ce résultat en utilisant divers procédés (prisme tournant, effet KERR, effet acousto-optique...). (8)

Différents types d'émission laser (5)

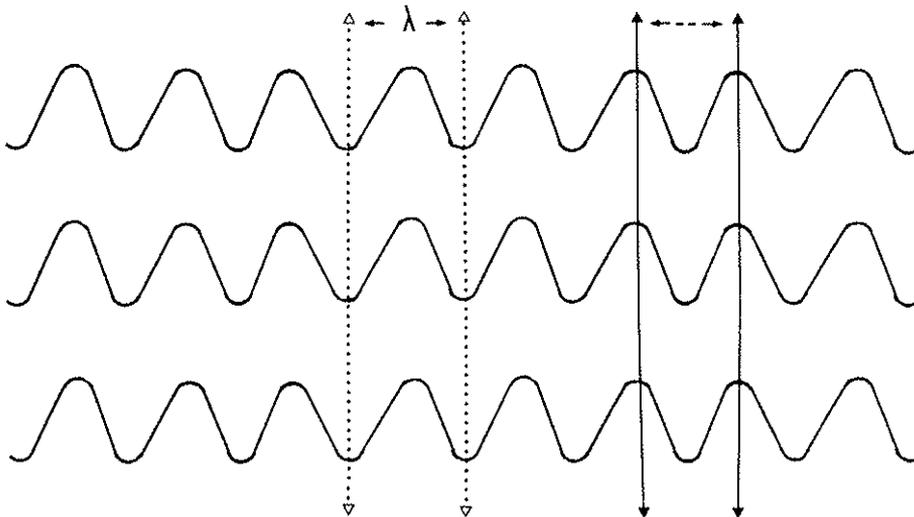


D- CARACTERISTIQUES DU RAYON LASER

1-Cohérence spatiale et temporelle (3, 4)

La lumière produite par une source lumineuse normale comme une bougie ou une lampe à incandescence est composée d'ondes non coordonnées de différentes longueurs d'onde et est, de plus, incohérente et plus ou moins blanche.

Par contre, les ondes de la lumière laser sont coordonnées dans l'espace et le temps.



Cohérence du rayonnement laser (3)

2-Monochromie (4)

L'émission se fait sur une longueur d'onde précise ou tout au moins sur un spectre étroit. La lumière laser a donc une couleur pure.

Ex : Le laser Argon d'une longueur d'onde de 500 nm a une lumière caractéristique verte.

3-Unidirectionnalité (3)

A la différence d'une simple lampe à incandescence dont l'émission lumineuse est multi-directionnelle, un émetteur laser envoie un faisceau lumineux quasi-parallèle d'ouverture angulaire très faible.

4-Puissance (5)

La puissance des lasers varie de quelques microwatts au gigawatt. Les lasers utilisés en médecine sont d'une puissance comparable à celle des lampes d'éclairage à incandescence. Cependant, à l'aide d'un dispositif optique ordinaire, on peut focaliser le faisceau et obtenir une tache focale de dimension très faible où est concentrée toute l'énergie du faisceau.

E- UNITES ET DEFINITIONS (10)

1-Puissance

Elle est exprimée en Watts (W). Pour un laser donné, plus le faisceau laser contient de photons, plus sa puissance est grande.

2-Energie

Exprimée en Joules (J), elle résulte du produit de la puissance et du temps d'exposition.

$$E \text{ (Joules)} = \text{Puissance (Watts)} \times \text{Temps (secondes)}.$$

3-Irradiance ou densité surfacique de puissance

Elle s'exprime en Watts/cm². Elle représente la densité de photons que le faisceau contient par unité de surface.

$I \text{ (Watts/cm}^2\text{)} = \frac{\text{puissance (Watts)}}{\text{S (surface du spot laser en cm}^2\text{)}}$
--

$$S = \pi R^2 \text{ (R = rayon du faisceau laser).}$$

4-Fluence ou densité d'énergie surfacique

Elle s'exprime en Joules/cm².

$$F \text{ (Joules/cm}^2\text{)} = \frac{P \text{ (Watts)} \times \text{temps (secondes)}}{S \text{ (surface du spot laser en cm}^2\text{)}}$$

5-Temps de relaxation thermique

C'est le temps nécessaire à la cible pour revenir à une température égale à la moitié de la valeur atteinte immédiatement après l'absorption du faisceau laser.

IV-LA PEAU

La peau est un organe membraneux, doux, épais, résistant, flexible et imperméable recouvrant la surface du corps. Elle est de coloration variable en fonction des parties du corps et des races. (12)

A- RAPPELS STRUCTURAUX (13, 14)

Elle est constituée de plusieurs couches.

De l'extérieur vers l'intérieur, on trouve :

1-L'épiderme

Epithélium de surface, c'est la couche protectrice de la peau. Les cellules le composant sont en majeure partie les kératinocytes mais aussi les mélanocytes (produisant la mélanine, pigment responsable de la coloration de la peau), les cellules de Langerhans et les cellules de Merkel.

Composé de plusieurs couches, c'est un épithélium stratifié : on y trouve de l'intérieur vers l'extérieur :

a) La couche basale ou *stratum germinatum* :

Couche la plus profonde (située à la jonction dermo-épidermique), c'est à ce niveau que naissent les kératinocytes.

b) La couche des cellules à épines ou couche de Malpighi ou *stratum spinosum*.

c) La couche granuleuse ou *stratum granulosum* :

Les kératinocytes, à ce niveau, comportent dans leur cytoplasme de nombreux grains de kératohyaline.

d) La couche claire ou *stratum lucidum* :

Elle est constituée de cellules aplaties ayant perdu leur noyau.

On ne la trouve qu'au niveau de l'épiderme épais, c'est-à-dire au niveau de l'épiderme palmaire et de l'épiderme plantaire.

e) La couche cornée ou *stratum corneum* :

Couche la plus externe de l'épiderme, elle est composée de plusieurs assises de cellules aplaties entièrement kératinisées.

2-Le derme

Il contient les annexes cutanées, des vaisseaux sanguins, des nerfs et des terminaisons nerveuses. C'est un véritable tissu de soutien et de nutrition.

Schématiquement, il est constitué de trois zones :

- la zone papillaire superficielle,
- la zone sous-papillaire,
- la zone réticulaire profonde.

3-L'hypoderme

C'est la couche la plus profonde. Il est essentiellement constitué de tissu adipeux. Son épaisseur et son contenu sont variables selon la partie du corps, l'âge, le sexe et les habitudes alimentaires du sujet.

4-Les annexes cutanées

a) L'appareil pilo-sébacé

Il est constitué d'un poil et d'une glande sébacée. La racine du poil est logée dans le follicule pileux auquel est annexée une glande sébacée.

A chaque glande sébacée sont associés un muscle arrecteur du poil, un vaisseau nourricier et des nerfs.

Ces glandes sébacées sont responsables de la production du sébum.

b) Les glandes sudoripares

En forme de pelotes, elles s'enfoncent dans le derme. Elles sont responsables de la production de la sueur.

B- RÔLES DE LA PEAU

Elle assure :

- la protection contre des agents traumatiques externes,
- la thermorégulation,
- la sensation tactile (toucher, chaleur, pression et douleur),
- la sécrétion de diverses substances (sueur, sébum...).

C- DEFINITIONS DE QUELQUES ANOMALIES DE LA PEAU

TRAITEES PAR LES LASERS

1-Les angiomes

Ce sont des malformations touchant le système vasculaire (artères, capillaires, veines et vaisseaux lymphatiques).

L'angiome est une lésion congénitale bénigne des vaisseaux sanguins (hémangiome) ou lymphatiques (lymphangiome) qui se traduit par une déformation des structures vasculaires.

Ils peuvent exister dès la naissance ou apparaître au cours de l'enfance ou de la vie adulte. Dans certains cas, ils peuvent également régresser et disparaître.

On distingue :

→ Les angiomes immatures : (16)

Spécifiques de l'enfant, ils se développent à partir du derme superficiel. On distingue :

- . l'angiome tubéreux ou l'angiome fraise formant des saillies plus ou moins volumineuses de couleur rouge.
- . l'angiome sous-cutané de couleur bleutée.

La plupart du temps, ils régressent spontanément et le traitement repose sur l'abstention dans 95 % des cas.

Seules les formes à localisation orificielle (paupières, larynx, lèvres) feront l'objet d'un traitement.

→ Les angiomes matures :

Apparaissant à un âge variable, ils peuvent évoluer (l'angiome s'étend et prend une couleur plus foncée).

Ce sont :

- . les angiomes plans encore appelés taches de vin ou *naevus flammeus*.
- . les télangiectasies ou angiomes stellaires (point rouge parfois en relief d'où partent de fines arborisations, très fréquent sur le visage).
- . les angiomes caverneux ou capillaroveineux (saillies bleutées situées sur les trajets veineux gonflant à l'effort). (16)

2-Les naevi (15, 16, 17)

Ils sont dus à un défaut du développement d'une structure anatomique survenu pendant la vie embryonnaire. On les assimile à des tumeurs bénignes mais présentant un certain potentiel d'évolution vers la malignité.

On distingue :

→ Les naevi mélanocytaires :

Ce sont des macules ou des nodules mous ou résistants dont la couleur va du rose pâle au noir profond (naevus d'Ota : couleur bleu verdâtre foncé).

→ Les naevi non mélanocytaires : (naevus anémique, naevus de Becker, naevus épidermique, conjonctif et sébacé).

3-Les verrues et condylomes (15, 17)

Ce sont de petites tumeurs bénignes dues à un virus de type papillomavirus.

Les verrues peuvent revêtir différentes formes :

- Les condylomes génitaux encore appelés crêtes-de-coq : ce sont des tumeurs bénignes indolores qui se développent sur les organes génitaux. Ils sont sexuellement transmissibles.

- Les verrues planes qu'on trouve au niveau du visage, du dos des mains, des membres inférieurs et supérieurs.

- Les verrues plantaires.

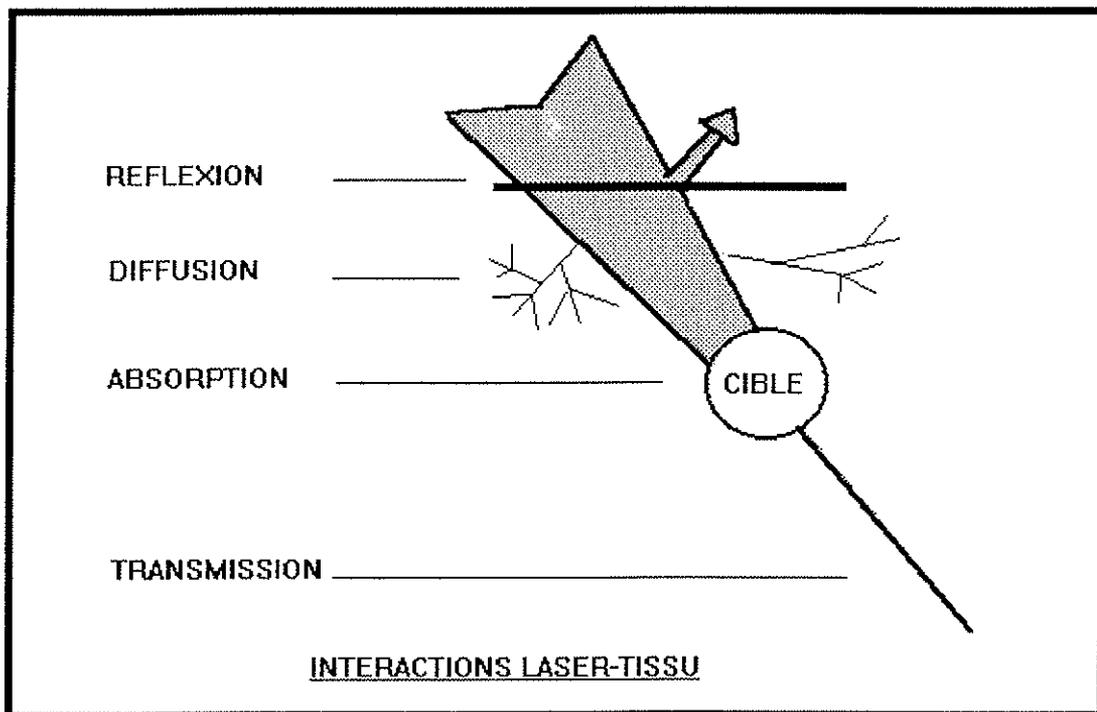
- Les verrues séborrhéiques : elles ne sont pas d'origine virale. En général, elles atteignent les personnes de plus de 50 ans. Leur surface bien délimitée est veloutée ou un peu rugueuse et parsemée d'orifices pilo-sébacés. Leur couleur varie du chamois clair au noir.

- Les verrues vulgaires.

V-INTERACTIONS LASER-TISSU (9, 10)

A- PHENOMENES OBSERVES

Quand le faisceau laser entre en contact avec la cible, quatre phénomènes se produisent : réflexion, diffusion, absorption et transmission.



1-Réflexion

Elle s'effectue surtout à la surface de la peau mais peut aussi se faire sur des instruments brillants à proximité du rayon laser d'où la nécessité du port de lunettes de protection adaptées à la longueur d'onde du rayon laser.

2-Diffusion

Elle correspond à une dispersion du rayonnement sans perte globale d'énergie dans le tissu.

Elle diminue quand la longueur d'onde augmente.

3-Absorption

Elle permet le transfert de l'énergie à la cible. La lumière laser absorbée par le tissu est immédiatement transformée en chaleur.

Les trois principales cibles de la peau sont l'eau, l'hémoglobine et la mélanine.

4-Transmission

C'est la partie du faisceau qui n'a subi aucun des phénomènes précédents.

B-CONSEQUENCES DE L'ABSORPTION

L'absorption par une cible d'un rayon laser va entraîner plusieurs phénomènes, en particulier les effets thermique et photomécanique.

1-L'effet thermique

L'absorption du rayon laser a pour conséquence un échauffement de la cible : l'énergie lumineuse est alors transformée en énergie thermique.

L'élévation de température est fonction de différents facteurs : coefficient d'absorption du tissu, volume du tissu...

L'action du laser sur le tissu dépend de la température moyenne à laquelle le tissu est porté ainsi que de la durée d'exposition. (11)

Température	Changements histologiques
45° C	Vasodilatation, dommage endothélial
50° C	Dénaturation des protéines
60-70°C	Dénaturation du collagène
80-85°C	Nécrose de coagulation
100°C	Vaporisation des tissus avec coagulation des bords
> 100°C	Carbonisation

2-L'effet photochimique

La lumière peut être absorbée de façon sélective par un constituant cellulaire naturel ou par une molécule introduite dans la cellule jouant le rôle de chromophore. Certains agents chimiques (par exemple les dérivés de l'hématoporphyrine, HpD) sous l'effet d'un rayon de longueur d'onde correspondante vont acquérir une grande réactivité entraînant la formation de radicaux libres capables de détruire des composants cellulaires.

En pratique, l'HpD injectée chez le patient par voie intraveineuse est retenue par les tumeurs. En éclairant ensuite les tumeurs par l'intermédiaire d'une fibre optique avec une longueur d'onde de 630 nm absorbée par l'HpD et pénétrant profondément dans les tissus, on va déclencher un mécanisme phototoxique.

3-Effet de photoablation

Dans le cas de très forte puissance (cas des lasers pulsés émettant dans l'ultra-violet des puissances de crête très élevées), il y a rupture des ponts intermoléculaires d'où obtention d'un effet de coupe supérieur au point de vue précision et reproductibilité à celui d'un scalpel.

VI-LASERS UTILISES EN DERMATOLOGIE ET LEURS INDICATIONS THERAPEUTIQUES

En dermatologie, les lasers sont essentiellement utilisés pour leur effet photothermique.

Les caractéristiques de la cible vont conditionner le choix du laser qu'il faudra utiliser :

- Sa profondeur : plus la cible est profonde, moins l'irradiance qui lui parvient est grande.

- Son spectre d'absorption : il doit être complémentaire du laser et différent de celui des tissus voisins, ce qui implique une absorption préférentielle.

