

# INTÉRÊT DES LASERS EN DERMATO-COSMÉTOLOGIE

## THÈSE

*Présentée et soutenue publiquement le:.....2016*

PAR

**Mr ABDELKRIM LALAOUI MOUTARAJJI**

*Né le 30.05.1988 A Casablanca*

**Pour l'Obtention du Doctorat en Médecine**

**MOTS CLES:** Laser, dermato-cosmétique, détatouage

### MEMBRES DE JURY

**Mr A. BELMEKKI**

Professeur d'hématologie-biologique

**PRESIDENT**

**Mr M. BOUI**

Professeur de Dermatologie

**RAPPORTEUR**

**Mme M. MEZIANE**

Professeur de Dermatologie

**Mr Y. SEKKACH**

Professeur de Médecine Interne

**JUGES**

**Mr A. BIYI**

Professeur de Médecine Nucléaire

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

سبحانك لا علم لنا إلا ما علمتنا

إننا أنت العليم الحكيم

سورة البقرة: الآية: 32

صَدَقَ اللَّهُ الْعَظِيمَ



**UNIVERSITE MOHAMMED V DE RABAT**  
**FACULTE DE MEDECINE ET DE PHARMACIE - RABAT**

**DOYENS HONORAIRES :**

1962 – 1969 : Professeur Abdelmalek FARAJ  
1969 – 1974 : Professeur Abdellatif BERBICH  
1974 – 1981 : Professeur Bachir LAZRAK  
1981 – 1989 : Professeur Taieb CHKILI  
1989 – 1997 : Professeur Mohamed Tahar ALAOUI  
1997 – 2003 : Professeur Abdelmajid BELMAHI  
2003 – 2013 : Professeur Najia HAJJAJ - HASSOUNI

**ADMINISTRATION :**

**Doyen** : Professeur Mohamed ADNAOUI  
**Vice Doyen chargé des Affaires Académiques et étudiantes**  
Professeur Mohammed AHALLAT  
**Vice Doyen chargé de la Recherche et de la Coopération**  
Professeur Taoufiq DAKKA  
**Vice Doyen chargé des Affaires Spécifiques à la Pharmacie**  
Professeur Jamal TAOUFIK  
**Secrétaire Général** : Mr. El Hassane AHALLAT

**1- ENSEIGNANTS-CHERCHEURS MEDECINS  
ET  
PHARMACIENS**

**PROFESSEURS:**

**Mai et Octobre 1981**

Pr. MAAZOUZI Ahmed Wajih	Chirurgie Cardio-Vasculaire
Pr. TAOBANE Hamid*	Chirurgie Thoracique

**Mai et Novembre 1982**

Pr. BENOSMAN Abdellatif	Chirurgie Thoracique
-------------------------	----------------------

**Novembre 1983**

Pr. HAJJAJ Najia ép. HASSOUNI	Rhumatologie
-------------------------------	--------------

**Décembre 1984**

Pr. MAAOUNI Abdelaziz	Médecine Interne – <i>Clinique Royale</i>
Pr. MAAZOUZI Ahmed Wajdi	Anesthésie -Réanimation
Pr. SETTAF Abdellatif	pathologie Chirurgicale

**Novembre et Décembre 1985**

Pr. BENJELLOUN Halima	Cardiologie
Pr. BENSALID Younes	Pathologie Chirurgicale
Pr. EL ALAOUI Faris Moulay El Mostafa	Neurologie

### **Janvier, Février et Décembre 1987**

Pr. AJANA Ali  
Pr. CHAHED OUZZANI Houria  
Pr. EL YAACOUBI Moradh  
Pr. ESSAID EL FEYDI Abdellah  
Pr. LACHKAR Hassan  
Pr. YAHYAOUI Mohamed

Radiologie  
Gastro-Entérologie  
Traumatologie Orthopédie  
Gastro-Entérologie  
Médecine Interne  
Neurologie

### **Décembre 1988**

Pr. BENHAMAMOUCH Mohamed Najib  
Pr. DAFIRI Rachida  
Pr. HERMAS Mohamed

Chirurgie Pédiatrique  
Radiologie  
Traumatologie Orthopédie

### **Décembre 1989**

Pr. ADNANOUI Mohamed  
Pr. BOUKILI MAKHOUKHI Abdelali\*  
Pr. CHAD Bouziane  
Pr. OUZZANI Taïbi Mohamed Réda

Médecine Interne – **Doyen de la FMPR**  
Cardiologie  
Pathologie Chirurgicale  
Neurologie

### **Janvier et Novembre 1990**

Pr. CHKOFF Rachid  
Pr. HACHIM Mohammed\*  
Pr. KHARBACH Aïcha  
Pr. MANSOURI Fatima  
Pr. TAZI Saoud Anas

Pathologie Chirurgicale  
Médecine-Interne  
Gynécologie -Obstétrique  
Anatomie-Pathologique  
Anesthésie Réanimation

### **Février Avril Juillet et Décembre 1991**

Pr. AL HAMANY Zaïtounia  
Pr. AZZOUZI Abderrahim  
Pr. BAYAHIA Rabéa  
Pr. BELKOUCHI Abdelkader  
Pr. BENCHEKROUN Belabbes Abdellatif  
Pr. BENSOU DA Yahia  
Pr. BERRAHO Amina  
Pr. BEZZAD Rachid  
Pr. CHABRAOUI Layachi  
Pr. CHERRAH Yahia  
Pr. CHOKAIRI Omar  
Pr. KHATTAB Mohamed  
Pr. SOULAYMANI Rachida  
Pr. TAOUFIK Jamal

Anatomie-Pathologique  
Anesthésie Réanimation – **Doyen de la FMPO**  
Néphrologie  
Chirurgie Générale  
Chirurgie Générale  
Pharmacie galénique  
Ophtalmologie  
Gynécologie Obstétrique  
Biochimie et Chimie  
Pharmacologie  
Histologie Embryologie  
Pédiatrie  
Pharmacologie – **Dir. du Centre National PV**  
Chimie thérapeutique

### **Décembre 1992**

Pr. AHALLAT Mohamed  
Pr. BENSOU DA Adil  
Pr. BOUJIDA Mohamed Najib  
Pr. CHAHED OUZZANI Laaziza  
Pr. CHRAIBI Chafiq  
Pr. DAOUDI Rajae  
Pr. DEHAYNI Mohamed\*

Chirurgie Générale  
Anesthésie Réanimation  
Radiologie  
Gastro-Entérologie  
Gynécologie Obstétrique  
Ophtalmologie  
Gynécologie Obstétrique

Pr. EL OUAHABI Abdessamad  
Pr. FELLAT Rokaya  
Pr. GHAFIR Driss\*  
Pr. JIDDANE Mohamed  
Pr. TAGHY Ahmed  
Pr. ZOUHDI Mimoun

### **Mars 1994**

Pr. BENJAAFAR Nouredine  
Pr. BEN RAIS Nozha  
Pr. CAOUI Malika  
Pr. CHRAIBI Abdelmjid  
Pr. EL AMRANI Sabah  
Pr. EL AOUAD Rajae  
Pr. EL BARDOUNI Ahmed  
Pr. EL HASSANI My Rachid  
Pr. ERROUGANI Abdelkader  
Pr. ESSAKALI Malika  
Pr. ETTAYEBI Fouad  
Pr. HADRI Larbi\*  
Pr. HASSAM Badredine  
Pr. IFRINE Lahssan  
Pr. JELTHI Ahmed  
Pr. MAHFOUD Mustapha  
Pr. MOUDENE Ahmed\*  
Pr. RHRAB Brahim  
Pr. SENOUCI Karima

### **Mars 1994**

Pr. ABBAR Mohamed\*  
Pr. ABDELHAK M'barek  
Pr. BELAIDI Halima  
Pr. BRAHMI Rida Slimane  
Pr. BENTAHILA Abdelali  
Pr. BENYAHIA Mohammed Ali  
Pr. BERRADA Mohamed Saleh  
Pr. CHAMI Ilham  
Pr. CHERKAOUI Lalla Ouafae  
Pr. EL ABBADI Najia  
Pr. HANINE Ahmed\*  
Pr. JALIL Abdelouahed  
Pr. LAKHDAR Amina  
Pr. MOUANE Nezha

### **Mars 1995**

Pr. ABOUQUAL Redouane  
Pr. AMRAOUI Mohamed  
Pr. BAIDADA Abdelaziz  
Pr. BARGACH Samir  
Pr. CHAARI Jilali\*  
Pr. DIMOU M'barek\*

Neurochirurgie  
Cardiologie  
Médecine Interne  
Anatomie  
Chirurgie Générale  
Microbiologie

Radiothérapie  
Biophysique  
Biophysique  
Endocrinologie et Maladies Métaboliques  
Gynécologie Obstétrique  
Immunologie  
Traumato-Orthopédie  
Radiologie  
Chirurgie Générale- **Directeur du CHIS**  
Immunologie  
Chirurgie Pédiatrique  
Médecine Interne  
Dermatologie  
Chirurgie Générale  
Anatomie Pathologique  
Traumatologie – Orthopédie  
Traumatologie- Orthopédie  
Gynécologie –Obstétrique  
Dermatologie

Urologie  
Chirurgie – Pédiatrique  
Neurologie  
Gynécologie Obstétrique  
Pédiatrie  
Gynécologie – Obstétrique  
Traumatologie – Orthopédie  
Radiologie  
Ophtalmologie  
Neurochirurgie  
Radiologie  
Chirurgie Générale  
Gynécologie Obstétrique  
Pédiatrie

Réanimation Médicale  
Chirurgie Générale  
Gynécologie Obstétrique  
Gynécologie Obstétrique  
Médecine Interne  
Anesthésie Réanimation

Pr. DRISSI KAMILI Med Nordine\*  
Pr. EL MESNAOUI Abbas  
Pr. ESSAKALI HOUSSYNI Leila  
Pr. HDA Abdelhamid\*  
Pr. IBEN ATTYA ANDALOUSSI Ahmed  
Pr. OUAZZANI CHAHDI Bahia  
Pr. SEFIANI Abdelaziz  
Pr. ZEGGWAGH Amine Ali

Anesthésie Réanimation  
Chirurgie Générale  
Oto-Rhino-Laryngologie  
Cardiologie - **Directeur HMIMV**  
Urologie  
Ophtalmologie  
Génétique  
Réanimation Médicale

### **Décembre 1996**

Pr. AMIL Touriya\*  
Pr. BELKACEM Rachid  
Pr. BOULANOUAR Abdelkrim  
Pr. EL ALAMI EL FARICHA EL Hassan  
Pr. GAOUZI Ahmed  
Pr. MAHFOUDI M'barek\*  
Pr. MOHAMMADI Mohamed  
Pr. OUADGHIRI Mohamed  
Pr. OUZEDDOUN Naima  
Pr. ZBIR EL Mehdi\*

Radiologie  
Chirurgie Pédiatrie  
Ophtalmologie  
Chirurgie Générale  
Pédiatrie  
Radiologie  
Médecine Interne  
Traumatologie-Orthopédie  
Néphrologie  
Cardiologie

### **Novembre 1997**

Pr. ALAMI Mohamed Hassan  
Pr. BEN SLIMANE Lounis  
Pr. BIROUK Nazha  
Pr. CHAOUIR Souad\*  
Pr. ERREIMI Naima  
Pr. FELLAT Nadia  
Pr. HAIMEUR Charqi\*  
Pr. KADDOURI Nouredine  
Pr. KOUTANI Abdellatif  
Pr. LAHLOU Mohamed Khalid  
Pr. MAHRAOUI CHAFIQ  
Pr. OUAHABI Hamid\*  
Pr. TAOUFIQ Jallal  
Pr. YOUSFI MALKI Mounia

Gynécologie-Obstétrique  
Urologie  
Neurologie  
Radiologie  
Pédiatrie  
Cardiologie  
Anesthésie Réanimation  
Chirurgie Pédiatrique  
Urologie  
Chirurgie Générale  
Pédiatrie  
Neurologie  
Psychiatrie  
Gynécologie Obstétrique

### **Novembre 1998**

Pr. AFIFI RAJAA  
Pr. BENOMAR ALI  
Pr. BOUGTAB Abdesslam  
Pr. ER RIHANI Hassan  
Pr. EZZAITOUNI Fatima  
Pr. LAZRAK Khalid \*  
Pr. BENKIRANE Majid\*  
Pr. KHATOURI ALI\*  
Pr. LABRAIMI Ahmed\*

Gastro-Entérologie  
Neurologie – **Doyen Abulcassis**  
Chirurgie Générale  
Oncologie Médicale  
Néphrologie  
Traumatologie Orthopédie  
Hématologie  
Cardiologie  
Anatomie Pathologique

### **Janvier 2000**

Pr. ABID Ahmed\*  
Pr. AIT OUMAR Hassan  
Pr. BENJELLOUN Dakhama Badr.Sououd

Pneumophtisiologie  
Pédiatrie  
Pédiatrie

Pr. BOURKADI Jamal-Eddine  
Pr. CHARIF CHEFCHAOUNI Al Montacer  
Pr. ECHARRAB El Mahjoub  
Pr. EL FTOUH Mustapha  
Pr. EL MOSTARCHID Brahim\*  
Pr. ISMAILI Hassane\*  
Pr. MAHMOUDI Abdelkrim\*  
Pr. TACHINANTE Rajae  
Pr. TAZI MEZALEK Zoubida

Pneumo-phtisiologie  
Chirurgie Générale  
Chirurgie Générale  
Pneumo-phtisiologie  
Neurochirurgie  
Traumatologie Orthopédie  
Anesthésie-Réanimation **Inspecteur SS**  
Anesthésie-Réanimation  
Médecine Interne

### **Novembre 2000**

Pr. AIDI Saadia  
Pr. AIT OURHROUI Mohamed  
Pr. AJANA Fatima Zohra  
Pr. BENAMR Said  
Pr. CHERTI Mohammed  
Pr. ECH-CHERIF EL KETTANI Selma  
Pr. EL HASSANI Amine  
Pr. EL KHADER Khalid  
Pr. EL MAGHRAOUI Abdellah\*  
Pr. GHARBI Mohamed El Hassan  
Pr. HSSAIDA Rachid\*  
Pr. LAHLOU Abdou  
Pr. MAFTAH Mohamed\*  
Pr. MAHASSINI Najat  
Pr. MDAGHRI ALAOUI Asmae  
Pr. NASSIH Mohamed\*  
Pr. ROUIMI Abdelhadi\*

Neurologie  
Dermatologie  
Gastro-Entérologie  
Chirurgie Générale  
Cardiologie  
Anesthésie-Réanimation  
Pédiatrie  
Urologie  
Rhumatologie  
Endocrinologie et Maladies Métaboliques  
Anesthésie-Réanimation  
Traumatologie Orthopédie  
Neurochirurgie  
Anatomie Pathologique  
Pédiatrie  
Stomatologie Et Chirurgie Maxillo-Faciale  
Neurologie

### **Décembre 2000**

Pr. ZOHAIR ABDELAH\*

ORL

### **Décembre 2001**

Pr. ABABOU Adil  
Pr. BALKHI Hicham\*  
Pr. BENABDELJLIL Maria  
Pr. BENAMAR Loubna  
Pr. BENAMOR Jouda  
Pr. BENELBARHDADI Imane  
Pr. BENNANI Rajae  
Pr. BENOUACHANE Thami  
Pr. BEZZA Ahmed\*  
Pr. BOUCHIKHI IDRISSE Med Larbi  
Pr. BOUMDIN El Hassane\*  
Pr. CHAT Latifa  
Pr. DAALI Mustapha\*  
Pr. DRISSI Sidi Mourad\*  
Pr. EL HIJRI Ahmed  
Pr. EL MAAQILI Moulay Rachid  
Pr. EL MADHI Tarik  
Pr. EL OUNANI Mohamed

Anesthésie-Réanimation  
Anesthésie-Réanimation  
Neurologie  
Néphrologie  
Pneumo-phtisiologie  
Gastro-Entérologie  
Cardiologie  
Pédiatrie  
Rhumatologie  
Anatomie  
Radiologie  
Radiologie  
Chirurgie Générale  
Radiologie  
Anesthésie-Réanimation  
Neuro-Chirurgie  
Chirurgie-Pédiatrique  
Chirurgie Générale

Pr. ETTAIR Said  
Pr. GAZZAZ Miloudi\*  
Pr. HRORA Abdelmalek  
Pr. KABBAJ Saad  
Pr. KABIRI EL Hassane\*  
Pr. LAMRANI Moulay Omar  
Pr. LEKEHAL Brahim  
Pr. MAHASSIN Fattouma\*  
Pr. MEDARHRI Jalil  
Pr. MIKDAME Mohammed\*  
Pr. MOHSINE Raouf  
Pr. NOUINI Yassine  
Pr. SABBAH Farid  
Pr. SEFIANI Yasser  
Pr. TAOUFIQ BENCHEKROUN Soumia

Pédiatrie  
Neuro-Chirurgie  
Chirurgie Générale  
Anesthésie-Réanimation  
Chirurgie Thoracique  
Traumatologie Orthopédie  
Chirurgie Vasculaire Périphérique  
Médecine Interne  
Chirurgie Générale  
Hématologie Clinique  
Chirurgie Générale  
Urologie  
Chirurgie Générale  
Chirurgie Vasculaire Périphérique  
Pédiatrie

### **Décembre 2002**

Pr. AL BOUZIDI Abderrahmane\*  
Pr. AMEUR Ahmed \*  
Pr. AMRI Rachida  
Pr. AOURARH Aziz\*  
Pr. BAMOU Youssef \*  
Pr. BELMEJDOUB Ghizlene\*  
Pr. BENZEKRI Laila  
Pr. BENZZOUBEIR Nadia  
Pr. BERNOUSSI Zakiya  
Pr. BICHRA Mohamed Zakariya\*  
Pr. CHOHO Abdelkrim \*  
Pr. CHKIRATE Bouchra  
Pr. EL ALAMI EL FELLOUS Sidi Zouhair  
Pr. EL HAOURI Mohamed \*  
Pr. EL MANSARI Omar\*  
Pr. FILALI ADIB Abdelhai  
Pr. HAJJI Zakia  
Pr. IKEN Ali  
Pr. JAAFAR Abdeloihab\*  
Pr. KRIOUILE Yamina  
Pr. LAGHMARI Mina  
Pr. MABROUK Hfid\*  
Pr. MOUSSAOUI RAHALI Driss\*  
Pr. MOUSTAGHFIR Abdelhamid\*  
Pr. NAITLHO Abdelhamid\*  
Pr. OUJILAL Abdelilah  
Pr. RACHID Khalid \*  
Pr. RAISS Mohamed  
Pr. RGUIBI IDRISSE Sidi Mustapha\*

Anatomie Pathologique  
Urologie  
Cardiologie  
Gastro-Entérologie  
Biochimie-Chimie  
Endocrinologie et Maladies Métaboliques  
Dermatologie  
Gastro-Entérologie  
Anatomie Pathologique  
Psychiatrie  
Chirurgie Générale  
Pédiatrie  
Chirurgie Pédiatrique  
Dermatologie  
Chirurgie Générale  
Gynécologie Obstétrique  
Ophtalmologie  
Urologie  
Traumatologie Orthopédie  
Pédiatrie  
Ophtalmologie  
Traumatologie Orthopédie  
Gynécologie Obstétrique  
Cardiologie  
Médecine Interne  
Oto-Rhino-Laryngologie  
Traumatologie Orthopédie  
Chirurgie Générale  
Pneumophtisiologie

Pr. RHOU Hakima  
Pr. SIAH Samir \*  
Pr. THIMOU Amal  
Pr. ZENTAR Aziz\*

Néphrologie  
Anesthésie Réanimation  
Pédiatrie  
Chirurgie Générale

### **Janvier 2004**

Pr. ABDELLAH El Hassan  
Pr. AMRANI Mariam  
Pr. BENBOUZID Mohammed Anas  
Pr. BENKIRANE Ahmed\*  
Pr. BOUGHALEM Mohamed\*  
Pr. BOULAADAS Malik  
Pr. BOURAZZA Ahmed\*  
Pr. CHAGAR Belkacem\*  
Pr. CHERRADI Nadia  
Pr. EL FENNI Jamal\*  
Pr. EL HANCHI ZAKI  
Pr. EL KHORASSANI Mohamed  
Pr. EL YOUNASSI Badreddine\*  
Pr. HACHI Hafid  
Pr. JABOUIRIK Fatima  
Pr. KHABOUZE Samira  
Pr. KHARMAZ Mohamed  
Pr. LEZREK Mohammed\*  
Pr. MOUGHIL Said  
Pr. OUBAAZ Abdelbarre\*  
Pr. TARIB Abdelilah\*  
Pr. TIJAMI Fouad  
Pr. ZARZUR Jamila

Ophtalmologie  
Anatomie Pathologique  
Oto-Rhino-Laryngologie  
Gastro-Entérologie  
Anesthésie Réanimation  
Stomatologie et Chirurgie Maxillo-faciale  
Neurologie  
Traumatologie Orthopédie  
Anatomie Pathologique  
Radiologie  
Gynécologie Obstétrique  
Pédiatrie  
Cardiologie  
Chirurgie Générale  
Pédiatrie  
Gynécologie Obstétrique  
Traumatologie Orthopédie  
Urologie  
Chirurgie Cardio-Vasculaire  
Ophtalmologie  
Pharmacie Clinique  
Chirurgie Générale  
Cardiologie

### **Janvier 2005**

Pr. ABBASSI Abdellah  
Pr. AL KANDRY Sif Eddine\*  
Pr. ALAOUI Ahmed Essaid  
Pr. ALLALI Fadoua  
Pr. AMAZOUZI Abdellah  
Pr. AZIZ Nouredine\*  
Pr. BAHIRI Rachid  
Pr. BARKAT Amina  
Pr. BENHALIMA Hanane  
Pr. BENYASS Aatif  
Pr. BERNOUSSI Abdelghani  
Pr. CHARIF CHEFCHAOUNI Mohamed  
Pr. DOUDOUH Abderrahim\*  
Pr. EL HAMZAOUI Sakina\*  
Pr. HAJJI Leila  
Pr. HESSISSEN Leila  
Pr. JIDAL Mohamed\*  
Pr. LAAROUSSI Mohamed  
Pr. LYAGOUBI Mohammed  
Pr. NIAMANE Radouane\*  
Pr. RAGALA Abdelhak

Chirurgie Réparatrice et Plastique  
Chirurgie Générale  
Microbiologie  
Rhumatologie  
Ophtalmologie  
Radiologie  
Rhumatologie  
Pédiatrie  
Stomatologie et Chirurgie Maxillo Faciale  
Cardiologie  
Ophtalmologie  
Ophtalmologie  
Biophysique  
Microbiologie  
Cardiologie (mise en disponibilité)  
Pédiatrie  
Radiologie  
Chirurgie Cardio-vasculaire  
Parasitologie  
Rhumatologie  
Gynécologie Obstétrique

Pr. SBIHI Souad  
Pr. ZERAIDI Najia

Histo-Embryologie Cytogénétique  
Gynécologie Obstétrique

### Décembre 2005

Pr. CHANI Mohamed

Anesthésie Réanimation

### Avril 2006

Pr. ACHEMLAL Lahsen\*  
Pr. AKJOUJ Said\*  
Pr. BELMEKKI Abdelkader\*  
Pr. BENCHEIKH Razika  
Pr. BIYI Abdelhamid\*  
Pr. BOUHAFS Mohamed El Amine  
Pr. BOULAHYA Abdellatif\*  
Pr. CHENGUETI ANSARI Anas  
Pr. DOGHMI Nawal  
Pr. ESSAMRI Wafaa  
Pr. FELLAT Ibtissam  
Pr. FAROUDY Mamoun  
Pr. GHADOUANE Mohammed\*  
Pr. HARMOUCHE Hicham  
Pr. HANAFI Sidi Mohamed\*  
Pr. IDRIS LAHLOU Amine\*  
Pr. JROUNDI Laila  
Pr. KARMOUNI Tariq  
Pr. KILI Amina  
Pr. KISRA Hassan  
Pr. KISRA Mounir  
Pr. LAATIRIS Abdelkader\*  
Pr. LMIMOUNI Badreddine\*  
Pr. MANSOURI Hamid\*  
Pr. OUANASS Abderrazzak  
Pr. SAFI Soumaya\*  
Pr. SEKKAT Fatima Zahra  
Pr. SOUALHI Mouna  
Pr. TELLAL Saida\*  
Pr. ZAHRAOUI Rachida

Rhumatologie  
Radiologie  
Hématologie  
O.R.L  
Biophysique  
Chirurgie - Pédiatrique  
Chirurgie Cardio – Vasculaire  
Gynécologie Obstétrique  
Cardiologie  
Gastro-entérologie  
Cardiologie  
Anesthésie Réanimation  
Urologie  
Médecine Interne  
Anesthésie Réanimation  
Microbiologie  
Radiologie  
Urologie  
Pédiatrie  
Psychiatrie  
Chirurgie – Pédiatrique  
Pharmacie Galénique  
Parasitologie  
Radiothérapie  
Psychiatrie  
Endocrinologie  
Psychiatrie  
Pneumo – Phtisiologie  
Biochimie  
Pneumo – Phtisiologie

### Octobre 2007

Pr. ABIDI Khalid  
Pr. ACHACHI Leila  
Pr. ACHOUR Abdessamad\*  
Pr. AIT HOUSSA Mahdi\*  
Pr. AMHAJJI Larbi\*  
Pr. AMMAR Haddou\*  
Pr. AOUI Sarra  
Pr. BAITE Abdelouahed\*  
Pr. BALOUCH Lhousaine\*  
Pr. BENZIANE Hamid\*  
Pr. BOUTIMZINE Nourdine  
Pr. CHARKAOUI Naoual\*

Réanimation médicale  
Pneumo phtisiologie  
Chirurgie générale  
Chirurgie cardio vasculaire  
Traumatologie orthopédie  
ORL  
Parasitologie  
Anesthésie réanimation Directeur ERSSM  
Biochimie-chimie  
Pharmacie clinique  
Ophtalmologie  
Pharmacie galénique

Pr. EHIRCHIOU Abdelkader\*  
Pr. ELABSI Mohamed  
Pr. EL MOUSSAOUI Rachid  
Pr. EL OMARI Fatima  
Pr. GANA Rachid  
Pr. GHARIB Noureddine  
Pr. HADADI Khalid\*  
Pr. ICHOU Mohamed\*  
Pr. ISMAILI Nadia  
Pr. KEBDANI Tayeb  
Pr. LALAOUI SALIM Jaafar\*  
Pr. LOUZI Lhoussain\*  
Pr. MADANI Naoufel  
Pr. MAHI Mohamed\*  
Pr. MARC Karima  
Pr. MASRAR Azlarab  
Pr. MOUTAJ Redouane \*  
Pr. MRABET Mustapha\*  
Pr. MRANI Saad\*  
Pr. OUZZIF Ez zohra\*  
Pr. RABHI Monsef\*  
Pr. RADOUANE Bouchaib\*  
Pr. SEFFAR Myriame  
Pr. SEKHSOKH Yessine\*  
Pr. SIFAT Hassan\*  
Pr. TABERKANET Mustafa\*  
Pr. TACHFOUTI Samira  
Pr. TAJDINE Mohammed Tariq\*  
Pr. TANANE Mansour\*  
Pr. TLIGUI Houssain  
Pr. TOUATI Zakia