- Sa taille : elle conditionne en partie le temps de relaxation thermique. (10)

A- LE LASER A GAZ CARBONIQUE OU LASER CO₂

De tous les lasers employés en médecine, le laser CO₂ est le plus utilisé du fait de son efficacité ainsi que de sa possibilité d'utilisation dans différents domaines médico-chirurgicaux. (10, 18, 19)

Le premier laser CO₂ fut mis au point par PATEL en 1964. (3)

Par la suite, ce sont les travaux dans les années 80 des Docteurs Elisabeth Mc BURNEY (relatifs à l'emploi du laser CO₂ dans le traitement de différents troubles cutanés), Phil BAILIN et John RATZ (concernant l'enlèvement des tatouages) et du

Docteur Ronald WHEELAND (traitement du granulome facial) qui ont contribué au développement de son utilisation en dermatologie. (1)

En France, il a fallu attendre 1983 pour qu'une équipe neurochirurgicale dispose en permanence d'un laser CO₂ puissant dans son bloc opératoire. (3)

1-Aspect physique

Le milieu actif est un mélange gazeux constitué de CO₂, d'hélium et d'azote. (8)

Le pompage est obtenu par décharge électrique ou radiofréquence. (10)

L'émission, continue ou impulsionnelle, se fait dans l'infrarouge lointain à 10600 nm.

La puissance maximale est de 400 kw en continue et de 10 TW en impulsions courtes. (8)

Il existe plusieurs types de lasers CO₂ :

- les lasers à flux axial : leur fonctionnement est assuré par l'arrivée constante d'un mélange de CO₂, d'azote et d'hélium stocké dans des bouteilles de gaz encombrantes et pesantes.

- les lasers « à tubes scellés » : les bouteilles de gaz sont intégrées dans l'appareil de taille réduite. Le maniement en est par conséquent plus aisé.

- les lasers « guide d'onde » : le tube laser miniaturisé peut se tenir à la main contrairement aux deux précédents pour lesquels la transmission se fait par bras articulé à miroirs.

L'émission du rayonnement peut se faire en continu, en continu interrompu ou en mode impulsionnel répétitif.

- En mode continu, le fonctionnement du laser perdure tant que la pédale de déclenchement est maintenue enfoncée.

- En tir unique, la pression sur la pédale ne déclenche qu'une seule impulsion dont la durée et la puissance sont réglées à l'avance.

- En tir répété, l'appui sur la pédale déclenche un train de pulses dont la cadence et la durée (quelques secondes à quelques micro-secondes) peuvent être programmées.

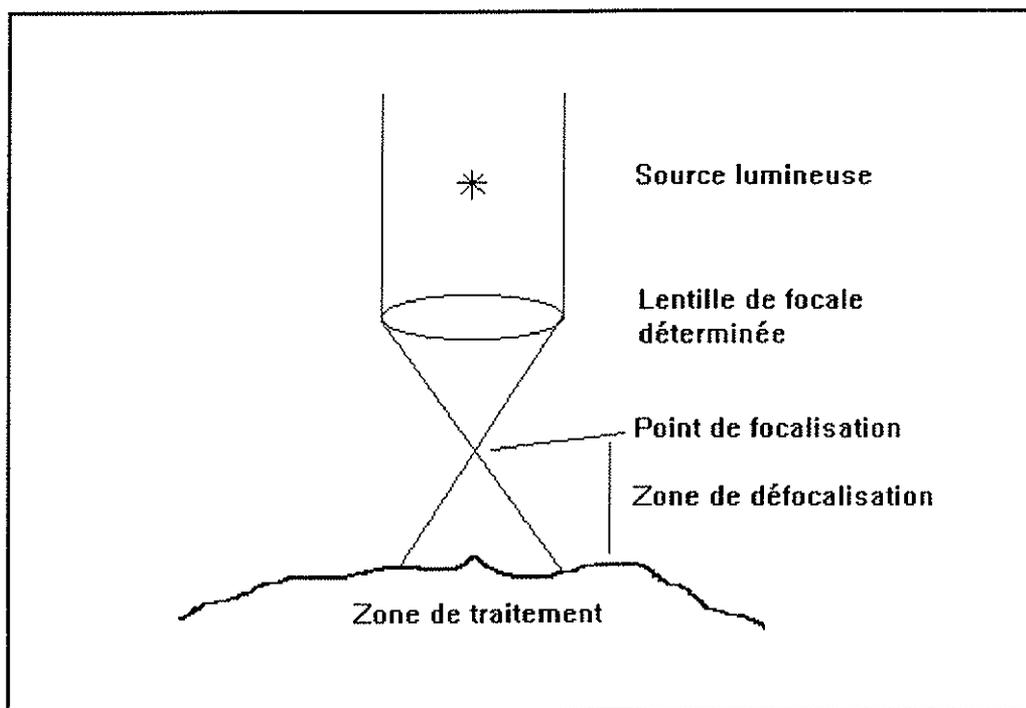
A côté, on trouve les lasers superpulsés (puissances élevées et temps d'exposition de quelques nanosecondes) et vary-pulses (ils émettent des impulsions variables dans leur forme) qui sont beaucoup moins utilisés. (10)

2-Utilisation

La transmission du faisceau laser peut être directe (les lasers guide d'onde du fait de leur taille réduite tiennent dans la main) ou indirecte (par l'intermédiaire d'un bras articulé constitué de six à sept miroirs amenant le faisceau à la pièce à main ou par l'intermédiaire d'une fibre creuse). (9)

La lumière du laser CO₂ n'étant pas détectable par l'oeil humain, on couple au laser CO₂ de façon coaxiale un laser Hélium-Néon dont la lumière rouge sert de point de repère. (20)

Le laser CO₂ peut être utilisé de deux façons différentes. C'est la pièce à main qui, grâce à une lentille de focalisation du faisceau, permet de travailler en mode focalisé (ce qui permet d'inciser de façon extrêmement précise) ou en mode défocalisé (ce qui permet de vaporiser les tissus). (11)



Principe de la défocalisation (11).

En pratique, si la pièce à main est maintenue à une distance de la peau inférieure à 2,5 cm, on peut obtenir des températures suffisamment élevées pour couper.

Si on éloigne la pièce à main de plus de 2,5 cm de la peau, la densité de puissance diminue et on obtient un spot plus large : ce mode défocalisé permet la vaporisation des tissus. (20)

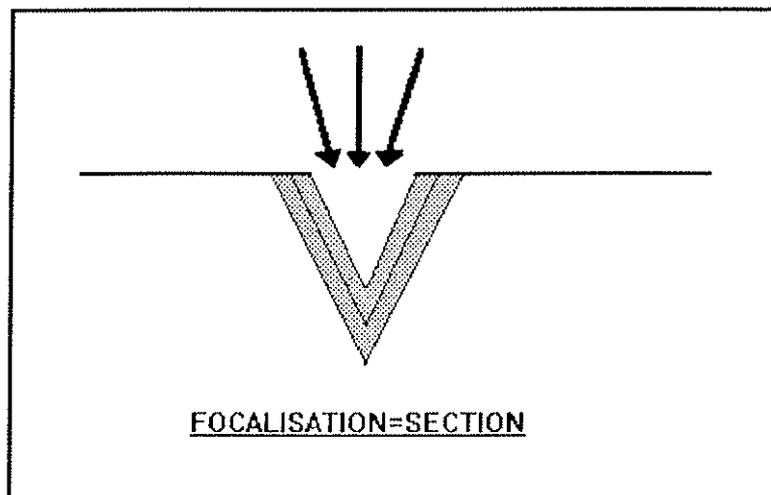
3-Indications

Non absorbé de façon sélective par les pigments cutanés (hémoglobine et mélanine), le laser CO₂ a pour cible l'eau intra et extracellulaire de la peau. (1)

Le tissu humain étant très riche en eau, l'énergie du faisceau est presque immédiatement transformée en énergie calorique. Du fait de cette forte absorption, le faisceau pénètre faiblement dans les tissus ce qui permet au manipulateur d'effectuer des sections très fines en mode focalisé et une vaporisation tissulaire exsangue sans danger pour les structures voisines en mode défocalisé.

a) Incision

La laser CO₂ est le seul laser utilisé en dermatologie pour sectionner et enlever les tissus. Elle s'effectue en mode focalisé. (11)



Il est intéressant de noter que sous l'effet du faisceau, les vaisseaux sanguins d'un diamètre inférieur à 0,5 mm sont coagulés. Ceci constitue un avantage évident pour le laser CO₂ par rapport au bistouri, en particulier dans le traitement des zones hypervascularisées ou lorsqu'il existe un risque hémorragique (anomalies de la coagulation, prise d'anticoagulants...) (11,21).

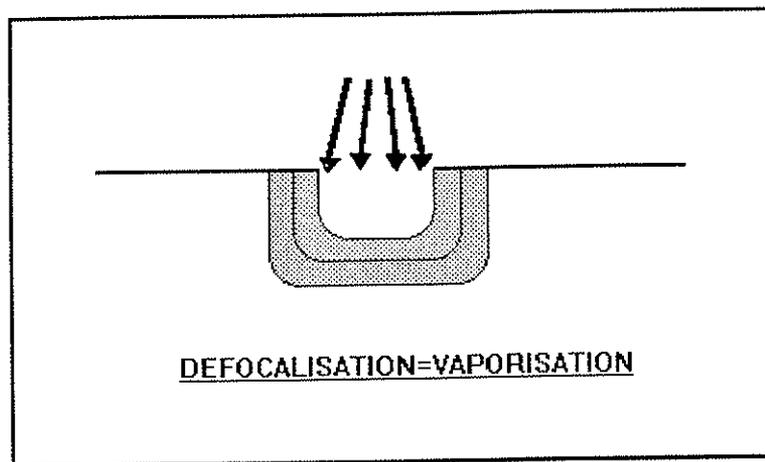
De même, le laser CO₂ peut être employé chez les malades porteurs d'un pacemaker pour lesquels l'électrochirurgie est contre-indiquée.

Selon GERONEMUS et ASHINOFF (22, 23) l'excision des tumeurs malignes cutanées par le laser CO₂ est plus sûre au plan carcinologique en raison d'une moindre dissémination cellulaire.

Dans tous les cas, l'incision doit être précédée d'une anesthésie locale ou générale selon la lésion.

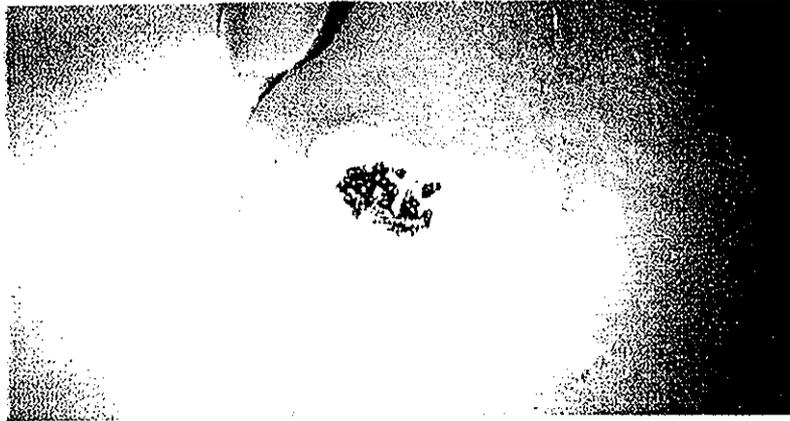
b) Vaporisation

En défocalisant le faisceau laser, on obtient une tache focale de 0,5 à 5 mm de diamètre.

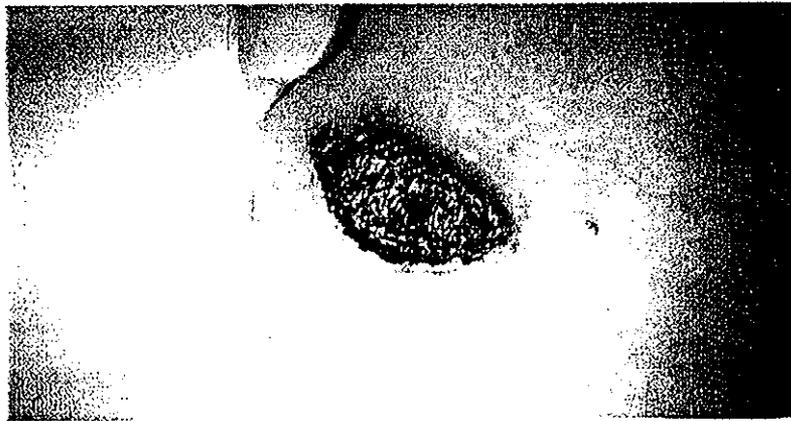


Pour certaines lésions, les résultats obtenus avec le laser CO₂ sont supérieurs à ceux obtenus avec les thérapeutiques alternatives.

VERRUES VULGAIRES TRAITÉES PAR LASER CO₂



A: Grosse verrue plantaire récidivant malgré toutes les thérapeutiques classiques;



B: Aspect en fin de tir au laser CO₂;



C: Résultat à trois semaines.

- C'est le cas des verrues récidivantes (24) pour lesquelles un traitement à base d'azote liquide ou de vaseline salicylée par exemple a échoué.

Toutes les verrues (plantaires...) y compris les verrues à localisation difficile d'accès (périunguéales et génitales) peuvent être traitées par cette technique.

Dans tous les cas, le manipulateur doit faire preuve de dextérité et de précision pour limiter le risque d'apparition d'effets secondaires (en particulier les cicatrices). Par exemple, une utilisation peu précise dans la région périunguéale peut avoir pour conséquence une lésion définitive de la matrice de l'ongle causant une dystrophie irréversible de l'ongle. (20)

Malheureusement, le taux de réussite n'est pas de 100 % du fait de l'existence au niveau des tissus avoisinants de papillomavirus infracliniques. (22)

- Les condylomes acuminés représentent également une indication de choix au traitement par le laser CO₂ (25) : le traitement doit être efficace d'une part pour éviter la contamination et d'autre part du fait du pouvoir oncogène de certains papillomavirus humains (risque de développement d'un cancer de l'utérus). (15)

Dans l'étude menée sur 69 patients, présentant des condylomes acuminés, 32 % ont été guéris par un seul traitement et 28 % en deux séances. 28 malades ont présenté des récurrences nécessitant des traitements répétés. Aucune complication majeure n'a été observée. (25)

EFFACEMENT DU MAQUILLAGE PERMANENT
PAR LE LASER CO₂



A: Avant traitement.



B: Après une séance de laser CO₂
(seul le nez a été traité).

- Les résultats obtenus avec le laser CO₂ sont également supérieurs aux méthodes alternatives pour la chéilite actinique (27) et pour le rhinophyma (affection dermatologique se traduisant par une hypertrophie du nez). (15, 28)

- FITZPATRICK et GOLDMAN (29) ont démontré l'efficacité du laser CO₂ dans l'effacement du maquillage permanent (eyeliner...) en particulier pour l'enlèvement des pigments noirs situés en des endroits délicats (entre les cils et les sourcils).

- Le traitement des angiomes caverneux par le laser CO₂ est aussi intéressant : ces hémangiomes vasculaires, contenant entre 75 et 90 % d'eau, peuvent être vaporisés. Les pertes sanguines, du fait de l'effet hémostatique du laser, seront limitées. (2)

- Pour d'autres lésions cutanées (chéloïdes, verrues vulgaires et plantaires...), les résultats obtenus avec le laser CO₂ sont identiques aux méthodes alternatives. (9)

- Les essais de Mc CULLOUGH et LESHER concernant un cas de Porokératose de Mibelli, n'ont pas été fructueux : la lésion a réapparu deux mois après le traitement. (30)

La place du laser CO₂ dans le traitement des angiomes plans reste discutée, la préférence pour le traitement de ces lésions étant accordée aux laser Argon et laser à colorant pulsé. En effet, le pourcentage d'effets indésirables survenant après traitement par le laser CO₂ (diminution de la pigmentation, cicatrices) est significatif (31). De plus, le laser CO₂ provoque une destruction tissulaire par volatilisation non sélective. (32)

4-Technique opératoire

Pour les petites lésions, une puissance de quelques watts peut être suffisante. Pour les lésions plus étendues, il peut être nécessaire d'aller jusqu'à des puissances de 50 watts ou plus.

L'intervention peut être précédée si besoin d'une anesthésie locale ou générale en fonction de l'étendue des lésions et de la sensibilité du patient.

L'anesthésie locale est réalisée par injection de xylocaïne ou par application d'une crème anesthésiante (type EMLA®).

Au cours de l'intervention, la zone carbonisée peut être détergée au moyen d'une compresse imbibée d'eau oxygénée de 3 à 10 volumes. (11)

Les soins post-opératoires sont simples : classiquement, la plaie est nettoyée une fois par jour au savon de Marseille et à l'eau puis on applique une crème antiseptique type FLAMMAZINE®. La plaie est alors recouverte d'une compresse stérile maintenue par un sparadrap. (Schéma thérapeutique employé au C.H.U. de Limoges).