### **Décembre 2007**

Pr. DOUHAL ABDERRAHMAN

### **Décembre 2008**

Pr ZOUBIR Mohamed\*  
Pr TAHIRI My El Hassan\*

### **Mars 2009**

Pr. ABOUZAHIR Ali\*  
Pr. AGDR Aomar\*  
Pr. AIT ALI Abdelmounaim\*  
Pr. AIT BENHADDOU El hachmia  
Pr. AKHADDAR Ali\*  
Pr. ALLALI Nazik  
Pr. AMAHZOUNE Brahim\*

Chirurgie générale  
Chirurgie générale  
Anesthésie réanimation  
Psychiatrie  
Neuro chirurgie  
Chirurgie plastique et réparatrice  
Radiothérapie  
Oncologie médicale  
Dermatologie  
Radiothérapie  
Anesthésie réanimation  
Microbiologie  
Réanimation médicale  
Radiologie  
Pneumo phtisiologie  
Hématologique  
Parasitologie  
Médecine préventive santé publique et hygiène  
Virologie  
Biochimie-chimie  
Médecine interne  
Radiologie  
Microbiologie  
Microbiologie  
Radiothérapie  
Chirurgie vasculaire périphérique  
Ophtalmologie  
Chirurgie générale  
Traumatologie orthopédie  
Parasitologie  
Cardiologie

Ophtalmologie

Anesthésie Réanimation  
Chirurgie Générale

Médecine interne  
Pédiatre  
Chirurgie Générale  
Neurologie  
Neuro-chirurgie  
Radiologie  
Chirurgie Cardio-vasculaire

Pr. AMINE Bouchra  
 Pr. ARKHA Yassir  
 Pr. AZENDOUR Hicham\*  
 Pr. BELYAMANI Lahcen\*  
 Pr. BJIJOU Younes  
 Pr. BOUHSAIN Sanae\*  
 Pr. BOUI Mohammed\*  
 Pr. BOUNAIM Ahmed\*  
 Pr. BOUSSOUGA Mostapha\*  
 Pr. CHAKOUR Mohammed \*  
 Pr. CHTATA Hassan Toufik\*  
 Pr. DOGHMI Kamal\*  
 Pr. EL MALKI Hadj Omar  
 Pr. EL OUENNASS Mostapha\*  
 Pr. ENNIBI Khalid\*  
 Pr. FATHI Khalid  
 Pr. HASSIKOU Hasna \*  
 Pr. KABBAJ Nawal  
 Pr. KABIRI Meryem  
 Pr. KARBOUBI Lamya  
 Pr. L'KASSIMI Hachemi\*  
 Pr. LAMSAOURI Jamal\*  
 Pr. MARMADE Lahcen  
 Pr. MESKINI Toufik  
 Pr. MESSAOUDI Nezha \*  
 Pr. MSSROURI Rahal  
 Pr. NASSAR Ittimade  
 Pr. OUKERRAJ Latifa  
 Pr. RHORFI Ismail Abderrahmani \*  
 Pr. ZOUHAIR Said\*

Rhumatologie  
 Neuro-chirurgie  
 Anesthésie Réanimation  
 Anesthésie Réanimation  
 Anatomie  
 Biochimie-chimie  
 Dermatologie  
 Chirurgie Générale  
 Traumatologie orthopédique  
 Hématologie biologique  
 Chirurgie vasculaire périphérique  
 Hématologie clinique  
 Chirurgie Générale  
 Microbiologie  
 Médecine interne  
 Gynécologie obstétrique  
 Rhumatologie  
 Gastro-entérologie  
 Pédiatrie  
 Pédiatrie  
 Microbiologie ***Directeur HMMIM***  
 Chimie Thérapeutique  
 Chirurgie Cardio-vasculaire  
 Pédiatrie  
 Hématologie biologique  
 Chirurgie Générale  
 Radiologie  
 Cardiologie  
 Pneumo-physiologie  
 Microbiologie

**PROFESSEURS AGREGES :**

**Octobre 2010**

Pr. ALILOU Mustapha  
 Pr. AMEZIANE Taoufiq\*  
 Pr. BELAGUID Abdelaziz  
 Pr. BOUAITY Brahim\*  
 Pr. CHADLI Mariama\*  
 Pr. CHEMSI Mohamed\*  
 Pr. DAMI Abdellah\*  
 Pr. DARBI Abdellatif\*  
 Pr. DENDANE Mohammed Anouar  
 Pr. EL HAFIDI Naima  
 Pr. EL KHARRAS Abdennasser\*  
 Pr. EL MAZOUZ Samir  
 Pr. EL SAYEGH Hachem  
 Pr. ERRABIH Ikram  
 Pr. LAMALMI Najat  
 Pr. LEZREK Mounir  
 Pr. MALIH Mohamed\*

Anesthésie réanimation  
 Médecine interne  
 Physiologie  
 ORL  
 Microbiologie  
 Médecine aéronautique  
 Biochimie chimie  
 Radiologie  
 Chirurgie pédiatrique  
 Pédiatrie  
 Radiologie  
 Chirurgie plastique et réparatrice  
 Urologie  
 Gastro entérologie  
 Anatomie pathologique  
 Ophtalmologie  
 Pédiatrie

Pr. MOSADIK Ahlam  
Pr. MOUJAHID Mountassir\*  
Pr. NAZIH Mouna\*  
Pr. ZOUAIDIA Fouad

Anesthésie Réanimation  
Chirurgie générale  
Hématologie  
Anatomie pathologique

### **Mai 2012**

Pr. AMRANI Abdelouahed  
Pr. ABOUELALAA Khalil\*  
Pr. BELAIZI Mohamed\*  
Pr. BENCHEBBA Driss\*  
Pr. DRISSI Mohamed\*  
Pr. EL ALAOUI MHAMDI Mouna  
Pr. EL KHATTABI Abdessadek\*  
Pr. EL OUAZZANI Hanane\*  
Pr. ER-RAJI Mounir  
Pr. JAHID Ahmed  
Pr. MEHSSANI Jamal\*  
Pr. RAISSOUNI Maha\*

Chirurgie Pédiatrique  
Anesthésie Réanimation  
Psychiatrie  
Traumatologie Orthopédique  
Anesthésie Réanimation  
Chirurgie Générale  
Médecine Interne  
Pneumophtisiologie  
Chirurgie Pédiatrique  
Anatomie pathologique  
Psychiatrie  
Cardiologie

### **Février 2013**

Pr. AHID Samir  
Pr. AIT EL CADI Mina  
Pr. AMRANI HANCHI Laila  
Pr. AMOUR Mourad  
Pr. AWAB Almahdi  
Pr. BELAYACHI Jihane  
Pr. BELKHADIR Zakaria Houssain  
Pr. BENCHEKROUN Laila  
Pr. BENKIRANE Souad  
Pr. BENNANA Ahmed\*  
Pr. BENSEFFAJ Nadia  
Pr. BENSGHIR Mustapha\*  
Pr. BENYAHIA Mohammed\*  
Pr. BOUATIA Mustapha  
Pr. BOUABID Ahmed Salim\*  
Pr. BOUTARBOUCH Mahjouba  
Pr. CHAIB Ali\*  
Pr. DENDANE Tarek  
Pr. DINI Nouzha\*  
Pr. ECH-CHERIF EL KETTANI Mohamed Ali  
Pr. ECH-CHERIF EL KETTANI Najwa  
Pr. ELFATEMI Nizare  
Pr. EL GUERROUJ Hasnae  
Pr. EL HARTI Jaouad  
Pr. EL JOUDI Rachid\*  
Pr. EL KABABRI Maria  
Pr. EL KHANNOUSSI Basma  
Pr. EL KHLOUFI Samir

Pharmacologie – Chimie  
Toxicologie  
Gastro-Entérologie  
Anesthésie Réanimation  
Anesthésie Réanimation  
Réanimation Médicale  
Anesthésie Réanimation  
Biochimie-Chimie  
Hématologie  
Informatique Pharmaceutique  
Immunologie  
Anesthésie Réanimation  
Néphrologie  
Chimie Analytique  
Traumatologie Orthopédie  
Anatomie  
Cardiologie  
Réanimation Médicale  
Pédiatrie  
Anesthésie Réanimation  
Radiologie  
Neuro-Chirurgie  
Médecine Nucléaire  
Chimie Thérapeutique  
Toxicologie  
Pédiatrie  
Anatomie Pathologie  
Anatomie

Pr. EL KORAIHI Alae  
Pr. EN-NOUALI Hassane\*  
Pr. ERRGUIG Laila  
Pr. FIKRI Meryim  
Pr. GHANIMI Zineb  
Pr. GHFIR Imade  
Pr. IMANE Zineb  
Pr. IRAQI Hind  
Pr. KABBAJ Hakima  
Pr. KADIRI Mohamed\*  
Pr. LATIB Rachida  
Pr. MAAMAR Mouna Fatima Zahra  
Pr. MEDDAH Bouchra  
Pr. MELHAOUI Adyl  
Pr. MRABTI Hind  
Pr. NEJJARI Rachid  
Pr. OUBEJJA Houda  
Pr. OUKABLI Mohamed\*  
Pr. RAHALI Younes  
Pr. RATBI Ilham  
Pr. RAHMANI Mounia  
Pr. REDA Karim\*  
Pr. REGRAGUI Wafa  
Pr. RKAIN Hanan  
Pr. ROSTOM Samira  
Pr. ROUAS Lamiaa  
Pr. ROUIBAA Fedoua\*  
Pr. SALIHOUN Mouna  
Pr. SAYAH Rochde  
Pr. SEDDIK Hassan\*  
Pr. ZERHOUNI Hicham  
Pr. ZINE Ali\*

**Avril 2013**

Pr. EL KHATIB Mohamed Karim\*  
Pr. GHOUNDALE Omar\*  
Pr. ZYANI Mohammad\*

Anesthésie Réanimation  
Radiologie  
Physiologie  
Radiologie  
Pédiatrie  
Médecine Nucléaire  
Pédiatrie  
Endocrinologie et maladies métaboliques  
Microbiologie  
Psychiatrie  
Radiologie  
Médecine Interne  
Pharmacologie  
Neuro-chirurgie  
Oncologie Médicale  
Pharmacognosie  
Chirurgie Pédiatrique  
Anatomie Pathologique  
Pharmacie Galénique  
Génétique  
Neurologie  
Ophtalmologie  
Neurologie  
Physiologie  
Rhumatologie  
Anatomie Pathologique  
Gastro-Entérologie  
Gastro-Entérologie  
Chirurgie Cardio-Vasculaire  
Gastro-Entérologie  
Chirurgie Pédiatrique  
Traumatologie Orthopédie

Stomatologie et Chirurgie Maxillo-faciale  
Urologie  
Médecine Interne

*\*Enseignants Militaires*

## **2- ENSEIGNANTS – CHERCHEURS SCIENTIFIQUES**

### **PROFESSEURS / PRs. HABILITES**

Pr. ABOUDRAR Saadia	Physiologie
Pr. ALAMI OUHABI Naima	Biochimie – chimie
Pr. ALAOUI KATIM	Pharmacologie
Pr. ALAOUI SLIMANI Lalla Naïma	Histologie-Embryologie
Pr. ANSAR M'hammed	Chimie Organique et Pharmacie Chimique
Pr. BOUHOUCHE Ahmed	Génétique Humaine
Pr. BOUKLOUZE Abdelaziz	Applications Pharmaceutiques
Pr. BOURJOUANE Mohamed	Microbiologie
Pr. BARKYOU Malika	Histologie-Embryologie
Pr. CHAHED OUAZZANI Lalla Chadia	Biochimie – chimie
Pr. DAKKA Taoufiq	Physiologie
Pr. DRAOUI Mustapha	Chimie Analytique
Pr. EL GUESSABI Lahcen	Pharmacognosie
Pr. ETTAIB Abdelkader	Zootchnie
Pr. FAOUZI Moulay El Abbas	Pharmacologie
Pr. HAMZAOUI Laila	Biophysique
Pr. HMAMOUCHE Mohamed	Chimie Organique
Pr. IBRAHIMI Azeddine	Biologie moléculaire
Pr. KHANFRI Jamal Eddine	Biologie
Pr. OULAD BOUYAHYA IDRISSE Med	Chimie Organique
Pr. REDHA Ahlam	Chimie
Pr. TOUATI Driss	Pharmacognosie
Pr. ZAHIDI Ahmed	Pharmacologie
Pr. ZELLOU Amina	Chimie Organique

*Mise à jour le 09/01/2015 par le  
Service des Ressources Humaines*

- 9 JAN 2015



# *Dédicaces*



## **A MON TRES CHER PERE LHAJJ ABDERRAHMANE**

A celui qui m'a aidé à découvrir le `savoir' le trésor inépuisable.

De tous les pères, tu as été le meilleur, tu as su m'entourer d'attention, m'inculquer les valeurs nobles de la vie, m'apprendre le sens du travail, de l'honnêteté et de la responsabilité.