La cicatrisation est obtenue en trois à quatre semaines.

5-Effets secondaires (4, 11, 20)

Les complications consécutives à l'emploi du laser CO₂ surviennent dans 1 à 4 % des traitements.

Les cicatrices hypertrophiques constituent l'effet indésirable le plus retrouvé : leur fréquence est fonction de la région du corps traitée, de l'expérience et de l'habileté du manipulateur. (33)

Il a été également rapporté des réactions allergiques à l'anesthésique local, des infections, des hypopigmentations, des hémorragies retardées ou des retards de cicatrisation.

6-Sécurité

Le local où fonctionne le laser doit disposer d'un système signalisant son fonctionnement. (10)

Le faisceau laser pouvant atteindre directement l'oeil ou être réfléchi par des objets avoisinants, le port de lunettes à verres minéraux est obligatoire. Dans le cas du laser CO₂, le risque est cornéen.

Des particules virales (papillomavirus) ayant été mises en évidence dans la fumée résultant de la vaporisation des verrues (22), même si la transmission à l'homme semble peu probable (34), la présence d'un aspirateur de fumée est indispensable. De même, le manipulateur devrait porter en plus des lunettes de protection, masque, blouse et gants.

B-LE LASER ARGON

1-Aspect physique (10, 11)

Le milieu actif est un gaz inerte dans un état très excité, au delà de l'ionisation.

Le pompage est assuré par des décharges électriques.

L'émission se fait en continu même si un dispositif mécanique permet de réaliser un tir pulsé.

Deux raies d'émission situées dans le visible sont obtenues : de couleur caractéristique bleu-vert et de longueurs d'onde 488 et 514,5 nm, elles sont proches des spectres d'absorption de l'hémoglobine et de la mélanine d'où l'indication principale du laser argon : le traitement des lésions vasculaires et pigmentaires. Il est à noter que la profondeur de pénétration du faisceau laser argon dans les tissus ne dépassant pas 1 mm, le contingent vasculaire profond est épargné (la disparition complète de l'angiome n'est donc pas toujours obtenue). (35)

La puissance utile est de quelques watts. (5)

Mode d'action : il agit par coagulation des cibles.

2-Utilisation (11)

La transmission du laser se faisant par des fibres optiques de faible diamètre, il est par conséquent beaucoup plus maniable que le laser CO₂.

Techniques :

→ Technique classique : (36)

L'opérateur peut travailler en tir pulsé ou continu.

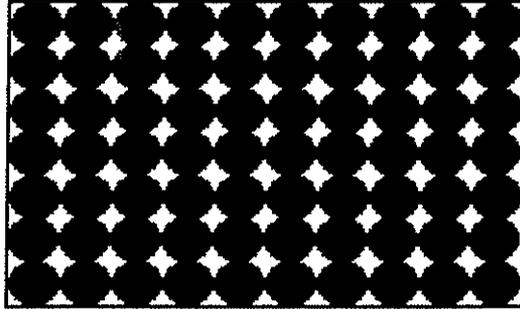
- tir pulsé :

Les spots sont séparés, jointifs ou discrètement chevauchants.

On distingue :

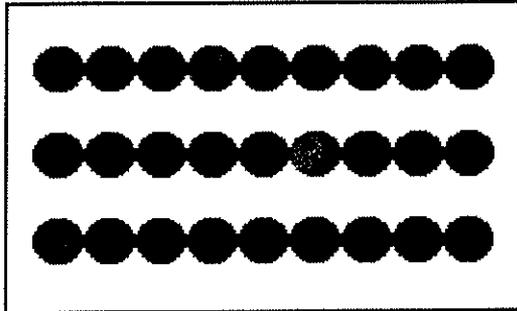
- le tir discontinu

homogène



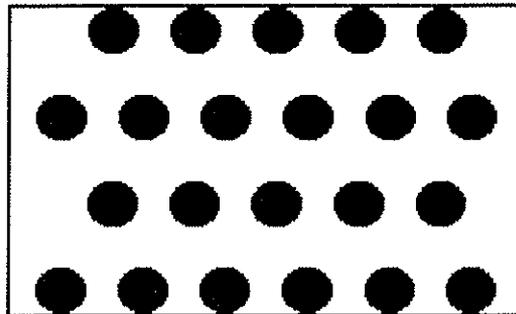
- le tir discontinu

par bande.



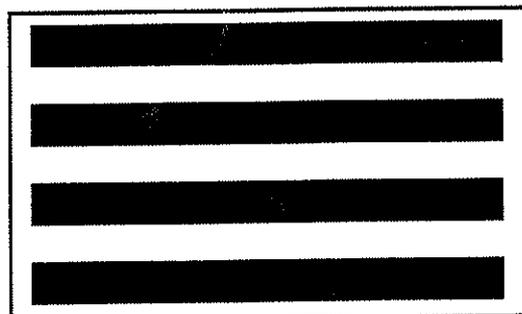
- le tir discontinu

par points séparés.



• tir continu :

Le manipulateur effectue des bandes parallèles aux lignes de la peau séparées par des espaces de peau saine pour faciliter la cicatrisation.



Cette technique classique présente de nombreux inconvénients :

En effet, la méthode en tir pulsé se révèle longue et fastidieuse car chaque spot laser ne mesure qu'un millimètre de diamètre. De plus, elle est approximative (le faisceau étant guidé par la main du manipulateur il peut y avoir un chevauchement plus ou moins important entre deux spots contigus ; en outre, il est difficile de maintenir la pièce à main perpendiculairement à la peau de façon constante et à une distance fixe de celle-ci).

La méthode en tir continu est plus rapide que la précédente mais encore plus approximative car elle dépend entièrement de la vitesse et de la régularité de déplacement de la main. Ces deux méthodes sont également difficilement reproductibles d'un opérateur à un autre et d'une séance à une autre. (11, 37)

D'où la mise au point de pièces à main automatisées : la lésion est alors traitée de façon uniforme par un balayage automatique en conservant les mêmes constantes.

→ L'HEXASCAN® (Prein et Partners) : (37, 38, 39)

Mis au point par le Docteur ROTTELEUR et col., c'est un système de balayage automatique par spots. Il est associé à un laser (laser Argon ou lasers émettant dans le visible) dont le faisceau est transmis par une fibre optique.

La forme hexagonale des champs a été choisie pour faciliter leur répartition manuelle sur la zone à traiter : la juxtaposition peut être réalisée de façon parfaite dans six axes différents.

L'HEXASCAN® peut être utilisé sous différents modes de fonctionnement en fonction de la lésion à traiter :

- mode « points par points »
- mode automatique : sans déplacer la pièce à main, les spots répétitifs juxtaposés remplissent progressivement au rythme de un spot toutes les 1,5 secondes toute la surface hexagonale.
- mode de balayage optimisé.

L'opérateur a le choix entre différents modèles de champs.

Avantages par rapport aux méthodes classiques :

- grande reproductibilité
- traitement rapide (15s/cm²)
- très grande homogénéité du traitement
- traitement beaucoup moins douloureux, évitant l'anesthésie dans la majorité des cas
- risques cicatriciels réduits.

Par contre, pour les lésions de grande taille, la juxtaposition des hexagones devient fastidieuse d'où l'intérêt du système mis au point par le Docteur LAFITTE :

→ le MULTISCAN® (10)

C'est un système de balayage automatique par bandes.

Il permet donc de traiter des lésions de grande taille.

L'intervention s'effectue sous anesthésie générale du fait de la douleur provoquée par le traitement et de la nécessité de maintenir le malade immobile.

3-Indications

a) Angiomes plans

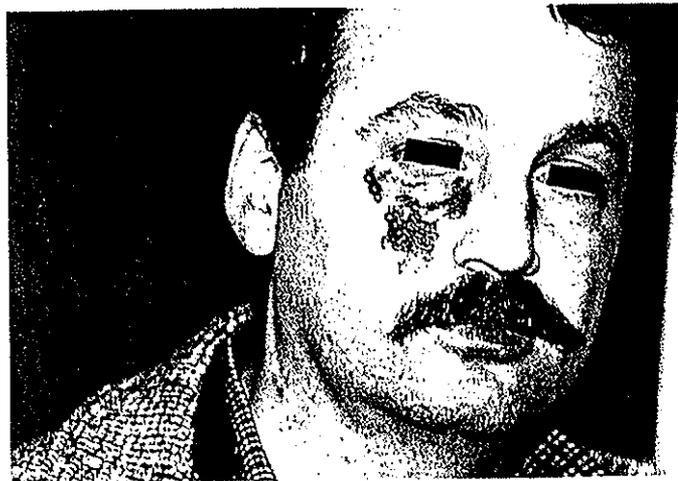
Localisés la plupart du temps au niveau du cou et de la face, ils causent un véritable problème esthétique, problème d'autant plus important qu'avec l'âge ils deviennent plus épais et plus foncés.

La réponse au traitement par le laser argon sera fonction :

- de la profondeur de l'angiome : la profondeur de pénétration du laser Argon dans la peau n'excédant pas un millimètre, les résultats obtenus pour les angiomes profonds seront inférieurs à ceux obtenus avec les angiomes superficiels.

- de la couleur de l'angiome, les angiomes les plus foncés (donc les plus riches en oxyhémoglobine) réagiront mieux au traitement que les clairs.

TRAITEMENT DES ANGIOMES PLANS PAR LE
LASER ARGON



A: Avant traitement.



B: Après 8 séances de laser Argon par la technique classique
par spots chevauchants.

- de l'âge du patient : le risque de cicatrice consécutive au traitement par laser argon est supérieur chez l'enfant. (41)

Le traitement par laser Argon s'adresse donc à des angiomes hypertrophiques pourpres. Malgré tout, alors que pour les angiomes plans de l'enfant la préférence allait au laser à colorant pulsé, l'association HEXASCAN®/laser Argon, en diminuant le risque cicatriciel, a réhabilité l'emploi de celui-ci chez l'enfant. (42)

En pratique, le manipulateur procède ou non à une anesthésie locale selon la sensibilité du malade et la technique employée. L'ajustement des paramètres se fait par la technique dite du « minimal power bleaching » (pour une taille de spot et une durée de pulses données, on choisit la plus petite puissance donnant le blanchiment) (10). La séance dure entre 10 et 20 minutes. La surface traitée ne dépasse pas 15 cm². (36)

72 heures après l'irradiation, il y a formation d'une croûte puis réépithélialisation. L'angiome peut continuer de blanchir jusqu'au douzième mois suivant l'intervention. (43, 11)

Les soins post-opératoires consistent en une désinfection soigneuse jusqu'à cicatrisation complète. De plus, dès la phase de réépithélialisation, les zones traitées doivent être protégées par un écran solaire total pour éviter le risque d'hyperpigmentation. (11)

b) Autres indications

Le laser Argon a été employé avec succès dans le traitement des angiomes stellaires, les angiomes tubéreux, l'érythrocouperose (dilatation permanente et visible des petits vaisseaux de la peau du visage), les angiokératomes (44), les lentigos (petites taches cutanées correspondant à une augmentation du nombre des mélanocytes), la Mélanose de DUBREUIL, les angiohistiocytes (45).

4-Effets indésirables

Du fait de l'utilisation des pièces à main automatisées, le taux d'effets indésirables survenant avec le laser Argon a considérablement diminué.

- Alors que la méthode du « point-par-point » se révèle douloureuse et nécessite par conséquent une anesthésie locale (XYLOCAÏNE®), le traitement au moyen de l'HEXASCAN® se déroule dans la plupart des cas sans anesthésie. (40)

- « Montré du doigt » pour les pourcentages élevés de cicatrices hypertrophiques survenant après traitement, le laser Argon a été réhabilité par les pièces à main automatisées : sans pièce à main, jusqu'à 38 % des patients présentaient des cicatrices ; avec l'HEXASCAN® leur survenue est exceptionnelle. (42)

- Chez 28 % des patients, on a noté la survenue d'une hypopigmentation et dans 22 % des cas, des modifications de la texture cutanée. (11)

5-Mesures de sécurité

Toute personne présente lors du fonctionnement du laser Argon doit porter des lunettes spécifiques adaptées à la longueur d'onde et assurant également une protection latérale de l'oeil.

C-LES LASERS A COLORANTS

Ces lasers utilisent la propriété de fluorescence que possèdent certains colorants : en effet, éclairées par un faisceau de lumière monochromatique, certaines molécules organiques en solution émettent un rayonnement couvrant une gamme de longueur d'onde supérieure à la longueur d'onde excitatrice.

Selon le type de pompage, on distingue :

- le laser à colorant pulsé,
- le laser à colorant continu.

1-Le laser à colorant pulsé (9, 10, 42, 46, 47, 48)

a) Principe physique

Le colorant est un mélange de rhodamine et de méthanol. Le pompage s'effectue par une lampe à éclair (lampe flash xénon).

C'est la firme Candela qui a développé et commercialisé ce laser sous le nom SPTL1 Candela. La longueur d'onde émise est fixée à 585 nm : la lumière obtenue est jaune.

Le faisceau est pulsé, chaque pulse présentant une durée de 450 microsecondes.

Mode d'action :

L'efficacité de ce laser dans le traitement des lésions vasculaires repose sur le principe de la photothermolyse qui correspond à une destruction sélective des vaisseaux. En effet, la longueur d'onde 585 nm est absorbée par le troisième pic d'absorption de l'oxyhémoglobine et est peu absorbée par la mélanine : le laser pénétrera donc jusqu'à une profondeur de 1,2 mm dans la peau. De plus, la durée des pulses (450 μ s) est nettement inférieure au temps de relaxation thermique des vaisseaux : les tissus avoisinants seront donc préservés au mieux.

Ce principe, s'il présente de nombreux avantages, a aussi des limites : du fait de la brièveté des pulses, seuls les vaisseaux de diamètre inférieur à 80-100 μ seront détruits. De même, ceci explique qu'un nombre de cinq à dix séances soit nécessaire pour obtenir le blanchiment satisfaisant d'une zone. (32)

Le laser à colorant pulsé sera donc recommandé pour les angiomes clairs de l'enfant.

b) Utilisation (10, 47)

Le faisceau laser est transmis à la pièce à main par une fibre optique souple.

Un tuteur permet de maintenir la pièce à main à égale distance de la peau tout au long du traitement. L'énergie ainsi délivrée est donc toujours constante.

La technique utilisée est celle du point par point. Suivant la pièce à main choisie, le spot a un diamètre de 3 ou 5 mm.

c) Indications

- angiomes clairs de l'enfant : la réponse au traitement étant d'autant meilleure que celui-ci est instauré tôt (plus l'enfant est jeune, plus la surface à traiter est petite, plus la peau est fine ; de plus les lésions pas encore hypertrophiées sont plus claires), le laser à colorant pulsé peut être utilisé dès les premières semaines de la vie. (20, 49, 50, 51, 52)

En pratique, la séance peut être précédée ou pas d'une anesthésie locale (EMLA®), d'une neuroleptanalgie en ambulatoire chez le jeune enfant ou d'une prémédication tranquillisante (ATARAX®, VALIUM®). (9, 10, 42)

L'intérêt d'une séance-test reste discuté du fait de la non-homogénéité des angiomes.

Le manipulateur emploie la technique du point-par-point, chaque spot chevauchant le précédent d'un tiers.

TRAITEMENT DES ANGIOMES PLANS PAR LE
LASER A COLORANT PULSE
ANGIOME PLAN CHEZ UN ENFANT DE CINQ ANS



A: Avant traitement



B: Après quatre séances de laser à colorant pulsé

Une coloration gris-noir apparaît d'emblée au point d'impact. Surtout nette pendant la première semaine, elle disparaît en 8 à 15 jours laissant place à une zone rosée dont le pâlissement maximal les trois premiers mois peut se poursuivre pendant 6 mois. Plusieurs séances sont nécessaires pour bien estomper les vaisseaux d'une même zone : elles seront répétées tous les deux à trois mois.

Les soins post-opératoires sont simples : on préconise l'application de compresses d'eau froide pour diminuer la sensation de cuisson ressentie après le traitement et l'application biquotidienne d'une crème grasse type BIAFINE®.

Dès le lendemain, une crème teintée peut être appliquée pour masquer l'inesthétique purpura gris-noir. Toute exposition solaire est bien sûr proscrite.

La réponse au traitement est fonction : **(32, 42, 47, 48)**

- de la localisation de l'angiome : la réponse est d'autant meilleure que l'angiome est situé sur le cou et sur le visage (exception faite du nez, de la partie médiane des joues et de la lèvre supérieure pour lesquels les résultats sont médiocres).

- de l'âge : plus le traitement est instauré tôt, meilleur le résultat est.

- de la notion d'un traitement antérieur : en l'absence de thérapeutique antérieure, la réponse obtenue est supérieure.

- du phototype du patient : l'efficacité du traitement est inférieure avec un phototype sombre (la mélanine en quantité importante, fait écran au faisceau laser).

(53)

- de l'aspect clinique de l'angiome : la réponse au traitement est d'autant meilleure que celui-ci est petit, pâle, déchiqueté, hétérogène et sans relief. (54)

- Autres indications :

Le laser à colorant pulsé est utilisé avec succès dans le traitement des érythrocouperoses pour lesquelles les thérapeutiques habituelles ont échoué (électrocoagulation). L'effacement de la lésion est généralement obtenu en une à deux séances. Le seul inconvénient de la méthode réside en la persistance pendant une à deux semaines du purpura gris-noir.

De même, les angiomes stellaires sont traités efficacement par le laser à colorant pulsé.

Un cas de lupus pernio nasal a été traité avec succès. (55)

Par contre, les résultats obtenus sur les varicosités des jambes sont médiocres.

TAN et ses collaborateurs ont récemment rapporté l'efficacité du laser à colorant pulsé dans le traitement des verrues. (50)

Le meilleur résultat a été obtenu avec les verrues planes.

d) Effets secondaires (9, 49)

Le pourcentage de cicatrices hypertrophiques et d'hyperchromies persistantes consécutives au traitement par le laser à colorant pulsé est très faible, leur survenue restant exceptionnelle. Les cas observés sont dus à l'utilisation de fluences trop élevées.

Deux cas de granulomes pyogéniques ont été observés après traitement. (57)

e) Sécurité (9, 10)

Le port de lunettes à verre filtrant la longueur d'onde est obligatoire. De plus, en cas de traitement des zones palpébrales, des coques de protection doivent être placées sous la paupière.

2-Le laser à colorant continu (9, 10, 58, 59)

a) Principe physique

Le colorant est la Rhodamine 6 G. Le pompage est réalisé par le laser argon d'où le nom : laser à colorant continu pompé par laser Argon. On obtient un faisceau continu dans la bande d'absorption de la Rhodamine 6 G (577 à 630 nm) qui possède en plus la longueur d'onde du laser Argon (488 à 514 nm).

Mode d'action : photothermolyse sélective.

TRAITEMENT DES ANGIOMES PLANS PAR LE
LASER A COLORANT CONTINU

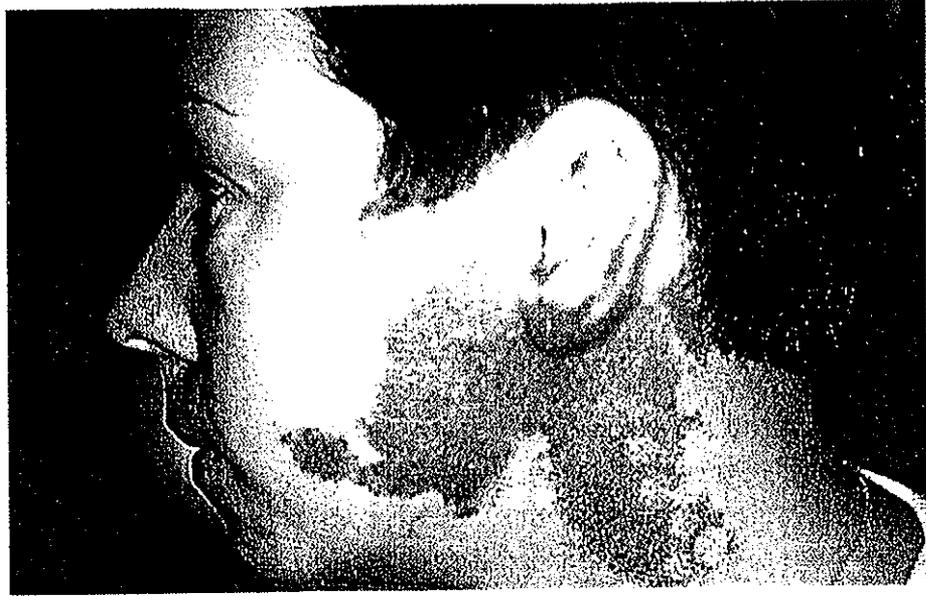


Figure 1: Angiome plan du cou;



Figure 2: Même patiente 18 mois plus tard, après trois passages:
bon résultat.

b) Utilisation

Le laser est couplé à l'HEXASCAN®. Il est paramétré sur une longueur d'onde de 585 nm pour traiter les lésions vasculaires et de 514 nm pour les taches pigmentaires.

c) Indications

- Les lésions vasculaires : les angiomes plans, comme avec le laser à colorant pulsé, pourront être traités dès le plus jeune âge. L'utilisation de l'HEXASCAN® permet de réduire les effets secondaires. (51)

Les résultats sont d'autant meilleurs que l'angiome est foncé. Les hémangiomes ulcérés du siège du nourrisson sont aussi une bonne indication au traitement par laser à colorant continu. (42)

Les microvaricosités des jambes sont aussi efficacement traitées par ce laser. (9)

- Les taches pigmentaires bénignes : la plupart des lésions épidermiques pigmentaires sont efficacement traitées en une ou deux séances par le laser à colorant continu réglé sur une longueur d'onde de 514 nm. (9)

d) Effets secondaires (9)

Les effets secondaires (hypopigmentation et hyperpigmentation) sont limités du fait de la haute sélectivité du laser à colorant continu et de son couplage à l'HEXASCAN®.

e) Sécurité (10)

Comme avec le laser à colorant pulsé, le port de lunettes à verres filtrant la longueur d'onde utilisée est obligatoire.

D-LE LASER NEODYME : YAG (Yttrium Aluminium Garnet)

1- Principe physique (9, 10)

Le milieu actif est un grenat d'yttrium aluminium dopé au néodyme.

Le rayonnement émis a une longueur d'onde de 1064 nm et se situe donc dans l'infrarouge proche.

Cette longueur d'onde étant peu absorbée par l'eau, la mélanine et l'hémoglobine par rapport aux autres lasers, le laser Nd : YAG aura un pouvoir de pénétration important dans les tissus (jusqu'à 4 à 6 mm).

Mode d'action :

Selon le temps d'exposition et l'irradiance, on distingue deux modes :

- . une nécrose de coagulation qui peut être profonde si l'irradiance est faible et le temps d'exposition long.
- . une vaporisation si l'irradiance est forte et le temps d'exposition court.

Du fait de sa non spécificité et par conséquent causant d'inévitables cicatrices, les indications à 1064 nm de ce laser sont peut développées en dermatologie.

C'est l'adjonction d'un cristal doubleur de fréquence dans la cavité de résonance qui a réhabilité le laser Nd : YAG. Ce laser Nd : YAG doublé en fréquence ainsi obtenu émet une longueur d'onde de 532 nm (verte), longueur d'onde proche d'un pic d'absorption de l'oxyhémoglobine dans une zone où le coefficient d'absorption par la mélanine est moindre que pour les longueurs d'onde du laser Argon.

Ce laser fonctionne en mode impulsionnel (durée des pulses : environ 10 ns).

2-Utilisation

Le laser Nd YAG doublé en fréquence est associé à l'HEXASCAN®.

3-Indications

A 532 nm, les indications au traitement par laser Nd YAG doublé en fréquence sont les suivantes :

- les angiomes plans de l'adulte. Le traitement s'effectue avec ou sans anesthésie.

- à cette longueur d'onde le laser Nd : YAG efface efficacement les tatouages réalisés à l'encre rouge (60)

- les taches café-au-lait répondent de façon variable (61).

- les taches pigmentaires (lentigos simples, lentigines, lentigos solaires...) répondent de façon constante et reproductible (62).

A 1064 nm, le laser Nd : YAG doublé en fréquence traite de façon efficace les tatouages effectués à l'encre noire. Les couleurs plus claires répondent moins bien (63). Les tatouages amateurs s'effacent habituellement en trois à quatre séances alors que l'effacement des tatouages professionnels nécessite quatre à huit traitements. (20)

4-Effets secondaires

Ils sont similaires à ceux observés avec le laser Argon.

L'utilisation couplée avec l'HEXASCAN® limite leur incidence. (9)

E-LE LASER RUBIS

C'est le système laser le plus anciennement utilisé en médecine (1).

A l'heure actuelle, ce laser, bien qu'il ait déjà fait ses preuves dans d'autres pays, n'est pas encore homologué en France.

1- Principe physique (9, 10, 20)

Le milieu actif est constitué d'un cristal de rubis (cristal d'alumine dans lequel des ions chrome sont responsables de l'émission laser).

L'émission se fait sur un mode impulsionnel (la durée de chaque pulse étant de l'ordre de la milliseconde) à une longueur d'onde de 694 nm située dans la partie rouge du spectre visible.

Dans les années 80, ce laser rubis a été modifié : le laser rubis Q-Switched ainsi obtenu fonctionne sur un mode déclenché : la durée des pulses n'est plus que de 20 à 60 ns et l'énergie libérée est bien supérieure à celle libérée par l'ancien système (1,5 à 8 Joules/cm²).

Mode d'action : photothermolyse sélective de la mélanine.

La cible de ce laser est donc le mélanosome.

2-Indications

A l'origine, la laser rubis fonctionnant sur un mode normal était utilisé dans le traitement des malignités de la peau, en particulier dans le traitement du mélanome.

(20)

Actuellement, fonctionnant sur un mode déclenché, il est utilisé dans le traitement des lésions suivantes :

- Les lésions épidermiques pigmentées bénignes : les lentigos (petites taches cutanées brunes) sont efficacement traitées par le laser rubis Q-Switched.

De PADOVA et MILGRAUM ont rapporté le succès de l'utilisation de ce laser dans la lentiginose peri-orificielle encore appelée syndrome de PEUTZ-JEGHERS.

(64)

De même, les taches café-au-lait sont une indication intéressante même si certains cas de récurrences ont été notés. (65)

Les naevi pilaires répondent de façon variable au traitement. (20, 65)

Le naevus bleu (66) et le naevus d'Ota (67) sont aussi traités par le laser rubis. Quatre à cinq séances sont nécessaires pour obtenir la disparition du naevus d'Ota (68).

Le laser rubis est un des instruments les plus efficaces pour traiter les naevi épidermiques (69).

DELANEY et WALKER ont rapporté le cas d'une mélanose du pénis traitée avec succès par le laser rubis (70).

- Le laser rubis Q-Switched peut aussi être utilisé pour effacer les tatouages amateurs et professionnels (2, 10, 20, 71). Les meilleurs résultats sont obtenus avec les pigments de couleur allant du bleu foncé au noir. Les pigments verts seront atténués. Par contre, le laser rubis Q-Switched n'a aucun effet sur les tatouages rouges.

Les tatouages amateurs seront effacés en trois à cinq séances alors qu'il faudra compter cinq à huit séances pour les tatouages professionnels.

Les tatouages d'amalgame dus au dépôt d'un mélange d'argent, de mercure, de cuivre, de zinc et d'étain sont fréquemment observés dans l'art dentaire. Un de ces tatouages a été effacé par le laser rubis Q-Switched. (72)

3-Effets secondaires

Après effacement des tatouages, quelques cas d'hypopigmentation transitoire ont été observés et plus rarement des cas d'hyperpigmentation.

L'incidence des cicatrices est très faible (moins de 5 %) (73).

Le traitement par laser rubis Q-Switched semble plus douloureux que le traitement par laser Nd : YAG doublé en fréquence (74).

F-LE LASER A VAPEUR DE CUIVRE

1- Principe physique

C'est un laser à gaz contenant de la vapeur de cuivre.

Le pompage s'effectue par décharge électrique.

L'émission laser se fait à deux longueurs d'onde :

- 510,6 nm dans le vert
- 578,2 nm dans le jaune.

La durée des pulses est de l'ordre de 20 ns. L'intervalle entre chaque pulse ne dépassant pas 67 ms, nous avons donc un laser quasi continu.

2-Utilisation

Ce laser peut être couplé à l'HEXASCAN®.

3-Indications

Les indications sont fonction de la longueur d'onde utilisée pour travailler :

- à 578 nm, le laser est absorbé de façon sélective par l'oxyhémoglobine même si, en raison du rythme rapide de répétition des pulses, il y a un risque de diffusion de la chaleur aux tissus avoisinants.

A cette longueur d'onde, le laser à vapeur de cuivre est donc employé pour le traitement des lésions vasculaires : il traite donc efficacement les angiomes plans, les télangiectasies de la face (75), les hémangiomes, la couperose...

- à 511 nm, la lumière laser est particulièrement absorbée par la mélanine. Le laser à vapeur de cuivre est donc utilisé dans le traitement des lésions bénignes pigmentées.

Ainsi, seront donc traités avec succès les lentigos et les éphélides. Comme avec les autres lasers, les taches café-au-lait répondent de façon inconstante. Dans certains cas, on observe des récurrences.

Du fait de leur caractère mixte (vasculaire et pigmentaire) les adénomes sébacés peuvent être efficacement traités par le laser à vapeur de cuivre. Selon l'aspect de la lésion, le manipulateur travaille à 511 nm ou 578 nm. (76)

4-Complications

Avec ce laser, aucun cas de modification de la texture de la peau ou de cicatrices n'a été observé.

Les seuls troubles rapportés consistent en une hyperpigmentation non transitoire. (9)

G-LE LASER A ALEXANDRITE

1- Principe physique (9, 77)

Le milieu actif est un cristal excité par une lampe flash. Comme les lasers Q-Switched rubis et Nd : YAG, il fonctionne sur un mode déclenché : le rayonnement émis a une longueur d'onde de 755 nm et chaque pulse a une durée de 100 ns.

Le mode d'action du laser à alexandrite est identique à celui des deux autres lasers fonctionnant sur un mode déclenché.

Les longueurs d'onde de leur rayonnement étant proches, les lasers rubis et alexandrite ont même profondeur d'action et même cible.

2-Indications (77, 78, 79)

La principale indication du laser à alexandrite consiste en l'effacement des tatouages ; comme avec les autres lasers, les tatouages amateurs s'effacent plus rapidement (quatre à six séances) que les tatouages professionnels (six séances au minimum).

Le laser alexandrite est surtout efficace pour les pigments noirs, moyennement efficace pour l'encre bleue et l'encre verte et peu efficace pour les pigments rouges.

ALSTER et WILLIAMS ont rapporté que le laser à alexandrite pouvait être efficacement utilisé pour éliminer le naevus d'Ota. (80)

3-Effets secondaires (77)

L'effet indésirable le plus fréquemment observé est l'hypopigmentation survenant chez environ 50 % des patients. Cette hypopigmentation transitoire régresse en quelques mois.

On observe aussi quelques cas de cicatrices ou de changement de texture de la peau.

VII-CONCLUSION

Présenté à ses débuts comme un instrument miraculeux capable d'effacer « tout ce qu'il y a de laid sur la peau sans laisser de marques », le laser a été accueilli avec enthousiasme. Aujourd'hui, bien qu'irremplaçable pour traiter certaines lésions, sa cote de popularité a nettement baissé : en effet, non seulement il n'est ni indolore ni dénué d'effets secondaires mais en plus, alors qu'à l'heure actuelle on s'oriente vers une maîtrise du coût de la santé, le traitement par laser est onéreux.

Malgré ces handicaps, l'amélioration constante des techniques et l'apparition de nouveaux lasers ouvrent de nouveaux horizons.

VIII-ANNEXES

ANNEXE 1 :

Spectres d'absorption de la mélanine et de l'oxyhémoglobine.