Merci d'avoir été toujours là pour moi, un grand soutien tout au long de mes études.

Tu as été et tu seras toujours un exemple à suivre pour tes qualités humaines, ta persévérance et ton perfectionnisme. Des mots ne pourront jamais exprimer la profondeur de mon respect, ma considération, ma reconnaissance et mon amour éternel.

Que Dieu te préserve des malheurs de la vie afin que tu demeures le flambeau illuminant mon chemin...

Ce travail est ton œuvre, toi qui m'a donné tant de choses et tu continues à le faire... sans jamais te plaindre. J'aimerais pouvoir te rendre tout l'amour et la dévotion que tu nous as offerts, mais une vie entière n'y suffirait pas. J'espère au moins que ce mémoire y contribuera en partie...?

## **A MA TRES CHERE MERE HALIMA**

A la plus douce et la plus merveilleuse de toutes les mamans.

A une personne qui m'a tout donné sans compter.

Aucun hommage ne saurait transmettre à sa juste valeur ; l'amour, le dévouement et le respect que je porte pour toi.

Sans toi, je ne suis rien, mais grâce à toi je deviens médecin.

J'implore Dieu qu'il te procure santé et qu'il m'aide à te compenser tous les malheurs passés.

Pour que plus jamais le chagrin ne pénètre ton cœur, car j'aurais encore besoin de ton amour.

Je te dédie ce travail qui concrétise ton rêve le plus cher et qui n'est que le fruit de tes conseils et de tes encouragements.

Tu n'a pas cessé de me soutenir et de m'encourager, ton amour, ta générosité exemplaire et ta présence constante ont fait de moi ce que je suis aujourd'hui.

Tes prières ont été pour moi un grand soutien tout au long de mes études. J'espère que tu trouveras dans ce modeste travail un témoignage de ma gratitude, ma profonde affection et mon profond respect.

Puisse Dieu tout puissant te protéger du mal, te procurer longue vie, santé et bonheur afin que je puisse te rendre un minimum de ce que je te dois. Je t'aime maman...?

### **A MA CHERE EPOUSE HAJAR MESBAH**

A la fleur de ma vie.

Toutes les lettres ne sauraient trouver les mots qu'il faut... Tous les mots ne sauraient exprimer la gratitude, l'amour, le respect, la reconnaissance...

Ton amour est un don du dieu. Aucune dédicace, aussi expressive qu'elle soit, ne saurait exprimer la profondeur de mes sentiments et l'estime que j'ai pour toi.

Dans tes yeux, j'ai toujours pu lire de la tendresse, tu es une étoile dans ma vie.

Tu m'as toujours soutenu, compris et réconforté tu es et restera toujours ma source d'inspiration.

Merci pour ta tendresse, ton attention, ta patience et tes encouragements; Merci pour tout. Puisse Dieu nous préserver du mal, nous combler de santé, de bonheur et nous procurer une longue vie pour le service de Dieu....

### **A MON FRERE CHARIF ET SA FEMME IMANE**

Je vous remercie spécialement pour votre contribution à la réalisation de ce travail. Qu'il me soit permis aujourd'hui de vous assurer ma profonde et ma grande reconnaissance.

Vous qui m'avez toujours soutenu et encouragé. Voila le jour que vous avez attendu plus impatientement que moi et sera l'occasion de partager une joie avec votre complicité habituelle.

J'ai le grand plaisir de dédier à vous ce modeste travail et j'implore DIEU qu'il vous apporte bonheur, amour et que vos rêves se réalisent.

### **A MES TRES CHERES BELLES SŒURS SOUKAINA ET ZINEB**

Je vous dédie ce travail, pour tous les moments de joie et de taquinerie qu'on a pu partager ensemble, en témoignage de mon amour et mon attachement.

Puisse nos fraternels liens se pérenniser et consolider encore.

Je ne pourrais d'aucune manière exprimer ma profonde affection et mon immense gratitude pour tous les sacrifices consentis, votre aide et votre générosité extrêmes ont été pour moi une source de courage, de confiance et de patience.

Puisse DIEU, le tout puissant, vous préserver du mal, vous combler de santé et de bonheur. Je vous aime très fort...

### **AU PETIT TAHA LALAOU**

Toutes les lettres ne sauraient trouver les mots qu'il faut... Tous les mots ne sauraient exprimer l'amour... Bref, tu es la joie de la famille Lalaoui. J'espère que ma thèse sera pour toi source de fierté et qu'elle sera un exemple à suivre. Ta joie de vivre et ton sourire ont été pour moi le meilleur encouragement que je puisse avoir. Que Dieu te garde et te protège.

### **A MES TRES CHERS BEAUX PARENTS MOHAMMED ET ZHOR**

Je vous dédie ce travail en reconnaissance de l'amour que vous m'avez offert depuis mon mariage, de tous les sacrifices que vous vous êtes imposés pour assurer notre vie de couple et notre bien être, de votre tolérance, et de votre bonté exceptionnelle.

Vous restez pour moi le symbole d'un amour original et d'une parenté idéale. J'espère toujours être à la hauteur de ce que vous attendez de moi, et ne jamais vous décevoir.

Puisse DIEU le tout puissant vous donner santé, bonheur et longue vie afin que je puisse un jour vous rendre ne serait ce qu'un peu de ce que vous avez fait pour nous.

## **A MA GRANDE MERE HAJJA RKIA**

Pour votre amour, vos prières et vos encouragements qui m'ont été d'un grand soutien au cours de ce long parcours. Je suis sûr que vous êtes fières de moi aujourd'hui. J'implore Dieu pour qu'il vous garde en bonne santé et qu'il nous permette de profiter de votre présence à nos côtés...

## **A TOUS MES ONCLES ET TANTES**

LA FAMILLE LALAOUI MOUTARAJJI

LA FAMILLE MESBAH

LA FAMILLE KABBOURI

LA FAMILLE RHOLAMI

En témoignage de mon attachement et de ma grande considération. J'espère que vous trouverez à travers ce travail l'expression de mes sentiments les plus chaleureux. Que ce travail vous apporte l'estime, et le respect que je porte à votre égard, et soit la preuve du désir que j'avais depuis toujours pour vous honorer. Tous mes vœux de bonheur et de santé. ...

## **A MES GRANDS AMIS ET COLLEGUES**

En tête de liste ;

**MOHAMMED AOUSSAF** qui a partagé avec moi études et loisirs de vie, joies et désillusions, et que je considère frère avant tout.

,AMINE QAT ,HAKIM LAHYANI ,MOHCINE LABAYDI ,AMINE SEBBAH,KARAM WALIKOUCH,SAFA SABUR ,LAILA BERRADA,MERYEM GHANMI ..etc

En souvenir des moments merveilleux que nous avons passés et aux liens solides qui nous unissent. Un grand merci pour votre soutien, vos encouragements, votre aide. J'ai trouvé en vous le refuge de mes chagrins et mes secrets. Avec toute mon affection et estime, je vous souhaite beaucoup de réussite et de bonheur, autant dans votre vie professionnelle que privée.

Je prie Dieu pour que notre amitié et fraternité soient éternelles...

# *Remerciements*



**A**

**NOTRE MAITRE ET PRESIDENT DE THESE**

**MONSIEUR LE PROFESSEUR A. BELMEKKI**

***Professeur de l'Enseignement Supérieur d'hématologie-  
biologique***

***Chef du Centre de Transfusion Sanguine***

***H .M.I Med V-Rabat***

*Vous nous avez accordé un grand honneur en acceptant de présider le  
jury de notre thèse.*

*Votre parcours professionnel, votre compétence incontestable, votre  
charisme et vos qualités humaines font de vous un grand professeur et  
nous inspirent une grande admiration et un profond respect.*

*Puissent des générations et des générations avoir la chance de profiter  
de votre savoir qui n'a d'égal que votre sagesse et votre bonté.*

*Veillez, Cher Maître, trouver dans ce modeste travail l'expression de  
notre haute considération et notre profond respect pour avoir guidé les  
premiers pas de ma carrière.*

**A**

***NOTRE MAÎTRE ET RAPPORTEUR DE THÈSE***

***MONSIEUR le PROFESSEUR M. BOUI***

***Professeur de l'Enseignement Supérieur de dermatologie***

***Chef de service de dermatologie***

***H.M.I Med V-Rabat***

*Vous m'avez honoré par votre confiance en me confiant cet excellent  
sujet de travail*

*Les conseils fructueux que vous nous avez prodigué ont été très  
précieux, nous vous en remercions.*

*Votre bonté, votre modestie, votre compréhension, ainsi que vos qualités  
professionnelles ne peuvent que susciter notre grand estime et profond  
respect.*

*Veillez trouver ici, l'assurance de notre reconnaissance et notre  
profonde admiration.*

**A**

**NOTRE MAITRE ET JUGE DE THESE**

**MONSIEUR LE PROFESSEUR Y. SEKKACH**

*Professeur de l'Enseignement Supérieur de Medecine Interne*

*H.M.I Med V-Rabat*

*Nous vous remercions pour l'honneur que vous nous faites en acceptant  
de juger ce travail.*

*Vous êtes un homme de science et un médecin attentif au bien être de  
ses patients.*

*C'est avec sincérité que nous vous exprimons notre admiration pour le  
professeur, mais aussi pour l'homme que vous êtes.*

*Veillez trouver dans ce travail, Cher Maître, l'expression de notre  
estime et de notre considération.*

**A**

**NOTRE MAITRE ET JUGE DE THESE**

***Monsieur le Professeur A. BIYI***

***Professeur de l'Enseignement Supérieur de Medecine Nucleaire***

***H.M.I Med V-Rabat***

*Nous vous remercions de la spontanéité et de la simplicité avec  
lesquelles vous avez accepté de juger ce travail.*

*Nous avons eu le privilège de travailler sous votre direction et avons  
trouvé auprès de vous le guide et le conseiller qui nous a reçu en toutes  
circonstances avec sympathie, sourire et bienveillance.*

*Votre probité au travail et votre dynamisme, votre sens de  
responsabilité nous ont toujours impressionnés et sont pour nous un  
idéal à atteindre.*

*Nous espérons être dignes de votre confiance, et nous prions, cher  
Maître, d'accepter notre profonde reconnaissance et notre haute  
considération.*

**A**

**NOTRE MAITRE ET JUGE DE THESE**  
**MONSIEUR LE PROFESSEUR M. MEZIANE**

*Professeur Agrégé de Dermatologie*

*CHU Ibn Sina – Rabat*

*Nous sommes particulièrement touchés par la gentillesse avec laquelle  
vous avez bien voulu accepter de juger ce travail.*

*Nous avons eu la chance et le privilège de travailler sous votre  
direction, de profiter de votre culture scientifique, vos compétences  
professionnelles incontestables ainsi que vos qualités humaines qui vous  
valent l'admiration et le respect.*

*Permettez nous, Cher Maître de vous exprimer notre profond respect et  
notre sincère gratitude.*

**A**

***tous mes Professeurs de la Faculté de Médecine et de  
Pharmacie de RABAT***

*Une thèse est le fruit de plusieurs années d'études et je ne saurais  
oublier dans mes dédicaces l'ensemble de mes professeurs et maîtres qui  
ont contribué de près ou de loin dans l'élaboration de ce travail.*

## TABLE DES FIGURES ET DES TABLEAUX

**Figure1** : Spectre électromagnétique

**Figure2** : Modélisation de l'émission spontanée

**Figure3** : Modélisation de l'absorption

**Figure4** : Modélisation de l'émission stimulée

**Figure5** : pureté spectrale

**Figure6** : schéma simplifié des caractéristiques de la lumière laser

**Figure7** : Comparaison de la puissance et de l'intensité de différentes sources lumineuses.

**Figure8** : Schéma simplifié du fonctionnement d'un laser

**Figure9** : Schéma simplifié du rôle de la cavité de résonance

**Figure10** : Laser a solide (Rubis) pompé par flash

**Figure11** : Exemple d'émission continue et d'émission impulsionnelle

**Figure12** : types d'interactions Laser-Tissus

**Figure13** : spectre d'absorption des différents chromophores de la peau

**Figure14** : La profondeur de pénétration des différents lasers dans la peau

**Figure 15**: *Répartition des effets produits par les lasers sur le tissu biologique en fonction de la durée d'émission et d'irradiance*

**Figure16** : Schéma des 3 étapes de l'action thermique

**Figure17** : Les principales lasers utilisés en dermatologie

**Figure18** : Principe du bras articulé

**Figure19** : Divergence du faisceau laser en sortie de fibre optique

**Figure20** : En fonction du système optique utilisé, il est possible de modifier la taille du faisceau laser.

**Figure21** :A.Recouvrement manuel

B.Recouvrement avec un scanner

**Figure22** : Effets néfastes des lasers sur les structures oculaires en fonction de leur longueur d'onde

**Figure23** :Effets néfastes cutanés et oculaires des lasers en fonction de leur longueur d'onde

**Figure24** : les causes de brulures laser

**Figure25** : Schéma d'une salle de traitement en « L »

**Figure26** : cinq types de peaux selon leur réaction lors d'une exposition solaire

**Figure27** : Angiome plan chez une adulte avant et après 4 séance de laser vasculaire.

**Figure28** : Couperose du nez

**Figure29** : Couperose stade 3 et Suites immédiates après traitement de la Couperose par laser à colorant pulsé.

**Figure30** : Résultats à 12 jours du traitement laser.

**Figure31** : Anatomie d'un poil

**Figure32** : Cycle de croissance du poil

**Figure33** : *Efficacité des lasers et zones*

**Figure34** : A. lentigos actiniques dorsaux.

B. aspect Clinique après traitement de la moitié supérieure du dos

**Figure35** : A. tache café au lai

B. aspect après traitement par laser déclenché ND:YAG.

**Figure36** : A. HB a distance de la réalisation d'une zone test centro-lésionnel.

B. aspect 18 mois après fin de traitement.

**Figure37** : Enfant de phototype V avec nævus d'Ota

**Figure38** ; Tatouage noir professionnel ou amateur Avant et après quatre séances de traitement par laser Q-switched Nd YAG 1064 nm.