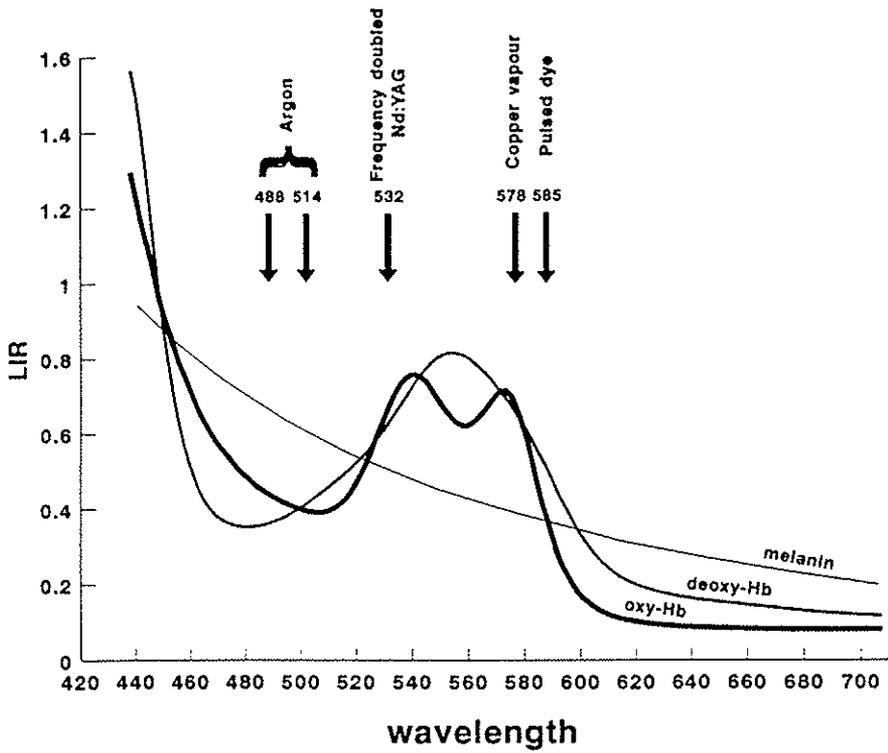
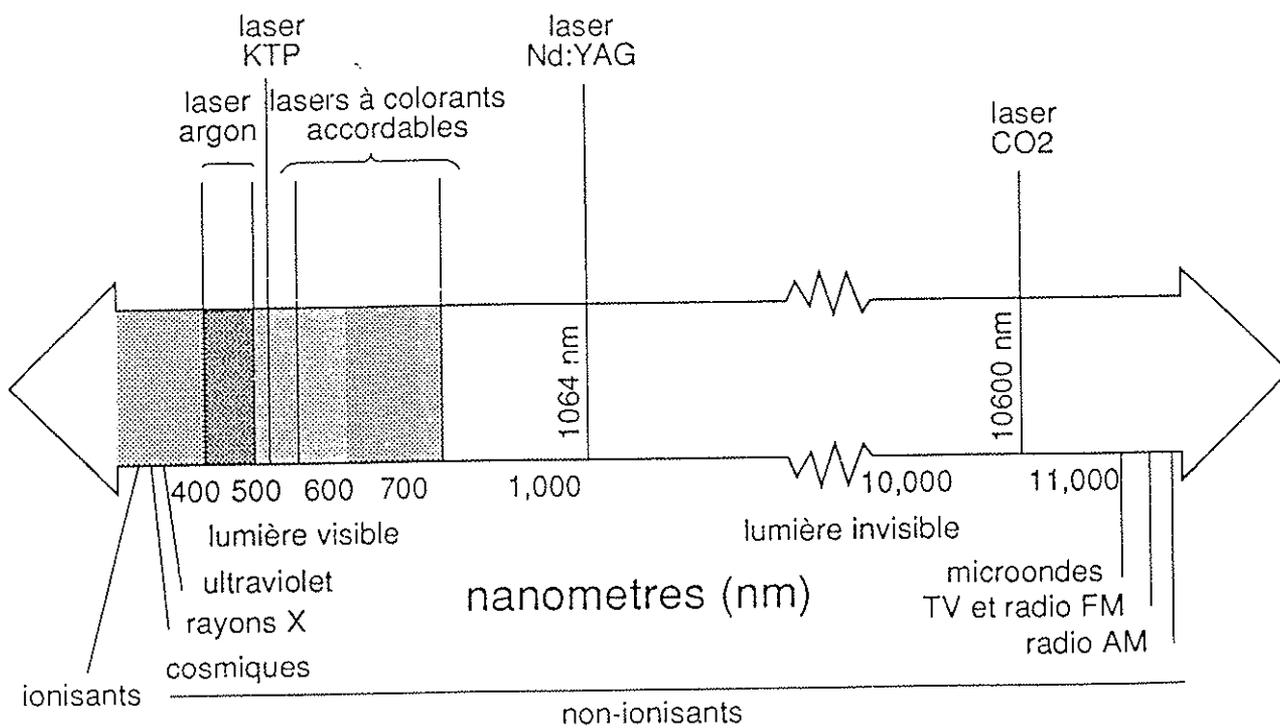


Figure 1. Spectral absorption curves for oxyhaemoglobin, deoxyhaemoglobin and melanin. LIR, logarithm of the inverse reflectance, which is proportional to light absorption.

ANNEXE 2 :**Spectre des rayonnements électromagnétiques.**



Spectre des rayonnements électromagnétiques

ANNEXE 3 :
HEXASCAN®.

Hexascan — *Expanding the Clinical Utility of the KTP/532 Laser*

The KTP/532™ Surgical Laser System combined with Hexascan™ offers the complete solution for the effective removal of benign vascular and pigmented lesions. The Hexascan System is the ultimate in state-of-the-art technology for accomplishing reproducible results, especially for large lesions.

The KTP/532 Surgical Laser with Hexascan features:

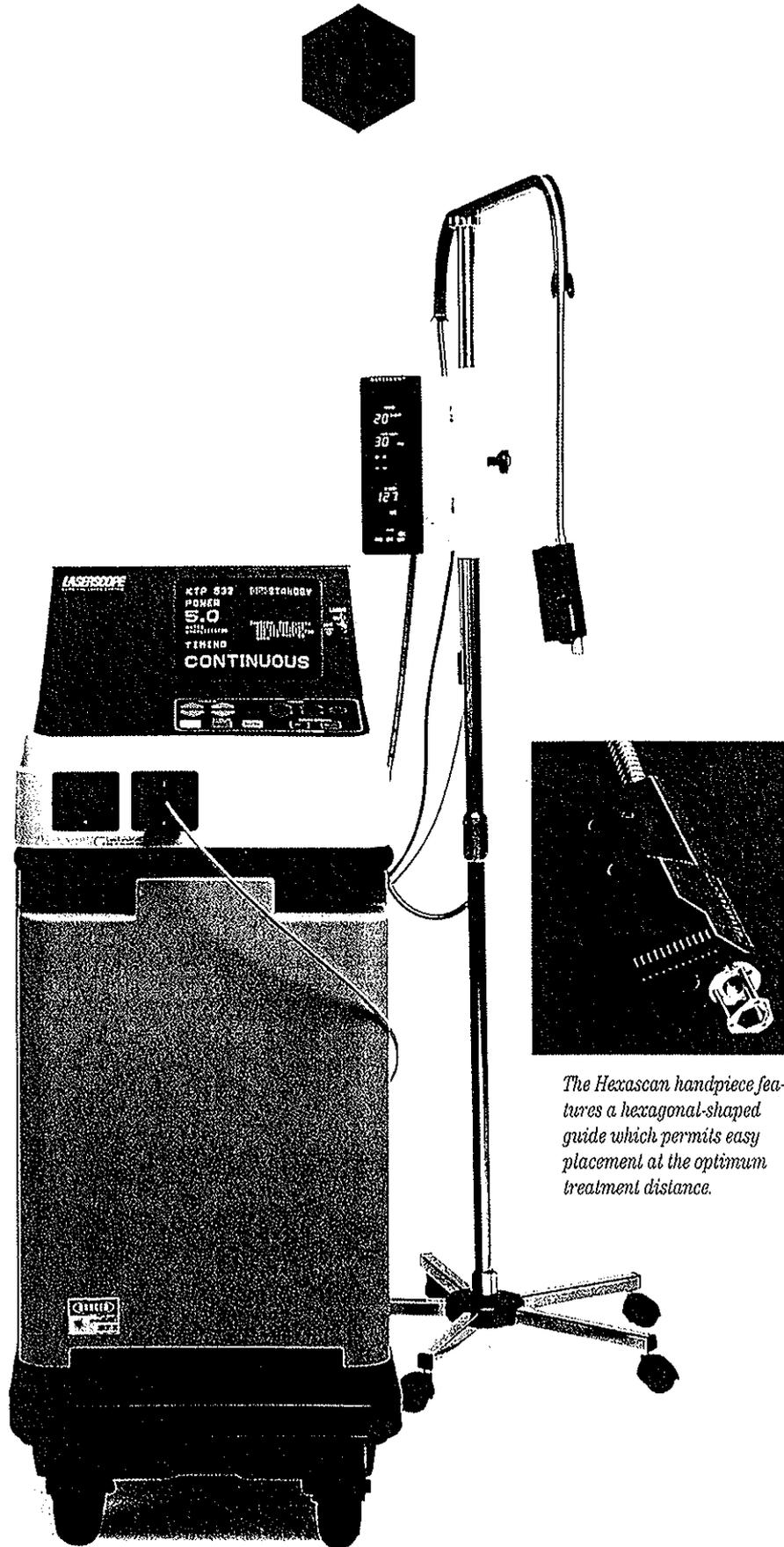
- Automatic laser beam placement to provide effective results without scarring
- Maximum power and minimum exposure delivery to permit optimum effect and minimize pain
- Ease-of-use controls ensure reproducible results and eliminate technique variables
- The 532 nm wavelength is preferentially absorbed for optimum photocoagulation to reduce the number of overall treatments
- Solid-state engineering for minimal maintenance expense and down time

Precise Dose of Laser Energy

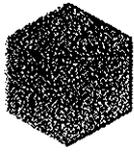
Connected to the KTP/532 Surgical Laser System's Microbeam™ accessory port, Hexascan's microprocessor controlled system allows rapid, precise delivery of the laser beam in a predetermined hexagonal pattern with a preselected dose of laser energy.

The 532 nm Green Wavelength is Ideal for Laser Treatment of Vascular and Pigmented Cutaneous Lesions

Laserscope's 532 nm wavelength is an ideal choice for treatment of vascular and pigmented lesions. This wavelength is preferentially absorbed by the chromophores hemoglobin, oxyhemoglobin and melanin. The chromophores are responsible for the color of red and



The Hexascan handpiece features a hexagonal-shaped guide which permits easy placement at the optimum treatment distance.



brown surface lesions. This photoagulation effect of the 532nm wavelength, combined with Hexascan's superior delivery system, leads to consistent and reliable removal of lesions.

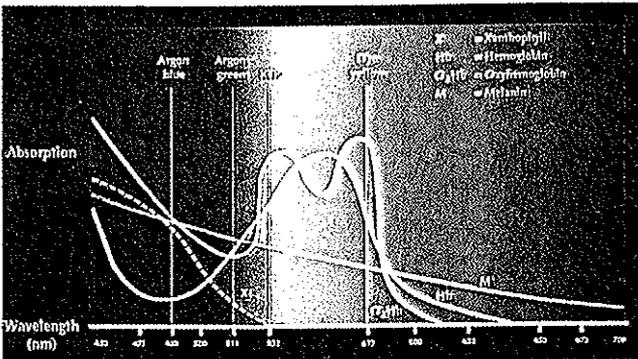
Reduces Risk of Thermal Damage
The Hexascan System consists of a handpiece with a hexagonal-shaped guide

single spot mode like a conventional handpiece.

Choice of Multiple Hexagonal Field Sizes Allows Rapid and Precise Treatment of Any Size Lesion

The physician can choose from nine different hexagonal field sizes ranging from a single millimeter spot, to a field of 127

spots. The selection of field size is determined by the shape and form of the lesion being treated. The largest hexagonal field size is 13 mm in diameter and requires less than 20 seconds to complete.

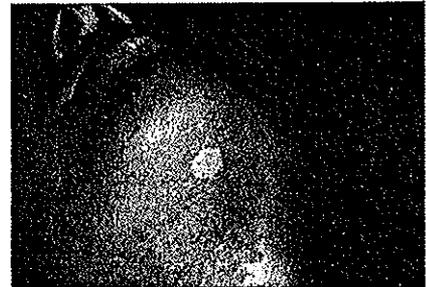


An absorption spectrum chart indicates how KTP/532 is preferentially absorbed by hemoglobin, oxyhemoglobin, and melanin.

which places the handpiece at the optimum treatment distance. The guide permits easy placement on treatment zones without the risk of overlap and subsequent over-treatment. The microprocessor controlled scanning mode ensures that each 1 mm laser spot exposure is delivered in a special sequence, allowing time for tissue cooling between adjacent exposures and reducing risk of thermal tissue damage. Hexascan can also be used in a

Easy, Fast, Less Painful Treatment
Due to the rapid, brief bursts of laser energy delivered with KTP/532 and Hexascan, local anesthesia is rarely required. The total treatment time is greatly reduced compared to conventional handpiece techniques and alternate technology.

Today this revolutionary pairing of surgical equipment has made the treatment of benign vascular and pigmented lesions easier than ever before — making it the standard of care in Dermatology.



Port wine stain birthmarks are often large and unsightly, but a test patch shows restoration of normal skin color and texture 3 months after laser treatment with Hexascan.

Based on the shape and form of the lesion being treated, the physician can select from nine field sizes — the largest is 13 mm in diameter and requires less than 20 seconds to complete.



SPT



H3



H5



H7



H9



H11



H13



H17

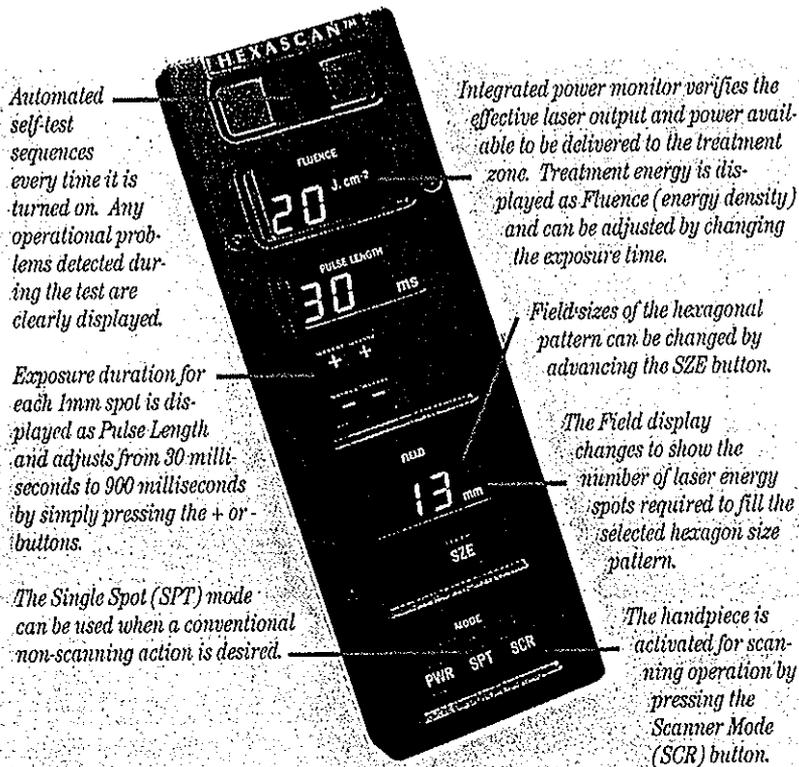


H127

Easy to Learn, Set-Up and Use

The simplicity of Hexascan's control panel lets physicians prepare the system for treatment in a matter of seconds and

eliminates all variables in power, spot size, exposure time and technique.



Automated self-test sequences every time it is turned on. Any operational problems detected during the test are clearly displayed.

Exposure duration for each 1mm spot is displayed as Pulse Length and adjusts from 30 milliseconds to 900 milliseconds by simply pressing the + or - buttons.

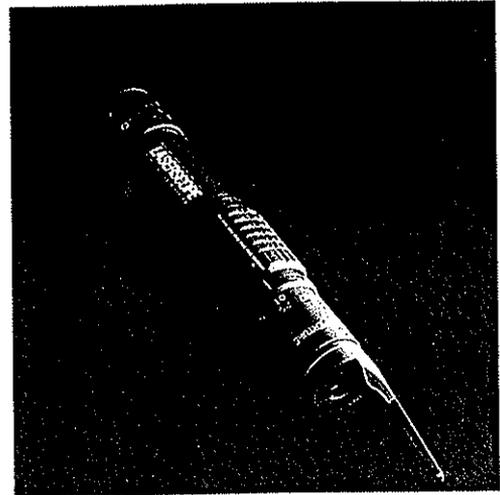
The Single Spot (SPT) mode can be used when a conventional non-scanning action is desired.

Integrated power monitor verifies the effective laser output and power available to be delivered to the treatment zone. Treatment energy is displayed as Fluence (energy density) and can be adjusted by changing the exposure time.

Field sizes of the hexagonal pattern can be changed by advancing the SZE button.

The Field display changes to show the number of laser energy spots required to fill the selected hexagon size pattern.

The handpiece is activated for scanning operation by pressing the Scanner Mode (SCR) button.



The Variable Spot Dermastat™ is an optional accessory offering seven spot sizes. The smallest is 100 microns, which is especially useful for tracing small vascular telangiectasia.

The Standard of Value

The Hexascan system is one more way Laserscope is expanding the clinical utility of the KTP/532 Laser. The KTP/532 and the KTP/YAG Surgical Laser Systems provide more capabilities for more surgical specialties than any

other laser systems. Laserscope provides educational workshops for surgical training in all specialties and a Clinical Customer Support program for inservice training, surgery support and accessories ordering.

LASERSCOPE

3052 Orchard Drive
San Jose, CA 95134-2011
(800) 356-7600 Toll Free
(408) 943-0636 Corp. Office
(408) 943-1051 FAX

Laserscope (UK) Ltd.
Raglan House
Cwmbran
Gwent, NP44 3AX
United Kingdom
0633-838081 Office
0633-838161 FAX

Laserscope is a registered trademark and KTP/532, Microbeam and Variable Spot Dermastat are trademarks of Laserscope. Hexascan is a trademark of Lintan Technologies, license INSERM U270, France.

0019-491-AC/RL-VB Printed in U.S.A.



ANNEXE 4 :

Le laser néodyme : YAG.

Système Laser

KTP/YAG

La référence en matière
de laser chirurgical :

- * Laser à milieu actif solide
- * Transmissible par fibre optique
- * Utilisation aisée
- * **Puissances laser disponibles importantes** autorisant une diversité des applications dans les disciplines suivantes :

En Urologie :

Coagulation/Vaporisation du tissu prostatique, sténoses urétrales, tumeurs de la vessie, condylomes urétraux.

En O.R.L :

Les pathologies endo-nasales et sinusiennes, pathologies de la cavité orale, du larynx et du pharynx, chirurgie cutanée de la tête et du cou.

En Orthopédie :

Décompression des disques.

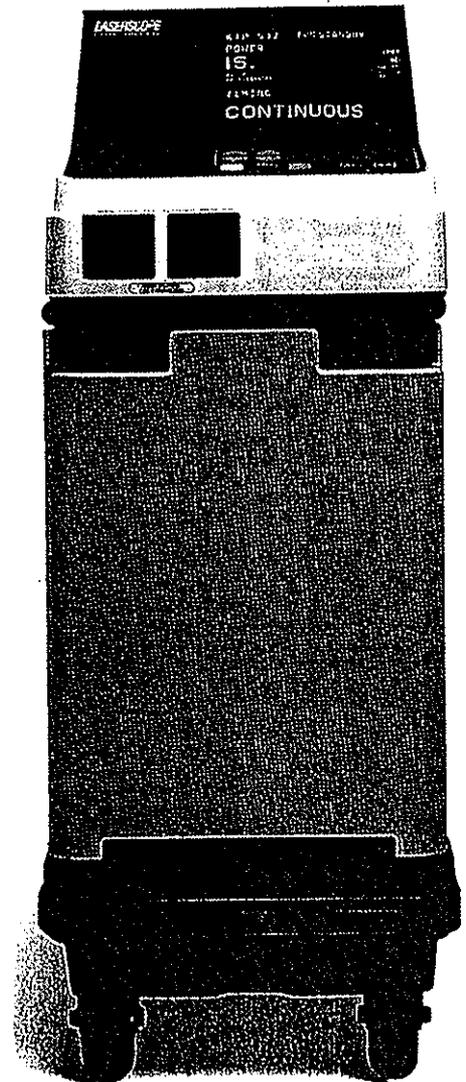
En gynécologie :

Chirurgie des voies basses, ceoliochirurgie, chirurgie externe et hystéroscopique.

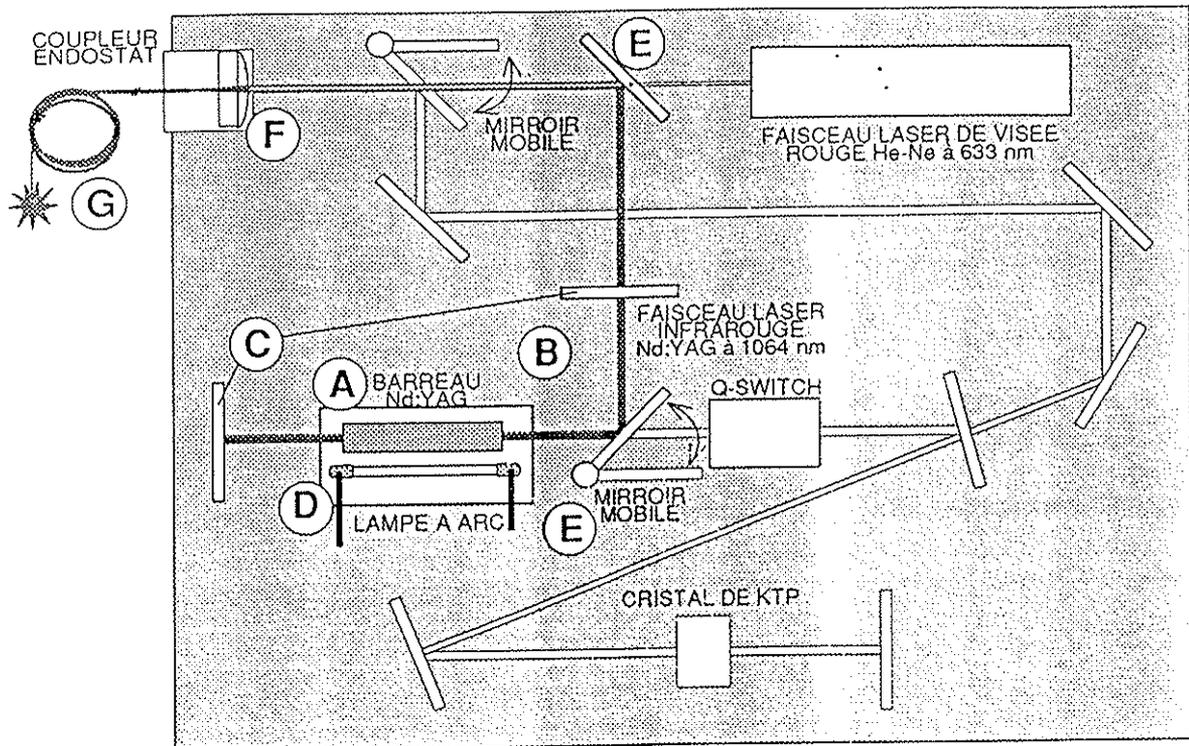
Mais aussi en Dermatologie, Gastro-entérologie, Pneumologie, Neurochirurgie, Chirurgie digestive plastique ou orthopédique.

Grâce A Sa Nouvelle Longueur d'Onde
Le Meilleur Investissement Laser
Des Années A Venir

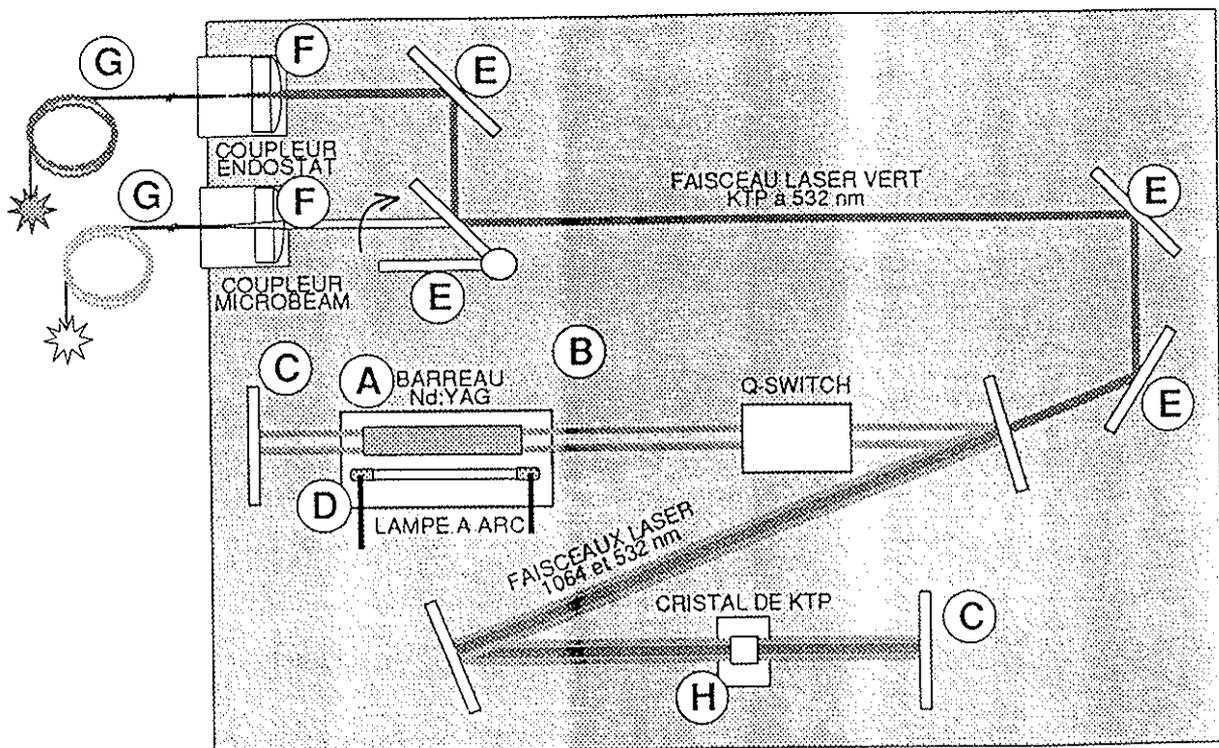
... **LASERSCOPE**



MINI-AT-Optical Laser System



SCHEMA OPTIQUE DE TRANSMISSION
FAISCEAU LASER INFRAROUGE
Nd:YAG à 1064 nm



SCHEMA OPTIQUE DE TRANSMISSION
FAISCEAU LASER VERT
KTP à 532 nm

Les éléments constitutifs du laser Nd : YAG

Les éléments de base constitutifs du laser Nd : YAG sont les suivants :

Milieu actif (A)

Le milieu actif du laser Nd : YAG est un barreau cylindrique de Nd : YAG, c'est lui qui génère et amplifie le faisceau laser. Les autres types de laser emploient des milieux actifs différents.

Tête laser (B)

C'est là que le milieu actif est excité par une source d'énergie externe, en vue de la production du faisceau laser.

Cavité laser (C)

Une cavité laser classique comporte deux miroirs placés en regard, l'un étant à réflexion totale, l'autre essentiellement à réflexion mais aussi légèrement transparent. Le rayonnement laser produit est constitué par le faisceau qui s'échappe de la cavité en traversant le miroir légèrement transparent (miroir de sortie).

Source d'énergie externe (D)

La source d'énergie d'un laser Nd : YAG est la lumière d'une lampe à arc krypton (il s'agit d'un système à pompage optique).

Miroirs de renvoi (E)

Ceux-ci réfléchissent le faisceau laser après sa sortie de la cavité laser puis le dirigent jusqu'au dispositif de transmission.

Lentille convergente (F)

Cette lentille concentre le faisceau à l'intérieur de la fibre optique, de telle manière qu'il soit transmis au tissu comme il convient.

La lentille convergente est généralement logée dans le coupleur de fibre optique

Système de transmission (G)

Il existe plusieurs systèmes de transmission permettant de guider le faisceau émis par le laser Nd : YAG sur le tissu-cible.

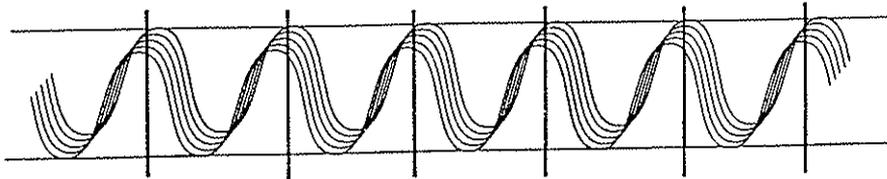
Les systèmes de transmission classiques sont les fibres optiques et les pièces à main à fibre optique).

Les éléments constitutifs du laser KTP

Les éléments de base constitutifs du laser KTP sont principalement les mêmes que ceux du laser Nd:YAG, la principale différence étant que le faisceau Nd:YAG traverse un cristal de KTP (H) dont les propriétés optiques sont de transformer la longueur d'onde 1064 nm en 532 nm, le chemin optique du faisceau résultant en est lui aussi modifié.

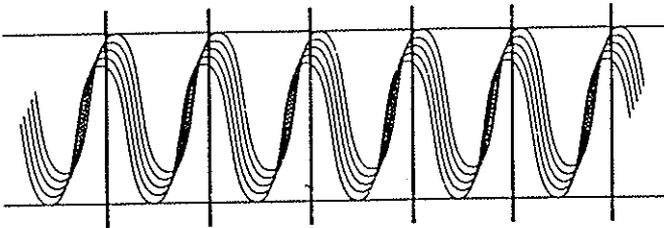
laser HeNe
633 nm

lumière rouge



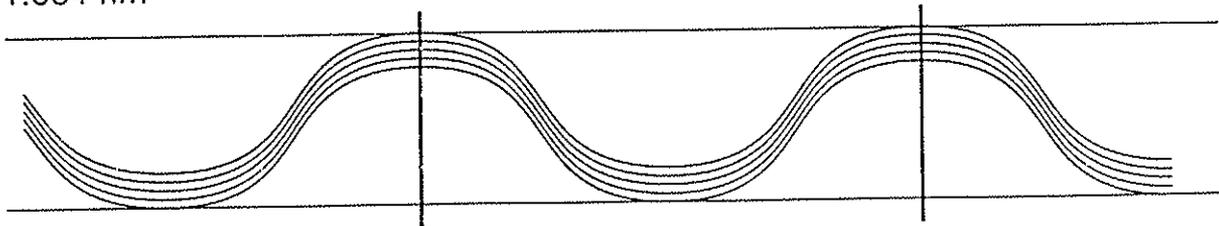
laser KTP
532 nm

lumière verte



laser Nd:YAG
1.064 nm

lumière infra-rouge invisible



3 longueurs d'ondes Laser :
laser de visée He-ne de faible puissance
lasers chirurgicaux Nd:YAG et KTP de forte puissance

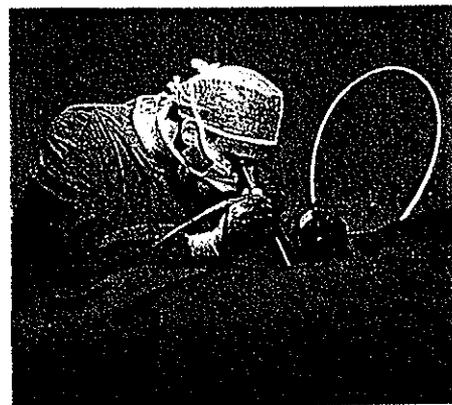
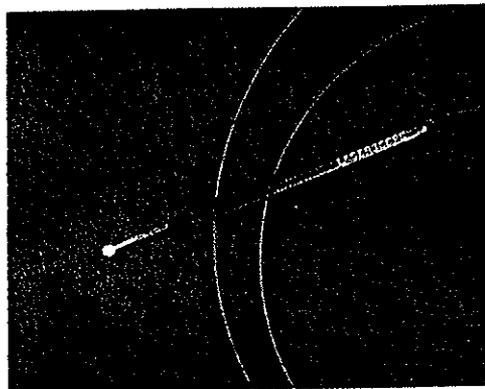
ANNEXE 5 :

Accessoires et périphériques.

Accessoires & Périphériques

Laser

Le plus grand choix d'accessoires pour s'adapter au mieux à chaque indication.