**Figure39** : Stratégie de choix de la longueur d'onde en fonction de la couleur du tatouage

**Figure40** : Détatouage Laser Q Switched 755 nm  
Ablation du maquillage permanent vert du rebord ciliaire

**Figure41** : Laser 1064 nm - Tatouage rituel du front

**Figure42** : Principe des lasers ablatifs

**Figure43** : Principe des lasers fractionnels non ablatifs

**Figure44** : Principe des lasers fractionnels ablatifs

**Figure45** : Différentes techniques des lasers ablatifs

**Figure46** : Le niveau d'action des lasers ablatifs correspond exactement aux altérations du photovieillissement : épiderme et derme papillaire

**Figure47** : Photovieillissement très marqué  
Avant et après traitement par laser ablatif CO<sub>2</sub>ultrapulsé

**Figure48**: papules fibreuses ; avant et 6 mois après 2 lasers CO<sub>2</sub> impulsionnels

**Figure49** : Rhinophyma avant et après traitement laser CO<sub>2</sub> continu puis ultrapulsé

**Figure50** : Keratose avant et après traitement laser CO<sub>2</sub> continu

**Figure51** : Photovieillissement avant et après laser fractionnel non ablatif

**Figure52** : Cicatrices d'acné profondes des joues très nettement atténuées par le laser fractionnel non ablatif

**Figure53** : Amélioration après 3 séances de laser fractionnel ablatif

**Figure54** : Bon résultat, avec un léger effet tenseur, après 2 séances de laser fractionnel ablatif

**Figure55** : Avant et 3 mois après une séance de laser CO<sub>2</sub> fractionné

**Figure56:** Les suites (ici le lendemain de la séance) sont bien différentes avec les 3 types de laser.

# SOMMAIRE

<b>INTRODUCTION</b> .....	<b>1</b>
<i>Historique</i> .....	<b>3</b>
<i>Première partie : Bases physiques du traitement laser</i> .....	<b>6</b>
<b>I. RAPPELS PHYSIQUES ET ENERGIE LASER</b> .....	<b>7</b>
A. La lumière.....	7
B. La lumière laser .....	10
C. Caractéristiques du faisceau laser .....	17
<b>II. INTERACTIONS LASER-TISSUS</b> .....	<b>19</b>
A. Caractéristiques du comportement de la lumière dans les tissus.....	19
B. Effets de la lumière laser sur les tissus .....	23
<i>Deuxième partie : Aspects techniques du traitement laser</i> .....	<b>27</b>
<b>I. LES DIFFERENTS LASERS</b> .....	<b>28</b>
1) Les différents milieux des lasers.....	28
2) Les différentes longueurs d'ondes en dermatologie esthétique.....	29
<b>II. LE MATERIEL</b> .....	<b>32</b>
A. Moyens de transmission du faisceau laser .....	32
B. Accessoires : .....	34
C-Dispositifs de refroidissement : .....	37
<b>III. LE LASER ET LA SECURITE</b> .....	<b>38</b>
A. Considérations générales.....	38
B. Les dangers liés au laser.....	38
C. Les mesures de sécurité.....	44
<i>Troisième partie : Applications cliniques des lasers</i> .....	<b>49</b>
<b>I. COMPLICATIONS LIEES A L'UTILISATION DES LASERS</b> .....	<b>50</b>
<b>II. CONTRE-INDICATIONS GENERALES DES LASERS</b> .....	<b>52</b>
<b>III. LASERS EN DERMATOLOGIE : LES INDICATIONS, CI, STRATEGIES</b> .....	<b>58</b>
A. Les lasers vasculaires.....	58
B. Lasers dépilatoires .....	67
C. Les lasers pigmentaires et de détatouage .....	74
D. lasers ablatifs .....	87
E. Autres indications : .....	106
<i>Conclusion</i> .....	<b>110</b>

<i>RÉSUMÉ</i> .....	<i>112</i>
<i>Références</i> .....	<i>116</i>
<i>bibliographiques :</i> .....	<i>116</i>

# INTRODUCTION

Le mot LASER est un acronyme anglais: Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation, c'est-à-dire amplification de la lumière par émission stimulée de rayonnement.

Son principe fondamental a été découvert par Einstein au début des années 1900, mais il a fallu plus de cinquante ans pour que le premier laser voie le jour. Pourtant, la plupart des éléments nécessaires existaient depuis longtemps!

En dermatologie, les avancées en technologie laser ont été très marquées au cours des deux dernières décennies. Ainsi, on a pu traiter plusieurs pathologies cutanées acquises ou congénitales. Les lésions vasculaires et pigmentaires, les tatouages, les cicatrices et les cheveux non désirés peuvent actuellement être éradiqué par laser et ceci avec une facilité relative et un minimum d'effets indésirables.

Il existe une grande diversité de lasers, avec des effets variés et donc des indications différentes.

Les principales étapes de notre travail sont développées dans trois chapitres:

Dans le premier chapitre nous détaillerons les bases théoriques à acquérir pour utiliser un laser. Après des rappels physiques sur la lumière et ses caractéristiques, nous décrirons ce qu'est la lumière laser et comment celle-ci va agir sur les tissus vivants.

Le second chapitre traite les aspects techniques concernant cet outil. Nous verrons ce qu'impliquent l'achat et l'utilisation au quotidien d'un laser, ainsi que les normes de sécurité inhérente à cette énergie.

Dans le dernier chapitre, Nous nous attacherons à décrire l'utilisation clinique des principaux lasers appliqués en dermato-cosmétologie. Nous tenterons d'aborder de manière exhaustive les différentes utilisations possibles de ces lasers et de souligner leurs avantages et leurs complications.

# **HISTORIQUE**

**En 1905, Einstein** publie un article dans lequel il pose l'hypothèse que la lumière est constituée de quanta d'énergie, de photons, que l'on appelle parfois des « grains de lumière ».

**En 1917**, il présente finalement sa théorie de **l'émission stimulée**, selon laquelle un matériau peut émettre de la lumière s'il est correctement excité. Par la même occasion, il présente sa théorie de l'effet photo-électrique, pour laquelle il mérite le prix Nobel de physique **en 1921**. Ce n'est pas pour la théorie de la relativité générale qu'il obtient ce prix.

Les bases théoriques du fonctionnement du laser sont alors jetées, mais de nombreux chercheurs pensent qu'il est techniquement impossible de construire un dispositif produisant de la lumière par émission stimulée (laser). Il faut donc attendre près de 35 ans après la publication de la théorie d'Einstein pour que des scientifiques s'intéressent de nouveau au phénomène de l'émission stimulée.

Au cours de la Seconde guerre mondiale, les États-Unis veulent développer de nouveaux systèmes de radar, **Charles Townes**, travaillant alors aux Bell Laboratories, tente de construire des émetteurs de micro-ondes à plus haute fréquence, soit 24 GHz, que ceux utilisés à l'époque.

**En 1947**, alors qu'il travaille à l'Université Columbia, Townes a besoin d'une nouvelle source de micro-ondes afin de pouvoir faire des études spectroscopiques de molécules plus poussées.

**En 1953**, il fabrique, **le premier maser** (acronyme de Microwave Amplification by Stimulated Emission of Radiation.) qui produit un rayonnement monochromatique à une longueur d'onde de 1,25 cm. Au cours des années qui suivent, de nombreux autres masers sont fabriqués. Tous fonctionnent dans le domaine des micro-ondes, le pas vers le domaine de la lumière visible et de ses courtes longueurs d'onde semble infranchissable.

**En 1957**, Townes commence à considérer les problèmes liés à la fabrication d'un dispositif semblable au maser, mais émettant du rayonnement infrarouge ou de la lumière visible. En collaboration avec Arthur Schawlow, il publie les premières propositions détaillées de **masers optiques**. Ils considèrent alors l'utilisation d'une cavité résonnante pour amplifier la lumière. Ils déposent une demande de brevet en 1958.

**En 1960**, ils obtiennent enfin **le premier brevet de laser**, mais celui-ci n'est construit que plus tard.

**Le premier laser fonctionnel (laser Rubis)** est fabriqué par **Théodore Maiman en 1960** qui découvre que les ions de chrome d'un rubis artificiel émettent de la lumière rouge lorsqu'ils sont irradiés par la lumière verte d'une lampe au xénon.

L'année suivante, **le laser à hélium-néon**, l'un des plus couramment utilisés aujourd'hui, est inventé.

Notons que le terme laser n'est pas utilisé avant 1965.

Depuis lors des centaines de lasers différents ont vu le jour dans des domaines aussi variés que :

- médicaux (dermatologiques, ophtalmologiques, chirurgicaux, dentaires),
- industriels (lasers de coupe, de mesure, de contrôle...),
- de recherche,
- de la vie quotidienne (lecteur de cd-rom) ou
- militaires (guerre des étoiles).

**En dermatologie**, signalons que :

- les lasers argons et à colorant continu qui ont été remplacés vers la fin des années 70 par le laser à colorant pulsé qui a transformé les traitements des lésions vasculaires (rouges) : angiomes
- les lasers pigmentaires dont les lasers Q-switched
- les lasers chirurgicaux, co2 et erbium qui ont permis le développement de la technique du relissage
- les premiers lasers épilatoires vers la fin des années 90
- les lasers de remodelage ou de rajeunissement au début des années 2000.

**PREMIÈRE PARTIE : BASES  
PHYSIQUES DU TRAITEMENT  
LASER**

# I. RAPPELS PHYSIQUES ET ENERGIE LASER

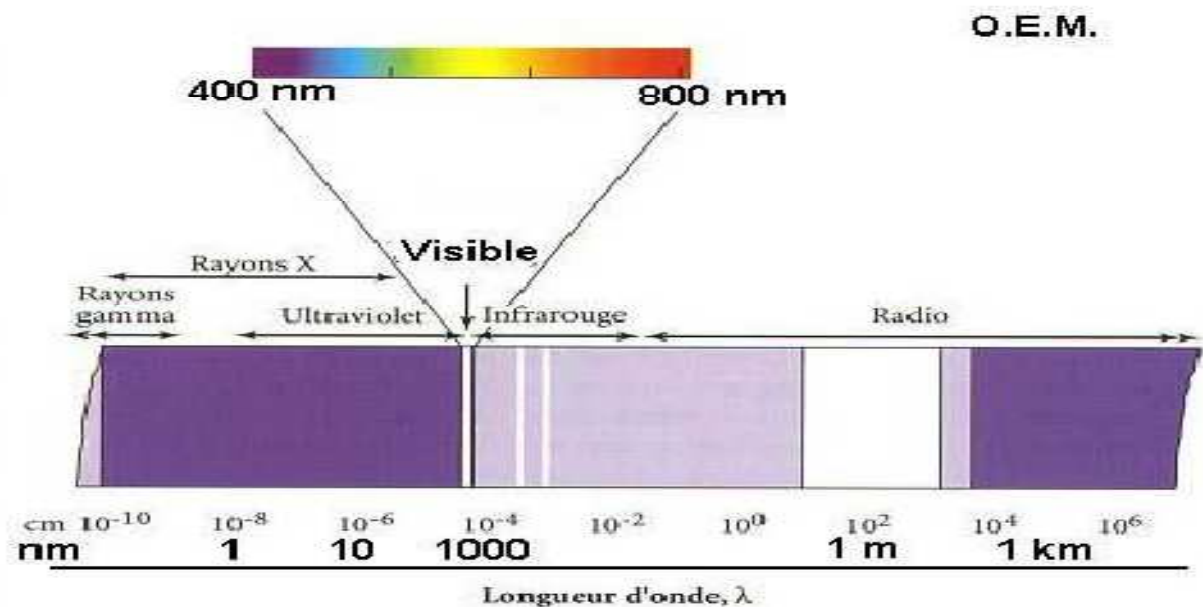
## A. La lumière

### 1. Définitions

#### a. La lumière

La lumière désigne les ondes électromagnétiques visibles par l'oeil humain, c'est-à-dire comprises dans des longueurs d'onde de 380 nm (violet) à 780 nm (rouge) ; Newton présente un cercle des couleurs chromatiques basé sur la décomposition de la lumière blanche par un prisme.

Outre la lumière visible, on s'intéressera aux longueurs d'onde situées dans les domaines infrarouge ( $> 800$  nm) et ultraviolet ( $< 400$  nm). [1]



**Figure1 : Spectre électromagnétique**

La lumière est une forme d'énergie issue de deux composantes :

- une onde électromagnétique ondulatoire
- un aspect corpusculaire (les photons)

## b. Les photons

En physique des particules, le photon est la particule élémentaire médiatrice de l'interaction électromagnétique. Autrement dit, lorsque deux particules chargées électriquement interagissent, cette interaction se traduit d'un point de vue quantique comme un échange de photons. Dans la conception actuelle de la lumière, les ondes électromagnétiques, des ondes radio aux rayons gamma en passant par la lumière visible, sont toutes constituées de photons. [1]

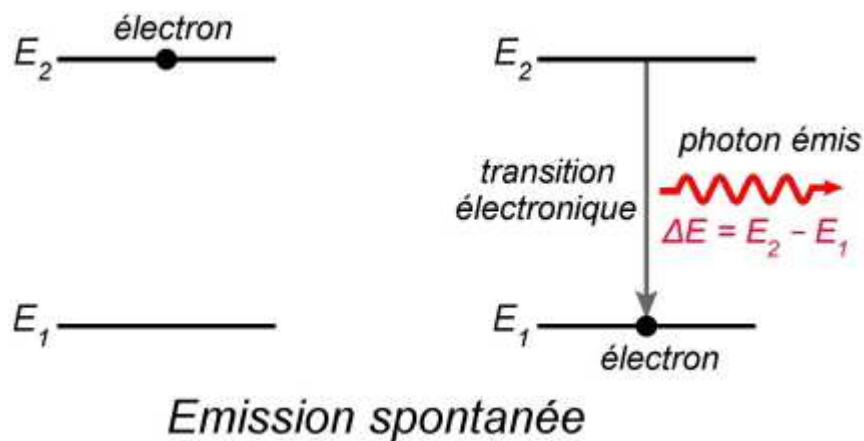
## 2. Interactions Lumière-Matière [2,3]

Pour bien comprendre les mécanismes du laser il faut connaître la différence entre l'absorption, l'émission stimulée et l'émission spontanée.

### a. Emission spontanée

L'émission spontanée correspond à un changement d'état d'un atome qui passe d'un niveau  $N_2$  d'énergie  $E_2$  à un niveau inférieur  $N_1$  d'énergie  $E_1$ ; et d'après le principe de conservation de l'énergie, la différence  $\Delta E$  entre les deux niveaux permet l'émission d'un photon d'énergie propre égale à  $\Delta E$ .

Le photon émis se définit donc par une longueur d'onde, une fréquence et une couleur. On note que les photons ont d'autant plus d'énergie que leur longueur d'onde  $\lambda$  est courte.

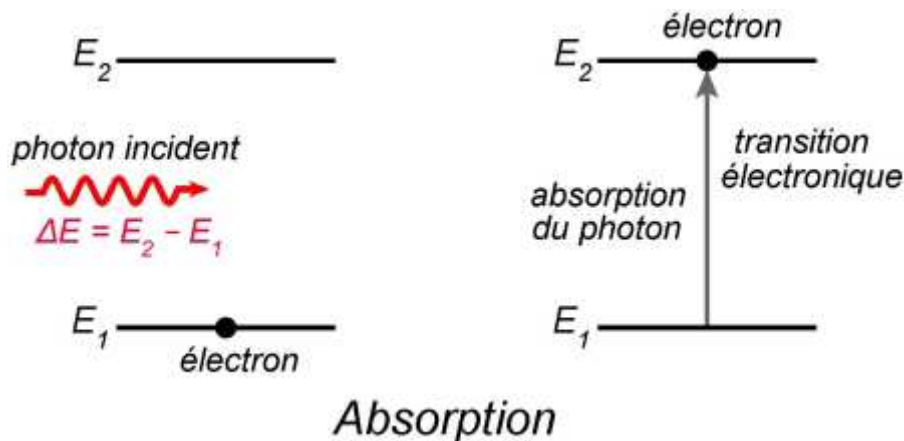


**Figure2 : Modélisation de l'émission spontanée**

## b. Absorption

L'absorption existe lorsqu'on soumet les atomes à un photon d'énergie correspondant à la différence entre deux niveaux d'énergie  $\Delta E$ .

Dans ce cas, il existe une possibilité que l'énergie soit absorbée par l'atome et que les électrons puissent passer d'un niveau  $N1$  d'énergie  $E1$  à un niveau  $N2$  d'énergie  $E2$ , telle que  $E2 > E1$

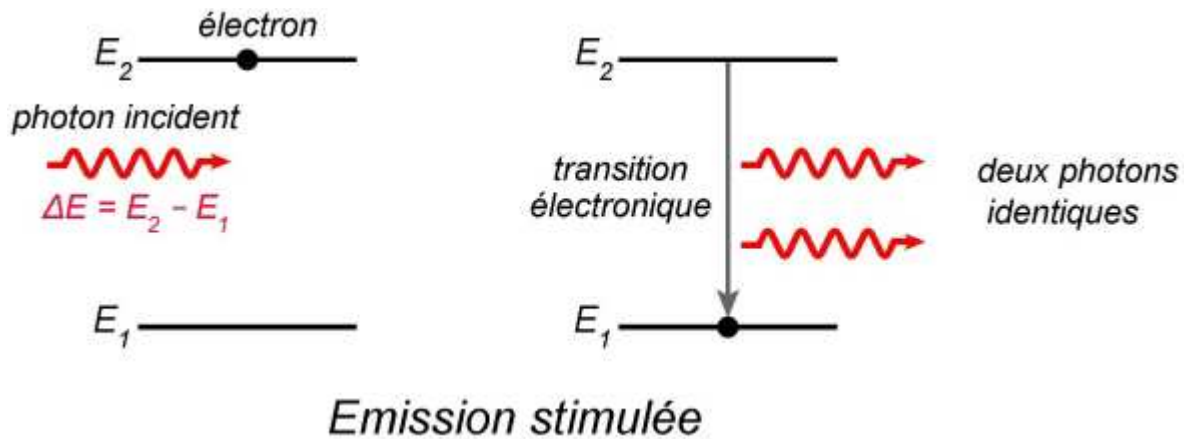


**Figure3 : Modélisation de l'absorption**

## c. Emission stimulée

Il s'agit d'un effet inverse à celui de l'absorption. C'est un phénomène naturel mais exceptionnel qui fut décrit la première fois par Albert Einstein en 1917. Un atome dans l'état  $E2$  peut se "désexciter" vers le niveau  $N1$  sous l'effet d'une onde électromagnétique, qui sera alors *amplifiée*. Comme pour l'absorption, ce processus n'est important que si l'énergie du photon est proche de  $\Delta E$ .

En physique atomique, il est possible de favoriser la désexcitation d'un électron en illuminant l'atome d'une lumière ayant une longueur d'onde correspondant à l'énergie de transition entre les deux états électroniques. On appelle ce phénomène l'**émission stimulée**



**Figure4 : Modélisation de l'émission stimulée**

## **B. La lumière laser** [5]

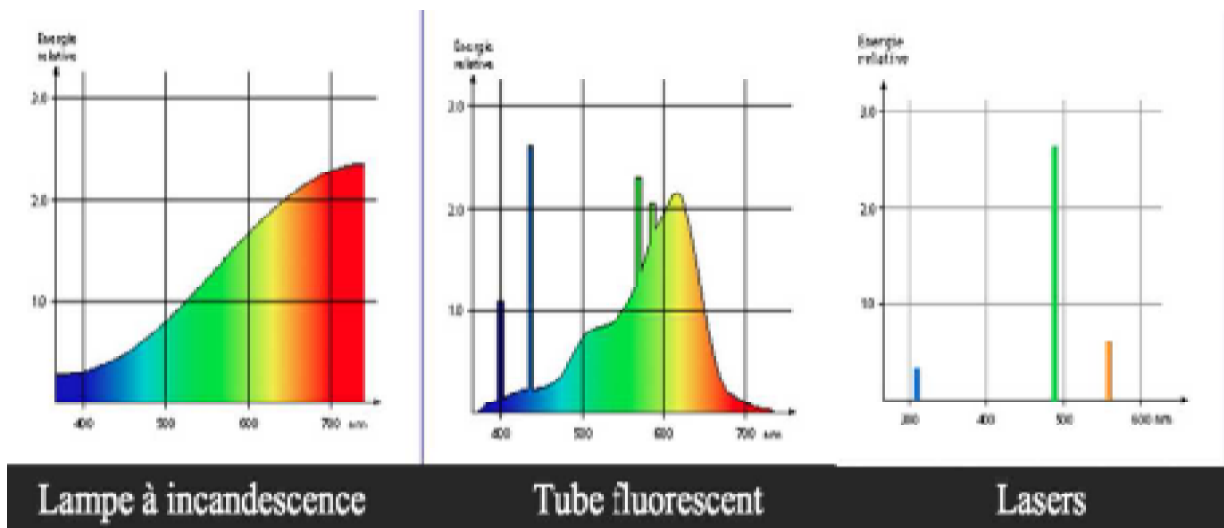
Contrairement aux sources lumineuses classiques comme une ampoule électrique ou un rayon de soleil sont composées de multiples longueurs d'onde, étendues sur les spectres de lumière visible et invisible. Les photons n'ont ni la même direction, ni la même phase, ni la même polarisation, la lumière laser a des caractéristiques particulières

### **1. Caractéristiques de la lumière laser**

#### **a. Monochromaticité**

Le laser n'émet que dans une seule longueur d'onde. On parle de pureté spectrale.

Néanmoins, certains lasers peuvent émettre dans plusieurs couleurs séparées les unes des autres (lasers à colorant par exemple). [6]



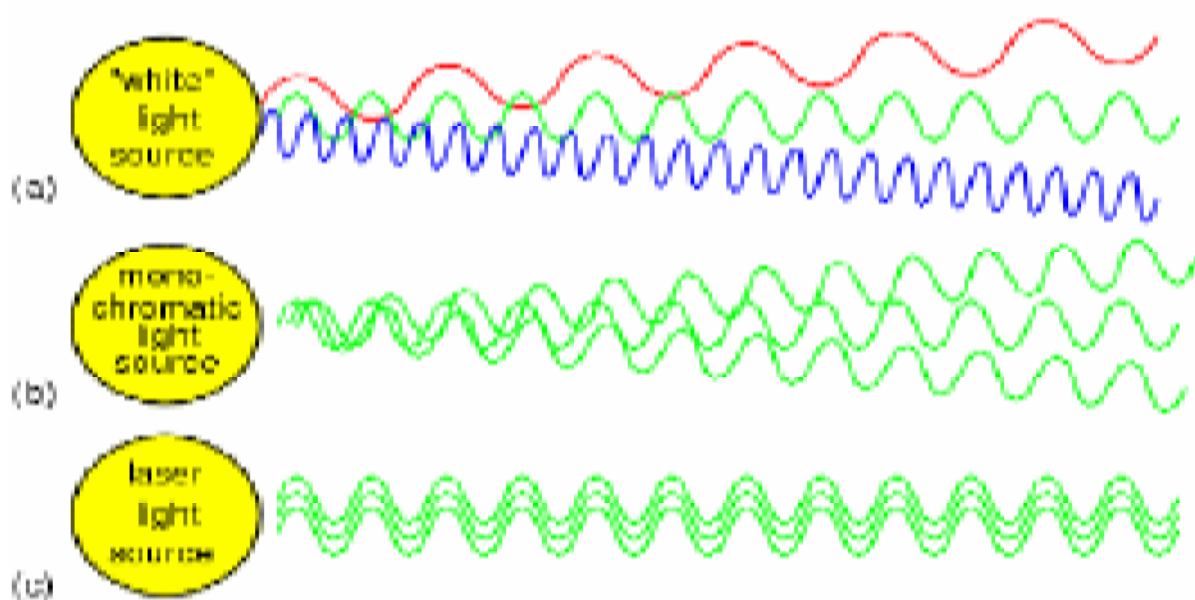
**Figure5 : pureté spectrale** [6]

### **b. Quasi-parallélisme**

Du fait de la conception technique des lasers, le faisceau est très peu divergent. Ceci permet de le focaliser de façon très précise pour apporter une grande énergie par unité de surface.

### **c. Cohérence**

La lumière produite par un laser est ordonnée dans le temps et dans l'espace. Ainsi, chaque photon qui la compose oscille en même temps, de la même manière. La directivité de la lumière laser est d'ailleurs une conséquence de sa cohérence.



**Figure6 : schéma simplifié des caractéristiques de la lumière laser [6]**

**d. Forte intensité:**

Les lasers émettent une lumière très intense. La lumière est très concentrée sur une toute petite surface (quelques millimètres carrés).

Source	Puissance (W)	Intensité (W/m <sup>2</sup> )
Soleil	$4 \times 10^{26}$	(à la surface de Terre) 1400
Ampoule à incandescence	100	(à 1 m de l'ampoule) 8
Laser hélium-néon	$5 \times 10^{-3}$	1100
Laser à CO <sub>2</sub>	20	$4 \times 10^6$

**Figure7 : Comparaison de la puissance et de l'intensité de différentes sources lumineuses.**

La lumière laser est donc :

- monochromatique : une seule longueur d'onde
- cohérente : photons en phase, dans le temps et l'espace
- monodirectionnelle : faible angle de divergence des photons
- forte intensité : énergie cumulée énorme grâce à des photons synchronisés et une énergie pulsée [6]

## 2. Genèse de la lumière laser

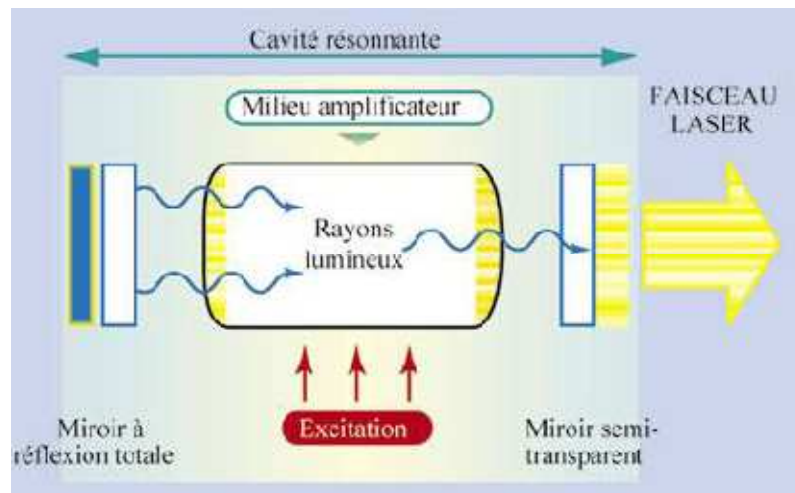
### a. Qu'est-ce qu'un laser ?