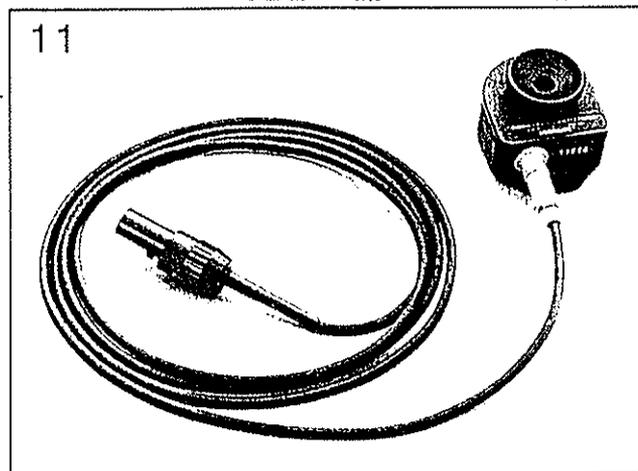
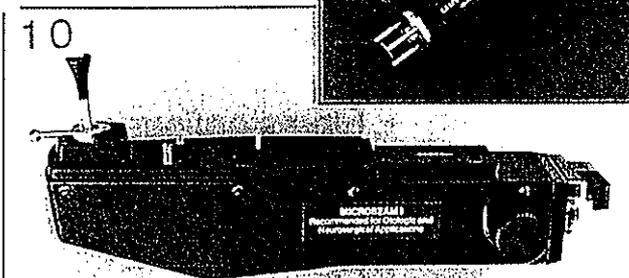
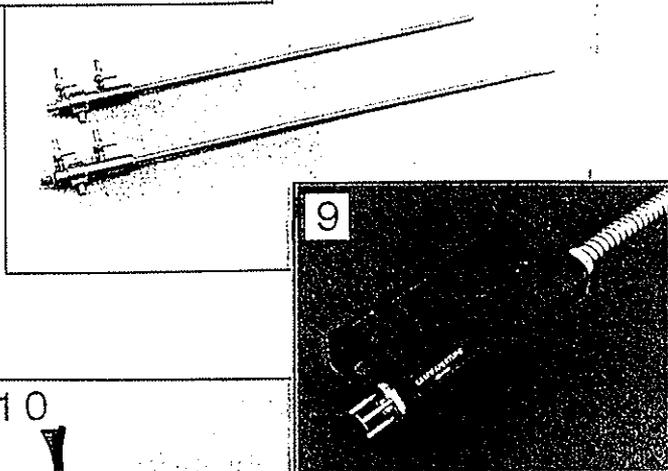
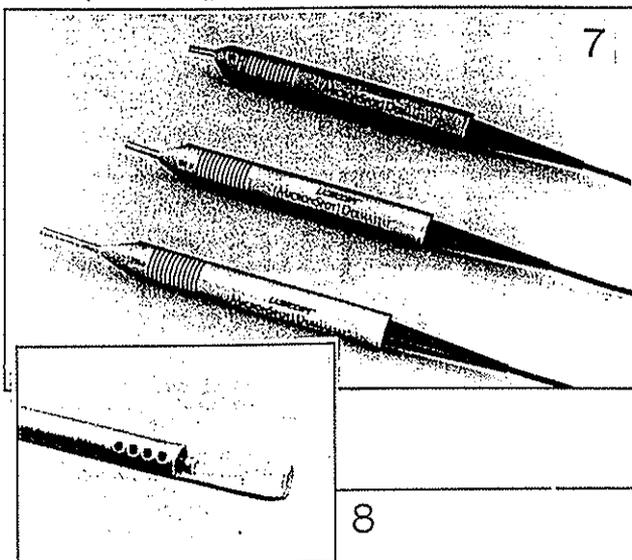
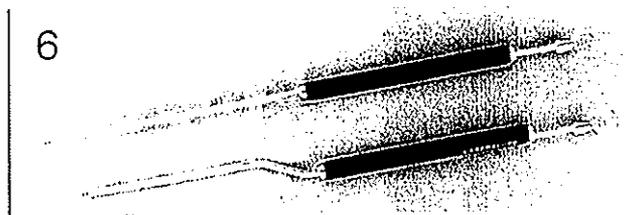
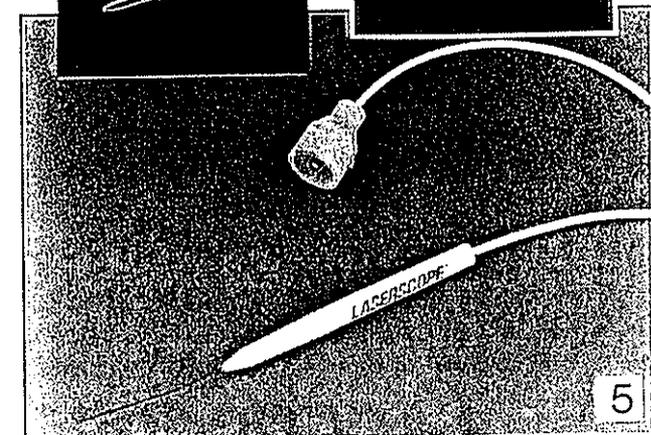
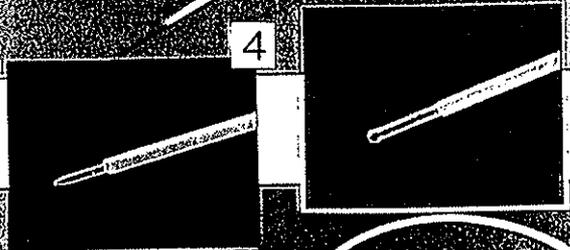
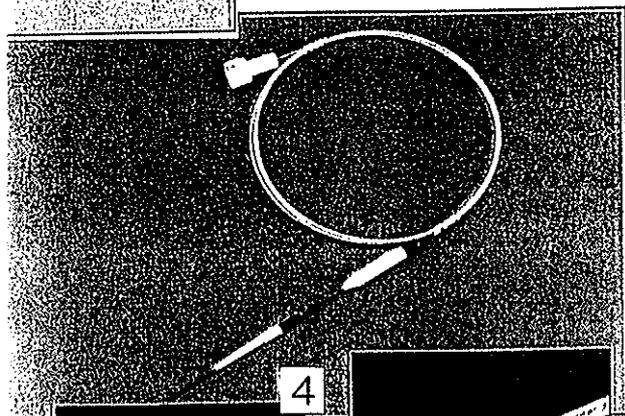
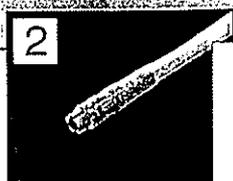
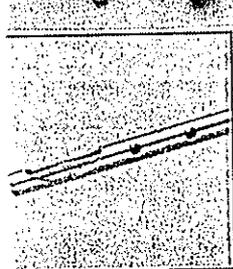
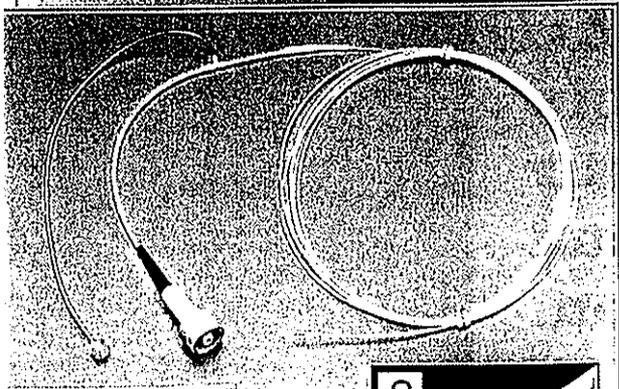
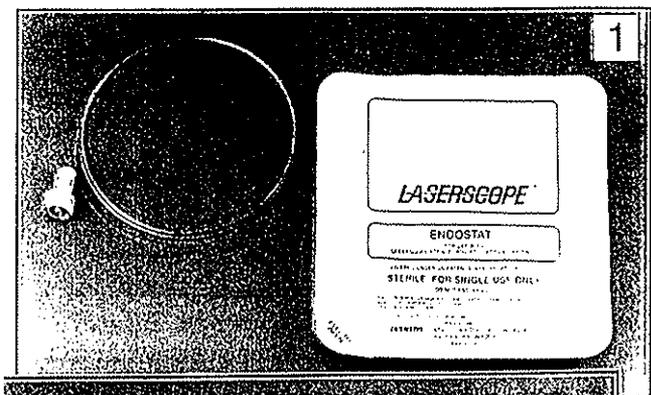


- Fibres optiques gainées ou nues
- Fibres sculptées
- Fibres à tir latéral
- Porte-fibres
- Pièces à main focalisantes
- Protections oculaires et vidéo
- Filtres automatiques
- Micromanipulateurs
- Automates de balayage laser Hexascan et SmartScan
- Aspirateurs de fumées laser.



Grâce A Un Eventail Unique d'Accessoires
Le Meilleur Investissement Laser
Des Années A Venir

... **LASERSCOPE**



1-Endostat, 2- Coaxial Endostat, 3- ADD/ADDStat, 4- Sculptured Endostat, 5- Accustat, 6- Microstat, 7- Dermastat, 8- Laparostat, 10- Microbeamson des marques déposées de Laserscope. 11- Filtre automatique de protection oculaire. 9- Hexascan est une marque déposée de Prein & Partners sous licence INSERM U279.

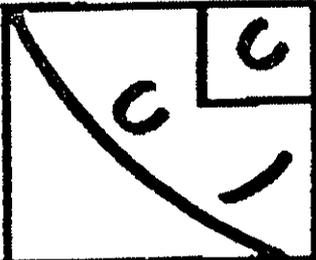
LASERSCOPE FRANCE S.A.

Parc Technologique, 18 rue du Bois Chaland
91090 LISSES - France

Tel: (1) 60 86 20 49
Fax: (1) 60 86 14 88

ANNEXE 6 :**Tableau de comparaison des différents lasers.**

clinical applications of lasers for skin disorders: comparisons and contrasts



lasers for cutaneous pigmented lesions

Laser	Wavelength (nm)	Pulse length	Depth of Penetration	Spot size (Circular)	Hypo-pigmentation
Argon/Hexascan	514	40-60 msec (Variable from 30-990 msec)	250-300 μ m	1 mm spots within a 3-13 mm hexagonal field size	Uncommon
Coaxial Pulsed Dye	510	300 nsec (Fixed)	250-300 μ m	5 mm	Yes
Q-Switched Ruby	694	40-50 nsec (Fixed)	750-1000 μ m	5, 6, 7, mm	Yes
Copper Vapor	511	Depends on accessories (Variable)	250-300 μ m	Depends on accessories	? same as argon
Q-Switched YAG (frequency doubled)	532	5-10 nsec	300 μ m	1-3 mm	?
Q-Switched Alexandrite	755	100 nsec	1000 μ m	3 mm	?

Table 2. Laser Comparison Chart

Note: Depth of penetration is approximate and can increase with increasing fluences - these are estimates at recommended treatment fluences

d.h. mcdaniel

BIBLIOGRAPHIE

- 1- WHEELAND R.G.
History of lasers in dermatology. Clin. Dermatol., 1995, Jan.-Feb., 13 (1),
3-10.
- 2- HUET C.
Quelques applications du laser en dermatologie. 84 p. Th. Univ. Pharm. Nantes,
1990, n° 26.
- 3- ROUX FX.
Le laser CO2 neurochirurgical. Paris, Maloine, 1986. 92 p.
- 4- LIEVENS PC.
Laser thérapie : théorie et applications pratiques. Paris, Frison-Roche, 1989.
165 p.
- 5- GREMY F.
Biophysique. Paris, Flammarion, 1982. 493 p.
- 6- THOMAS P. et AMBLARD P.
Photodermatologie et photothérapie. Masson, 1988. 133 p.
- 7- MAGNE J. et MAGNE-MARTY RM.
Biophysique. Paris, Marketing, 1991. 432 p.
- 8- LAROUSSE. Grand Dictionnaire Encyclopédique. Paris, Larousse.

- 9- LEVY J.L.
Lasers en dermatologie. Editions techniques. Encycl. Med. Chir. (Paris, France), Dermatologie, 12-901. A. 10, 1994, 9p.
- 10- BOUISSOU S., DAHAN S. et DUPIN P.
Les lasers en dermatologie. Paris, Arnette, 1992. 86 p.
- 11- ANDRE P., CHAVALAUDRA J., DAMIA E., GUILLAUME J.C. et AVRIL M-F.
Les lasers en dermatologie. Ann. Dermatol. Vénéreol., 1990, 117, 377-395.
- 12- Dictionnaire de Médecine Flammarion
Paris, Flammarion. Médecine-Sciences, 1994. 1010 p.
- 13- DADOUNE J-P.
Histologie. Paris, Flammarion, 1990. 462 p.
- 14- STEVENS A et LOWER JS.
Histologie, Paris, Pradel, 1993. 378 p.
- 15- LAROUSSE MEDICAL.
Paris, Larousse, 1995. 1203 p.
- 16- BONNET BLANC J-M.
Introduction à la dermatologie. Paris, Ellipse, 1989. 124 p.
- 17- STEIGLEDER G.K.
Atlas de dermatologie pratique. Paris, Masson, 1992. 283 p.

- 18- A quoi ça sert : le laser. *Imp. Med. Hebdo.*, 3 Juin 1996, 321, 35.
- 19- PICALLO P.
Le point sur les lasers. *Imp. Med. Hebdo*, 17 Mai 1996, 323, 84-85.
- 20- ASHINOFF R.
Introduction to lasers. *Semin- Dermatol.*, 1994 Mars, 13 (1), 48-59.
- 21- FAIRHURST MV, ROENIGK RK et BRODLAND DG
Carbon dioxide laser surgery for skin disease. *Mayo. Clin. Proc.*, 1992, Jan. 67 (1), 49-58.
- 22- GERONEMUS RG et ASHINOFF R.
Lasers in the treatment of skin cancer. *Dermatol. Clin.*, 1991, 9, 765-776.
- 23- ROENIGK R.K.
Laser : when is it helpful, unequivocal or simply a marketing tool.
Cutis, Apr. 1994., 53 (4), 201-10.
- 24- FITZPATRICK RE, GOLDMAN MP et RUIZ-ESPARZA J.
Clinical advantage of the CO2 laser superpulsed mode treatment of verruca vulgaris, seborrheic keratoses, lentigines and actinic cheilitis.
J. Dermatol. Surg. Oncol., 1994 Jul., 20 (7), 449-56.
- 25- RUFFIEUX C., GUEISSAZ F. et MORIER P.
Traitement des condylomes acuminés : efficacité du laser CO2.
Ann. Dermatol. Vénérolog., 1990, 117, 97-101.

- 26- BAILIN PL., RATZ J.L., et WHEELAND R.G.
Laser therapy of the skin. A review of principes and applications.
Dermatol. Clin., 1987, 5, 259-285.
- 27- JOHNSON TM., SEBASTIEN TS., LOWE L. et NELSON BR;
Carbon dioxide laser treatment of actinic cheilitis. Clinicohistopathologic
correlation to determine the optimal depth of destruction.
J. Am. Acad. Dermatol., 1992 Nov., 27 (5 Pt 1), 737-40.
- 28- ROENIGK RK.
CO2 laser vaporization for treatment of rhinophyma.
Mayo. Clin. Proc., 1987, 62, 676-680.
- 29- FITZPATRICK RE., GOLDMAN MP. et DIERICKX C.
Laser ablation of facial cosmetic tattoos.
Aesthetic. Plast. Surg., 1994 winter, 18 (1), 91-8.
- 30- Mc CULLOUGH TL. et LESHER JL J1.
Porokeratosis of Mibelli : rapid recurrence of a large lesion after carbon dioxide
laser treatment. Pediatr. Dermatol., 1994 Sept., 11 (3), 267-70.
- 31- SHEEHAN-DARE RA. et COTTERILL JA.
Lasers in dermatology. Br. J. Dermatol., 1993, 129, 1-8.
- 32- ROTTELEUR G.
Les lasers dans le traitement des angiomes plans.
Le Concours Médical, Nov. 1992, 114-137.

- 33- GIACOMINO P., LAFFITTE F., BONAFE J-L., CHAVOIN J-P.
et COSTAGLIOLA M.
Les lasers en pathologie vasculaire cutanée. Le Concours Médical, Mars 1987,
109-9, 782-5.
- 34- GLOSTER HM Jr et ROENIGK RK.
Risk of acquiring human papillomavirus from the plume produced by the
carbon dioxide laser in the treatment of warts.
J. Am. Acad. Dermatol., 1995 Mar., 32 (3), 436-41.
- 35- ROTTELEUR G., PIETTE F., BRUNETAUD J-M., THOMAS P. et
BERGOEND H.
Les lasers en dermatologie : effets biologiques-indications thérapeutiques.
Ann. Dermatol. Vénéreol., 1981, 108, 343-353.
- 36- MORDON S., BRUNETAUD J-M., DAIGNE M. et COCHELARD D.
The laser treatment of portwine stains : a survey by the French Society of
Medical lasers (SFLM). Lasers in Medical Science, 1990, 5, 31-41.
- 37- MORDON S., ROTTELEUR G., BUYS B. et BRUNETAUD J-M.
Comparative study of the « point-by-point technique » and the « scanning
technique » for laser treatment of PWS.
Lasers in Surgery and Medicine, 1989, 9, 398-404.
- 38- ROTTELEUR G., MORDON S., BUYS B., SOZANSKI J-P.,
BRUNETAUD J-M., PIETTE F., THOMAS P. et BERGOEND H.
Intérêt d'une pièce à main automatisée dans le traitement des angiomes plans
par laser à argon.
Nouv. Dermatol., 1986, 5, 6, 531-33.