Un laser est fondamentalement un amplificateur de lumière (fonctionnant grâce à l'émission stimulée).

1) L'amplificateur est un ensemble d'atomes que l'on « pompe » dans un état excité E<sub>2</sub>, au moyen d'une source d'énergie extérieure (autre laser, énergie électrique,...). C'est l' « inversion de population ».

2) Un élément stimulant ou déclenchant

3) Le rayonnement émis dans cet amplificateur est rebouclé sur son entrée au moyen de deux miroirs, qui constituent une « cavité »



**Figure8 : Schéma simplifié du fonctionnement d'un laser [7]**

Les trois éléments sont donc : un milieu actif, un système de pompage et une cavité de résonance.

### **b. Le milieu actif**

Les lasers sont souvent appelés du nom de leur milieu actif, ce dernier pouvant être solide, liquide ou gazeux.

Gaz: Ar<sup>+</sup>, Kr<sup>+</sup>, HeNe, CO<sub>2</sub>, Excimère

Liquide : Colorants

Solide : Nd : YAG, Er : YAG, Rubis, Saphir, Alexandrite, Semi-conducteur

C'est le milieu actif qui impose la longueur d'onde, donc la couleur du faisceau laser.

### c. Le pompage : processus d'inversion de population

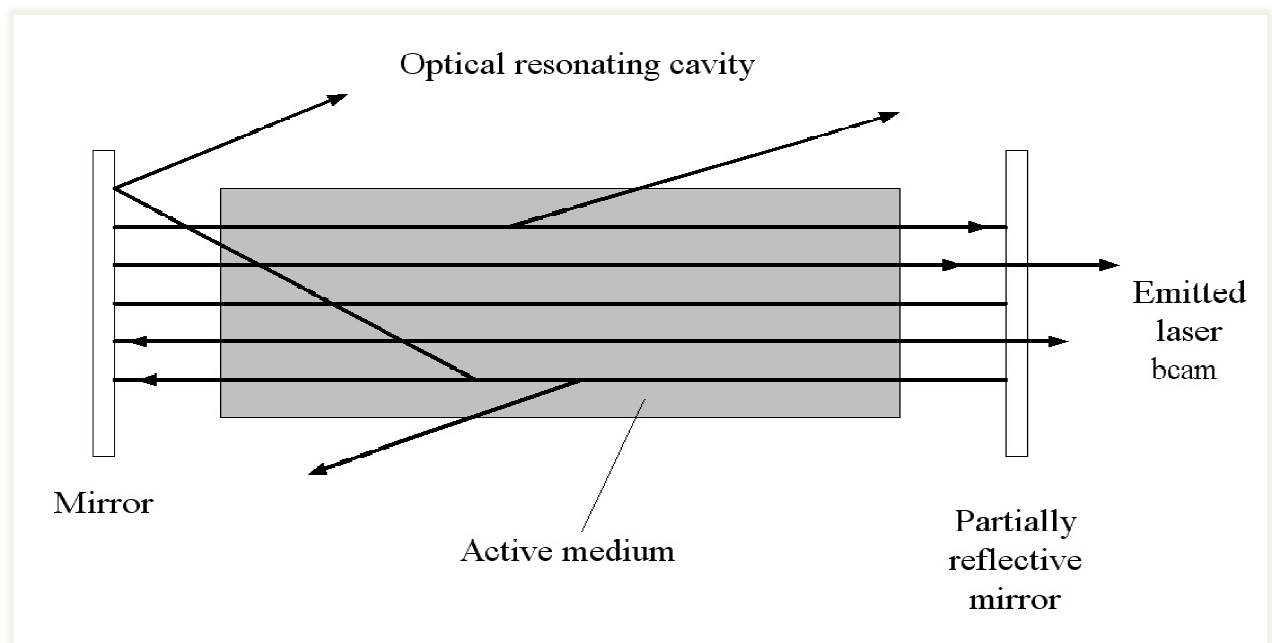
Afin que  $N_2 > N_1$ , il faut exciter les électrons pour que la couche de niveau électrique la plus élevée comporte plus d'électrons que la couche énergétique inférieure.

Ce phénomène est contraire à l'équilibre naturel de l'atome mais permet ainsi de posséder une « réserve » d'énergie qui va permettre l'amplification, c'est-à-dire l'émission d'un nombre de photons supérieur au nombre d'arrivée.

Plusieurs moyens sont à notre disposition pour inverser ces populations : l'amplification par pompage optique, thermique, chimique ou par décharge électrique

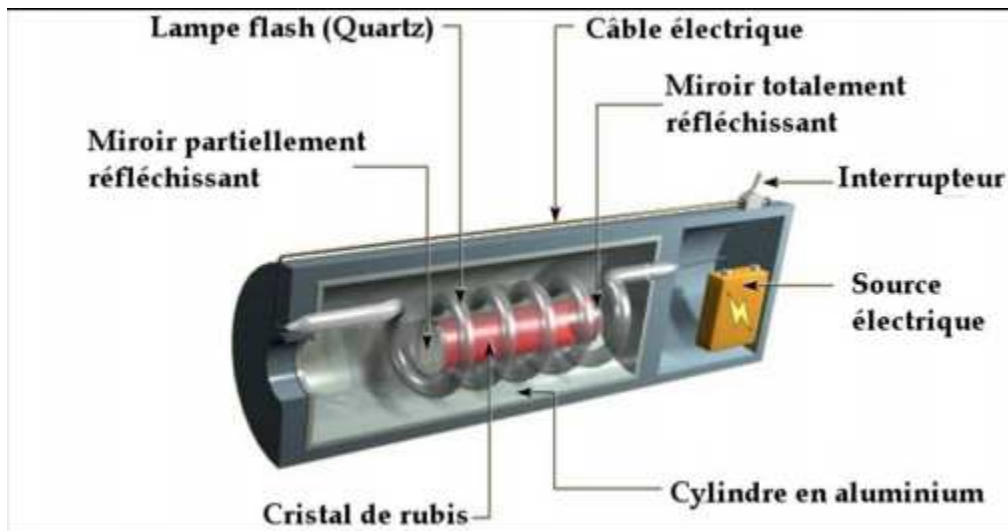
### d .cavité de résonance :

Elle permet d'augmenter la densité de la lumière. Elle est constituée de 2 miroirs placés à chaque extrémité du milieu actif, l'un étant à moitié transparent pour permettre la sortie du faisceau laser.



**Figure9 : Schéma simplifié du rôle de la cavité de résonance**

(Les miroirs permettent aux photons d'effectuer de nombreux allers retours à travers le milieu actif, simulant de plus en plus d'émissions à chaque passage)



**Figure10 : Laser a solide (Rubis) pompé par flash**

## **C. Caractéristiques du faisceau laser [2 ,3]**

### **1. Paramètres d'un rayon laser**

#### **a. Puissance émise**

La puissance indique la quantité d'énergie délivrée par unité de temps au point d'impact et s'exprime en Watts. L'énergie est mesurée en Joule.

$$\mathbf{P(t) = dE/dt}$$

$$\mathbf{1 Watt = 1 Joule/1 seconde}$$

Ainsi si on utilise un faisceau laser de 30W pendant 1 seconde, on délivre 30 Joules d'énergie. On peut doubler la quantité totale d'énergie reçue soit en doublant la puissance émise, donc en passant à 60W, soit en doublant le temps d'exposition, donc en maintenant le faisceau en activité pendant 2 secondes.

### **b. Irradiance ou densité d'énergie**

L'irradiance est définie par le degré de puissance rapportée à la surface ; elle s'exprime en Watts/cm<sup>2</sup>. Plus la surface au point d'impact est petite, plus la densité de puissance est élevée.

$$\text{Irradiance} = P \text{ (Watts)} / \text{Surface d'impact (cm}^2\text{)}$$

### **c. La fluence**

La fluence est l'énergie totale reçue par unité de surface, elle intègre la durée du tir laser.

$$P \text{ (Watts)} \times t \text{ (secondes)}$$

$$\text{Fluence} = \text{-----}$$

$$\text{Surface d'impact (cm}^2\text{)}$$

La fluence sera d'autant plus élevée que le tir est long et que la surface du point d'impact est petite.

## **2. Modes de distribution du faisceau**

### **a. Mode continu**

Quand un laser est utilisé en mode continu, l'énergie laser est délivrée sans interruption. C'est un obturateur en dehors de la cavité qui détermine le temps de tir.

En mode continu, les lasers ont une puissance faible (1 W – 10 W) conduisant après absorption des photons par le chromophore à un effet thermique, ou par un photo-sensibilisant à un effet photochimique.

### **b. Mode pulsé**

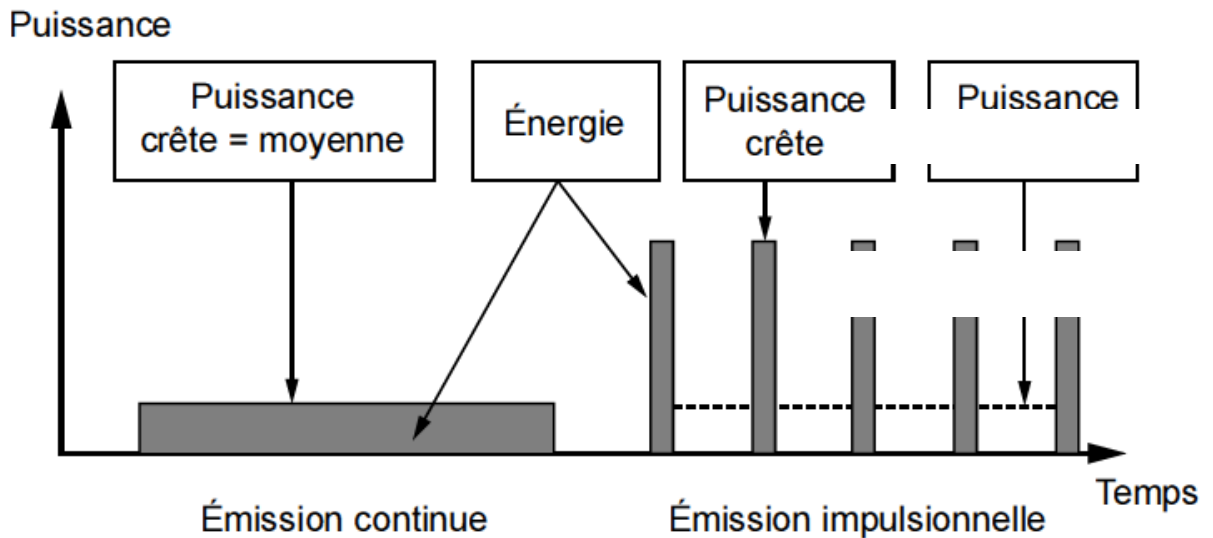
Le faisceau laser est alors émis en une série d'impulsions, leurs puissances varie entre 100W et 1kW et les durées peuvent être extrêmement courtes (picosecondes). C'est le système de pompage du laser qui détermine le temps de l'impulsion.

Ce mode est utilisé pour obtenir un effet thermomécanique

### c- Mode pulsé déclenché ou « Q-Switched »

Le laser Nd : YAG peut-être pulsé avec des impulsions de l'ordre de la Nanoseconde ou de la Picoseconde. La puissance varie entre 1 et 10MW.

L'effet obtenu est alors un effet d'onde de choc mécanique.



**Figure11 : Exemple d'émission continue et d'émission impulsionnelle**

## II. INTERACTIONS LASER-TISSUS

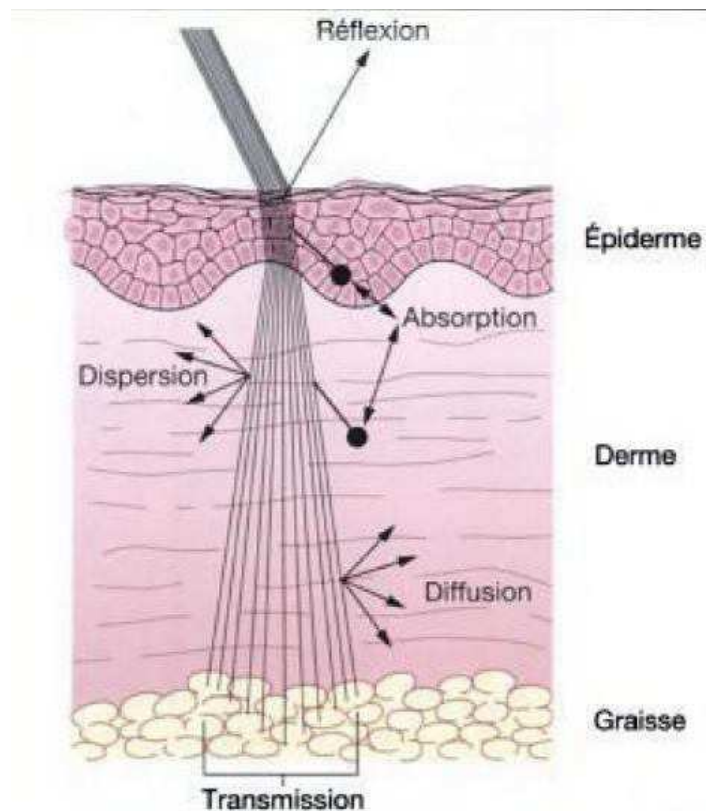
Le laser est utilisé pour réaliser un transfert d'énergie entre le rayonnement et le tissu cible. L'effet est fonction de la densité d'énergie, du temps d'application du rayon sur les tissus, de la longueur d'onde et de son mode, continu ou pulsé. [5 ,9,10]

### A. Caractéristiques du comportement de la lumière dans les tissus

Après irradiation laser, quatre types de d'interactions peuvent survenir :

- la réflexion,
- la transmission,
- la diffusion,

- l'absorption.