- 39- ROTTELEUR G., MORDON S., BUYS B., SUZANSKI J-P. et BRUNETAUD J-M.
Robotized scanning laser hand piece for the treatment of PWS and other angiodysplasias.
Lasers in Surgery and Medicine, 1988, 8, 283-87.
- 40- Mc DANIEL DH., BEACH V. et MORDON S.
HEXASCAN : a new robotized scanning laser hand piece. Cutis, May 1990, 45, 300-5.
- 41- TAN O.T.
Lasers for vascular lesions in pediatric dermatology.
Pediatric Dermatol., 9, 4, 358-360.
- 42- BEANI J-C.
Portwine stain : which lasers. Nouv. Dermatol., 1994, 13, 538-562.
- 43- PIETTE F. et ROTTELEUR G.
Indications des lasers en dermatologie.
La Pratique Médicale, 1982, 32, 39-44.
- 44- OCCELLA C., BLEIDL D., RAMPINI P., SCHIAZZA L. et RAMPINI E.
Argon laser treatment of cutaneous multiple angiokeratomas.
Dermatol. Surg., 1995 Feb., 21 (2), 170-2.
- 45- KOPERA D., SMOLLE J. et KERL H.
Multinucleate cell angiohistiocytoma : treatment with the argon laser.
Br. J. Dermatol., 1995 Aug., 133 (2), 308-10.

- 46- MAZER J-M. et FAYARD V.
Place du laser à colorant pulsé en dermatologie.
BEDC, 1993, 1, 7, 353-360.
- 47- BOUISSOU X., BRIANT A., CANTALA P. et DAHAN S.
Le laser à colorant Dye pulsé.
Réalités thérapeutiques en Dermato-vénérologie, 1991 Mai, 8, 30-34.
- 48- BOUISSOU X., DAHAN S., BRIANT A. et CANTALA P.
Laser à colorant pulsé. Notre expérience sur trois ans.
Nouv. Dermatol., 1993, 12, 283-287.
- 49- GARDEN J-M., BAKUS A.D. et PALLER A.S.
Treatment of cutaneous hemangiomas by the flashlamp-pumped pulsed dye laser : prospective analysis.
The Journal of Pediatrics, Apr. 1992, 120 (4 Pt 1), 555-60.
- 50- TAIEB A., TOUATI L., CONY M., LEAUTE-LABREZE C.,
MORTUREUX P., RENAUD P., BOINEAU D. et MALEVILLE J.
Treatment of portwine stains with the 585 nm flashlamp-pulsed tunable dye laser : a study of 74 patients.
Dermatology, 1994, 188 (4), 276-81.
- 51- LANDTHALER M., HOHEN LEUTNER U. et EL RAHEEM T.A.
Laser therapy of childhood haemangiomas.
Br. J. Dermatol., 1995 Aug., 133 (2), 275-81.

- 52- HOLY A. et GERONEMUS RG.
Treatment of peri orbital portwine stains with the flashlamp-pumped pulsed dye laser. Arch. Ophtalmol., 1992 Jun., 110 (6), 793-7.
- 53- ASHINOFF R. et GERONEMUS RG.
Treatment of a portwine stain in a black patient with the pulsed dye laser. J. Dermatol. Surg. Oncol., 1992 Feb., 18 (2), 147-8.
- 54- FITZPATRICK RE., LOWE NJ., GOLDMAN M.P., BORDEN H.,
BEHR K.L. et RUIZ-ESPARZA J.
Flashlamp-pumped pulsed dye laser treatment of port-wine stains. J. Dermatol. Surg. Oncol., 1994 Nov., 20 (11), 743-8.
- 55- GOODMAN MM. et ALPERN K.
Treatment of lupus pernio with the flashlamp pulsed dye laser. Lasers Surg. Med., 1992, 12 (5), 549-51.
- 56- WEBSTER G.F., SATUR N., GOLDMAN M.P., HALMI B. et
GREENBAUM S.
Treatment of recalcitrant warts using the pulsed dye laser. Cutis, Oct 1995, 56, 230-2.
- 57- Abd el RAHEEM TA., HOHENLEUTNE R. et LANDTHALER M.
Granuloma pyogenicum as a complication of flashlamp-pumped pulsed dye laser. Dermatology, 1994, 189 (3), 283-5.

- 58- SCHEIBNER A. et WHEELAND R.G.
Argon-pumped tunable dye laser therapy for facial port-wine stain hemangiomas in adults. A new technique using small spot size and minimal power.
J. Dermatol., Surg. Oncol., March 1989, 15 (3), 277-82.
- 59- Mc DANIEL DH.
Cutaneous vascular disorders. Advances in laser treatment.
Cutis, May 1990, 45, 339-60.
- 60- KILMER S.L. et ANDERSON R.R.
Clinical use of the Q-Switched ruby and the Q-Switched Nd : YAG (1064 nm et 532 nm) lasers for the treatment of tattoos.
J. Dermatol. Surg. Oncol., 1993 Apr., 19 (4), 330-8.
- 61- GROSSMAN M.C., ANDERSON R.R., FARINELLI W., FLOTTE T.J. et GREVELINK J-M.
Treatment of cafe au lait macules with lasers.
Arch. Dermatol., Dec. 1995, 131 (12), 1416-20.
- 62- KILMER S.L., WHEELAND R.G., GOLOBERT O.J. et ANDERSON R.R.
Treatment of epidermal pigmented lesions with the frequency-doubled Q-Switched Nd : YAG laser.
Arch. Dermatol., Dec. 1994, 130 (12), 1515-9.
- 63- KILMER S.L., LEE M.S., GREVELINK J-M., FLOTTE T.J. et ANDERSON R.R.
The Q-Switched Nd : YAG laser effectively treats tattoos. A controlled dose-reponse study. Arch. Dermatol., 1993 Aug., 129 (8), 971-8.

- 64- De PADOVA-ELDER S.M. et MILGRAUM S.S.
Q-Switched ruby laser treatment of labial lentiginos in Peutz-Jeghers syndrome.
J. Dermatol. Surg. Oncol., 1994 Dec., 20 (12), 830-2.
- 65- TAYLOR C.R et ANDERSON R.R.
Treatment of benign pigmented epidermal lesions by the Q-Switched ruby laser.
Int. J. Dermatol., 1993 Dec., 32 (12), 908-12.
- 66- MILGRAUM S.S., COHEN M.E. et AULETTA M.J.
Treatment of blue nevi with the Q-Switched ruby laser.
J. Am. Acad. Dermatol., 1995 Feb., 32 (2 Pt 2), 307-10.
- 67- GOLDBERG D.J. et NYCHAY S.G.
Q-Switched ruby laser treatment of nevus of Ota.
J. Dermatol. Surg. Oncol., 1992 Sep., 18 (9), 817-21.
- 68- WATANABE S. et TAKAHASHI H.
Treatment of nevus of Ota With the Q-Switched ruby laser.
N. Engl. J. Med., 1994 Dec., 29, 331 (26), 1745-50.
- 69- BABA T., NARUMI H., HANADA K. et HASHIMOTO I.
Successful treatment of dark-colored epidermal nevus with ruby laser.
J. Dermatol., 1995 Aug., 22 (8), 567-70.
- 70- DELANEY T.A. et WALKER N.P.
Penile melanosis successfully treated with the Q-Switched ruby laser.
Br. J. Dermatol., 1994 May, 130 (5), 663-4.

- 71- ZELICKSON B.D., MEHREGAND A., ZARRIN A.A., COLES C.,
HARTWIG P., OLSON S. et LEAF DAVIS J.
Clinical, histologic and ultra-structural evaluation of tattoos treated with three
laser systems.
Lasers Surg. Med., 1994, 15 (4), 364-72.
- 72- ASHINOFF R. et TANENBAUM D.
Treatment of an amalgam tattoo with the Q-switched ruby laser.
Cutis, 1994 Oct., 54 (4), 269-70.
- 73- ACHAUER B.M., NELSON J.S., VANDERKAM V.M. et APPLEBAUM R.
Treatment of traumatic tattoos by Q-Switched ruby laser.
Plast. Reconstr. Surg., 1994 Feb., 93 (2), 318-23.
- 74- TSE Y., LEVINE V.J., Mc CLAIN S.A. et ASHINOFF R.
The removal of cutaneous pigmented lesions with the Q-Switched neodymium :
yttrium-aluminium-garnet laser. A comparative study.
J. Dermatol. Surg. Oncol., 1994 Dec., 20 (12), 795-800.
- 75- NEUMANN R.A., LEONHARTSBERGER H., BOHLER-SOMMEREGER
K., KNOBLER R., KOKOSCHKA EM. et HONIGSMANN H.
Results and tissue healing after copper vapour laser (at 578 nm) treatment of
portwine stains and facial telangiectasias.
Br. J. Dermatol., 1993 Mar., 128 (3), 306-12.
- 76- KAUFMAN A.J., GREKIN R.C., GEISSE J.K. et FRIEDEN I.J.
Treatment of adenoma sebaceum with the copper vapor laser.
J. Am. Acad. Dermatol., 1995 Nov., 33 (5 Pt 1), 770-4.

- 77- FITZPATRICK R.E. et GOLDMAN M.P.
Tattoo removal using the alexandrite laser.
Arch. Dermatol., Dec. 1994, 130, 1508-14.
- 78- FITZPATRICK R.E., GOLDMAN M.P. et RUIZ ESPARZA J.
Use of the alexandrite laser (755 nm, 100 ns) for tattoo pigment removal in an animal model.
J. Am. Acad. Dermatol., 1993 May, 28 (Spt 1), 745-50.
- 79- ALSTER T.S.
Q-Switched alexandrite laser treatment (755 nm) of professional and amateur tattoos.
J. Am. Acad. Dermatol., 1995 Jul., 33 (1), 69-73.
- 80- ALSTER T.S. et WILLIAMS C.M.
Treatment of nevus of Ota by the Q-Switched alexandrite laser.
Dermatol. Surg., 1995 Jul., 21 (7), 592-6.

TABLE DES MATIERES

I-INTRODUCTION	p 11
II-HISTORIQUE	p 12
III-PRINCIPE DU LASER	p 14
A- RAPPELS PHYSIQUES	p 14
1-L'atome de BOHR	p 14
a) Absorption	p 15
b) Emission spontanée	p 15
c) Emission stimulée	p 15
2-Amplification de l'émission stimulée : le pompage	p 18
B- L'EMISSION LASER	p 18
1-Eléments constitutifs d'un laser	p 18
2-Description du phénomène	p 21
C- DIFFERENTS TYPES DE LASERS	p 22
1-Classification selon la nature du milieu actif	p 22
a) Lasers solides	p 22
b) Lasers à gaz	p 22
c) Lasers liquides	p 23

2-Classification selon le mode de fonctionnement	p 23
a) Fonctionnement continu	p 23
b) Mode impulsionnel ou relaxé	p 23
c) Fonctionnement déclenché (Q-Switched lasers)	p 24
D- CARACTERISTIQUES DU RAYON LASER	p 26
1-Cohérence spatiale et temporelle	p 26
2-Monochromie	p 27
3-Unidirectionnalité	p 27
4-Puissance	p 27
E-UNITES ET DEFINITIONS	p 28
1-Puissance	p 28
2-Energie	p 28
3-Irradiance ou densité surfacique de puissance	p 28
4-Fluence ou densité d'énergie surfacique	p 29
5-Temps de relaxation thermique	p 29
IV-LA PEAU	p 30
A- RAPPELS STRUCTURAUX	p 30
1-L'épiderme	p 30
a) La couche basale ou <i>stratum germinatum</i>	p 31
b) La couche des cellules à épines ou couche de Malpighi ou <i>stratum spinosum</i>	p 31
c) La couche granuleuse ou <i>stratum granulosum</i> :	p 31

d) La couche claire ou <i>stratum lucidum</i>	p 31
e) La couche cornée ou <i>stratum corneum</i>	p 31
2-Le derme	p 32
3-L'hypoderme	p 32
4-Les annexes cutanées	p 32
a) L'appareil pilo-sébacé	p 32
b) Les glandes sudoripares	p 33
 B- RÔLES DE LA PEAU	 p 33
 C- DEFINITIONS DES PRINCIPALES ANOMALIES DE LA PEAU TRAITEES PAR LES LASERS	 p 33
1-Les angiomes	p 33
2-Les naevi	p 35
3-Les verrues et condylomes	p 36
 V-INTERACTIONS LASER-TISSU	 p 37
 A- PHENOMENES OBSERVES	 p 37
1-Réflexion	p 37
2-Diffusion	p 38
3-Absorption	p 38
4-Transmission	p 38

B-CONSEQUENCES DE L'ABSORPTION p 38

1-L'effet thermique p 39

2-L'effet photochimique p 40

3-Effet de photoablation p 40

VI-LASERS UTILISES EN DERMATOLOGIE ET LEURS INDICATIONS THERAPEUTIQUES p 41

A- LE LASER CO₂ p 41

1-Aspect physique p 42

2-Utilisation p 43

3-Indications p 45

a) Incision p 45

b) Vaporisation p 47

4-Technique opératoire p 50

5-Effets secondaires p 51

6-Sécurité p 52

B-LE LASER ARGON p 52

1-Aspect physique p 52

2-Utilisation p 53

3-Indications p 57

a) Angiomes plans p 57

b) Autres indications p 59

4-Effets indésirables	p 59
5-Mesures de sécurité	p 60
C-LES LASERS A COLORANTS	p 60
1-Le laser à colorant pulsé	p 60
a) Principe physique	p 60
b) Utilisation	p 62
c) Indications	p 62
d) Effets secondaires	p 65
e) Sécurité	p 65
2-Le laser à colorant continu	p 65
a) Principe physique	p 65
b) Utilisation	p 66
c) Indications	p 66
d) Effets secondaires	p 66
e) Sécurité	p 67
D-LE LASER NEODYME : YAG (Yttrium Aluminium Garnet)	p 67
1- Principe physique	p 67
2-Utilisation	p 68
3-Indications	p 68
4-Effets secondaires	p 69

E-LE LASER RUBIS	p 69
1- Principe physique	p 70
2-Indications	p 70
3-Effets secondaires	p 72
F-LE LASER A VAPEUR DE CUIVRE	p 72
1- Principe physique	p 72
2-Utilisation	p 73
3-Indications	p 73
4-Complications	p 74
G-LE LASER A ALEXANDRITE	p 74
1- Principe physique	p 74
2-Indications	p 75
3-Effets secondaires	p 75
VII-CONCLUSION	p 76
VIII-ANNEXES	p 77
BIBLIOGRAPHIE	p 85

BON A IMPRIMER N° 45

LE PRÉSIDENT DE LA THÈSE

Vu, le Doyen de la Faculté

VU et FERMIS D'IMPRIMER

LE PRÉSIDENT DE L'UNIVERSITÉ

PEYROUX (Sabine). — Le laser : ses principales applications en dermatologie. — 102 f. ; ill. ; tabl. ; 30 cm (Thèse : Pharm. ; Limoges ; 1996).

RESUME :

Le laser dont les bases théoriques sont issues des travaux d'Einstein et de Kastler, ne fut expérimenté pour la première fois qu'en 1960 par Théodore Maiman. Depuis cette époque, ce champ de la physique et de la technologie a connu une évolution considérable. Aujourd'hui, les domaines d'application des lasers sont nombreux.

Nous n'avons retenu que celui de la dermatologie où sont traités avec succès les angiomes, les taches pigmentaires, les tatouages, les verrues.

Malgré l'apport important de cette technique, il ne faut pas négliger le risque de possibles effets indésirables (en particulier le risque de cicatrices hypertrophiques). Par ailleurs, le coût de fonctionnement reste élevé, ce qui limite l'utilisation du laser dans ce domaine.

MOTS-CLES :

- Laser.
 - Dermatologie.
 - Tatouages.
 - Angiomes.
-

JURY : Président
Juges

: Monsieur le Professeur BERNARD Michel.
: Monsieur COULON, Radiothérapeute.
Monsieur DUROUX, Maître de conférences.
Monsieur NOIZAT, Pharmacien.