**Figure12 : types d'interactions Laser-Tissus [6] [2]**

### **1. La réflexion**

Le laser peut-être réfléchi sur la surface de la cible comme s'il s'agissait d'un miroir.

La réflexion peut être spéculaire ou diffuse

### **2. La transmission**

Le rayon peut-être transmis au travers de la matière comme de la lumière à travers le verre.

Cela peut permettre de traiter un tissu situé en profondeur, derrière le tissu traversé.

### **3. La diffusion**

Il s'agit d'une réflexion particulière. Le photon est dévié dans le milieu sans être absorbé. Il peut y avoir des diffusions multiples avant absorption. La diffusion est caractérisée par le coefficient de diffusion  $\mu_s$  et par le coefficient d'anisotropie (angle moyen de diffusion).

## 4. L'absorption

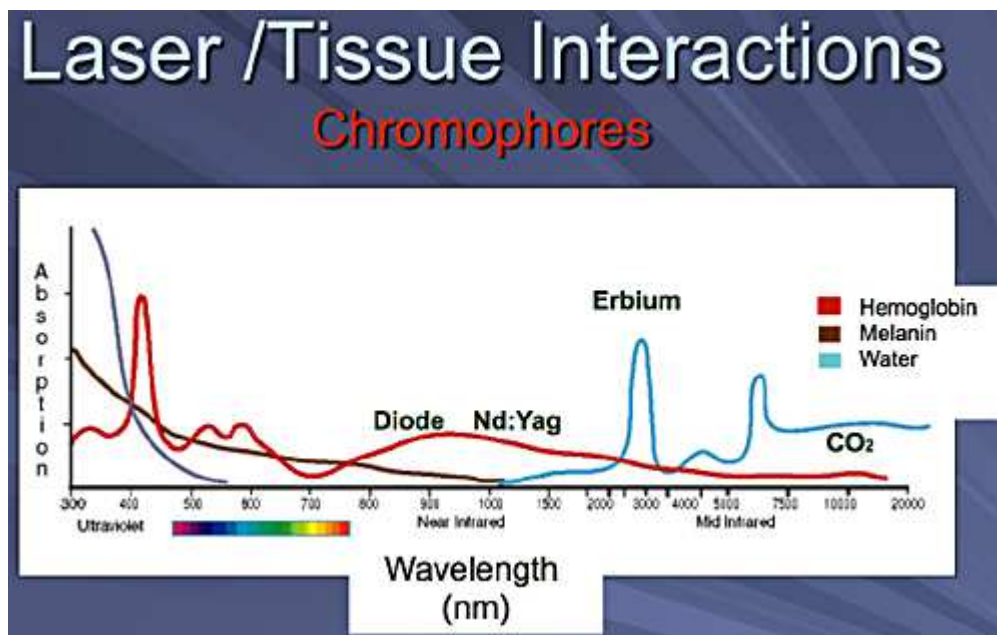
L'absorption est caractéristique d'un milieu. Elle se caractérise par  $\mu_a$ , le coefficient d'absorption. Pour chaque milieu, le coefficient  $\mu_a$  est fonction de la longueur d'onde.

Plus le coefficient d'absorption est grand, plus vite le rayonnement sera absorbé et converti en chaleur par les tissus et donc moins la profondeur de pénétration sera grande

## 5. La profondeur de pénétration dans la peau

### a. Notion de chromophore

Un chromophore est un composant biologique spécifique qui va capter préférentiellement une couleur de lumière et donc une longueur d'onde d'un laser. En captant de manière sélective le rayon laser, le chromophore subit des réactions localisées alors que les tissus biologiques environnant sans chromophores restent relativement intacts. Pour faire une comparaison, on pourrait comparer le chromophore à de l'acier et le laser à un aimant. La lumière est attirée spécifiquement vers le chromophore comme l'acier l'est vis à vis de l'aimant. [6]



**Figure13 : spectre d'absorption des différents chromophores de la peau**

## b. La profondeur de pénétration dans la peau varie en fonction de plusieurs paramètres

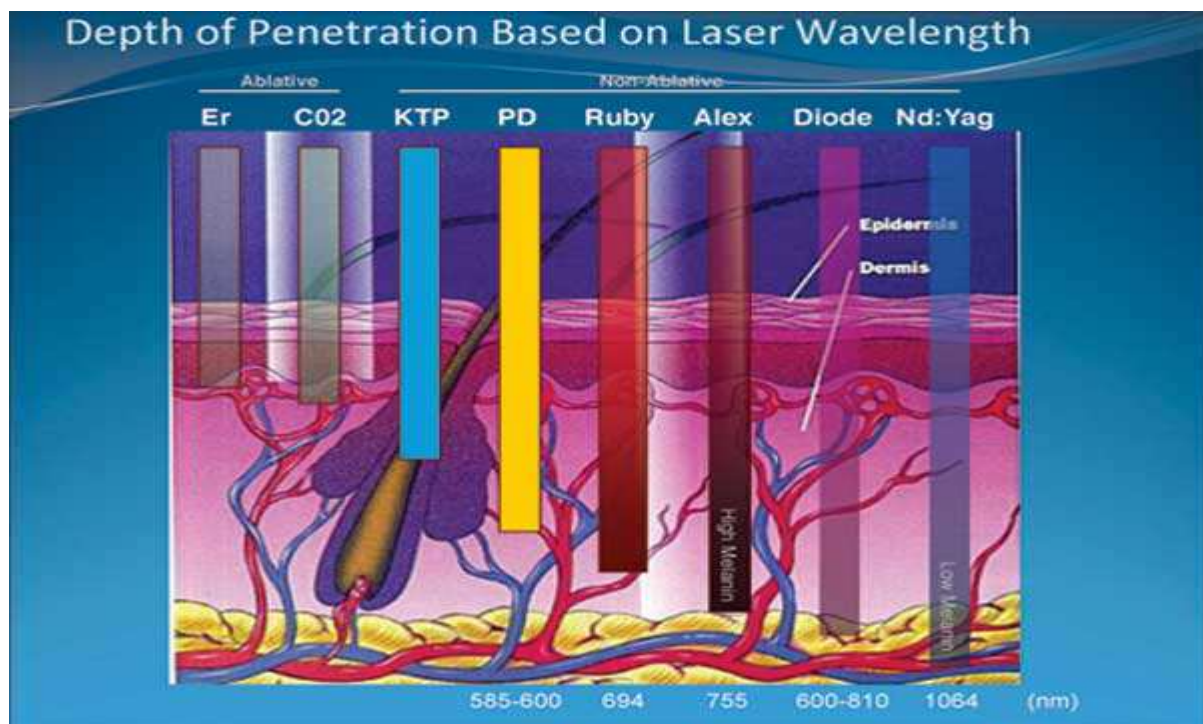
- **La longueur d'onde** : les lasers non ablatifs ont tendance à pénétrer plus profondément quand la longueur d'onde est plus importante. Aussi les lasers infrarouges pénètrent plus profondément que les lasers du domaine du visible.

Cette propriété n'est plus valable pour les lasers ablatifs à cause de leur affinité pour l'eau, présente dès les premières couches de la peau. Les lasers CO2 ou erbium sont donc peu pénétrants

- **La taille du spot** : la taille du spot laser joue une importance dans la répartition de l'énergie et dans la profondeur de pénétration.

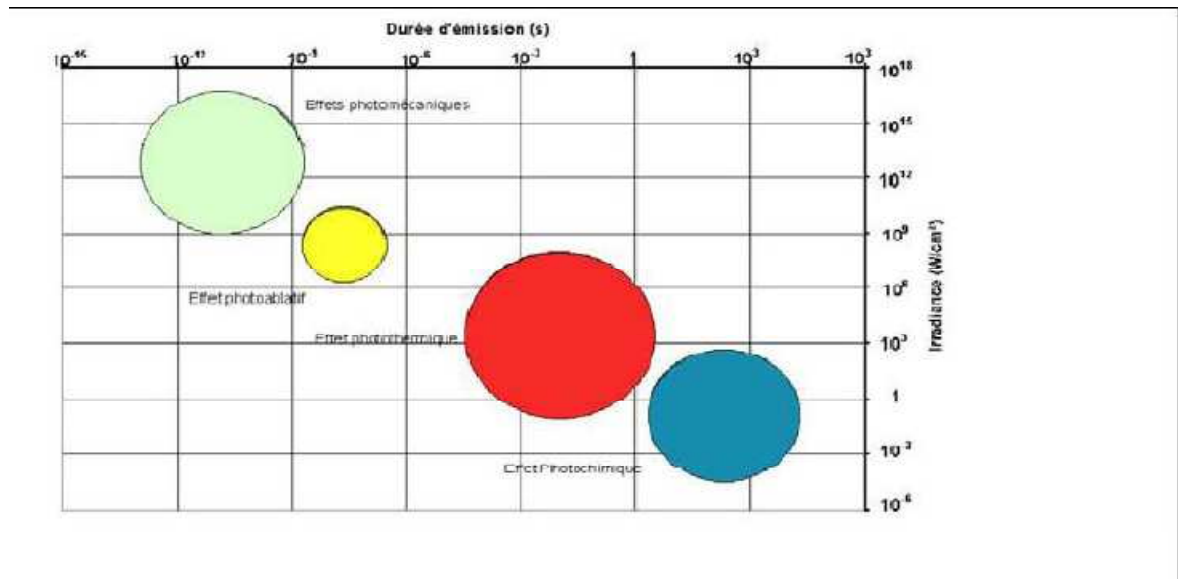
Pour une même longueur d'onde, les spots plus larges pénètrent plus profondément que les spots plus étroits.

- **La durée du pulse** : En allongeant la durée du pulse laser, la diffusion de chaleur sera plus importante avec, par conséquent, une pénétration en profondeur et en latéral augmentées. [6]



**Figure 14 : La profondeur de pénétration des différents lasers dans la peau**

## B. Effets de la lumière laser sur les tissus (8)



**Figure 15: Répartition des effets produits par les lasers sur le tissu biologique en fonction de la durée d'émission et d'irradiance**

Il est possible de classer l'action des lasers selon 4 types d'effet. Cette distinction dépend du temps d'exposition et par conséquent de l'irradiance appliquée. On distingue : [6] [12]

- **l'effet photomécanique** (action disruptive)

C'est le fait de temps de pulses laser de l'ordre de la nano ou pico seconde associé à des irradiances très fortes de l'ordre de  $10^7$  à  $10^{12}$  W/cm<sup>2</sup>. La cible ou chromophore reçoit une énorme quantité d'énergie qui n'a pas le temps de diffuser. Ce confinement conduit à une violente élévation de la chaleur et de volume de la cible avec création d'un véritable traumatisme avec onde de choc. Ces propriétés sont utilisées en dermatologie pour détruire des pigments (mélanine dans la peau ou tatouages par pigments artificiels)

- **L'effet photoablatif**

cet effet est obtenu avec des impulsions de 10ns à 100ns. Dans ce cas, plus que l'irradiance, c'est le domaine spectral qui est important pour l'effet photoablatif, qui nécessite des photons très énergétiques (longueur d'onde  $< 300\text{nm}$ ). Il représente un effet situé entre l'effet mécanique et l'effet photothermique. On peut le rapprocher d'un effet photothermique maximal en ce sens que la durée d'impulsion et l'irradiance délivrée permettent une montée très rapide en température à un niveau qui déclenche une vaporisation des tissus. On utilise cette propriété en médecine pour volatiliser des lésions dermatologiques.

Les lasers CO<sub>2</sub> ou Erbium dermatologiques sont de bons exemples de lasers ablatifs.

- **L'effet thermique**

Il est obtenu avec des impulsions de 1ms à quelques secondes et des irradiances de l'ordre 10<sup>1</sup> à 10<sup>6</sup> W/cm<sup>2</sup>. Il consiste en un changement de température au sein du tissu irradié. On utilise des lasers continus ou pulsés qui entraînent une **dénaturation ou une destruction** d'un volume tissulaire. Il se produit :

- 1. une conversion de la lumière en chaleur**

- 2. un transfert de chaleur**, et la création d'un gradient de température d'où la notion de temps de relaxation thermique. Ce temps correspond à la durée nécessaire pour qu'il y ait un transfert d'énergie en dehors de la cible, permettant d'obtenir au centre de la source, une diminution de 50% de la valeur maximale atteinte. Il dépend de la cible ; c'est-à-dire de sa capacité à dissiper la chaleur et donc à se refroidir (diffusivité thermique).

La conséquence directe de ce phénomène de transfert est le refroidissement de la cible et l'élévation de la température des tissus adjacents à la cible.

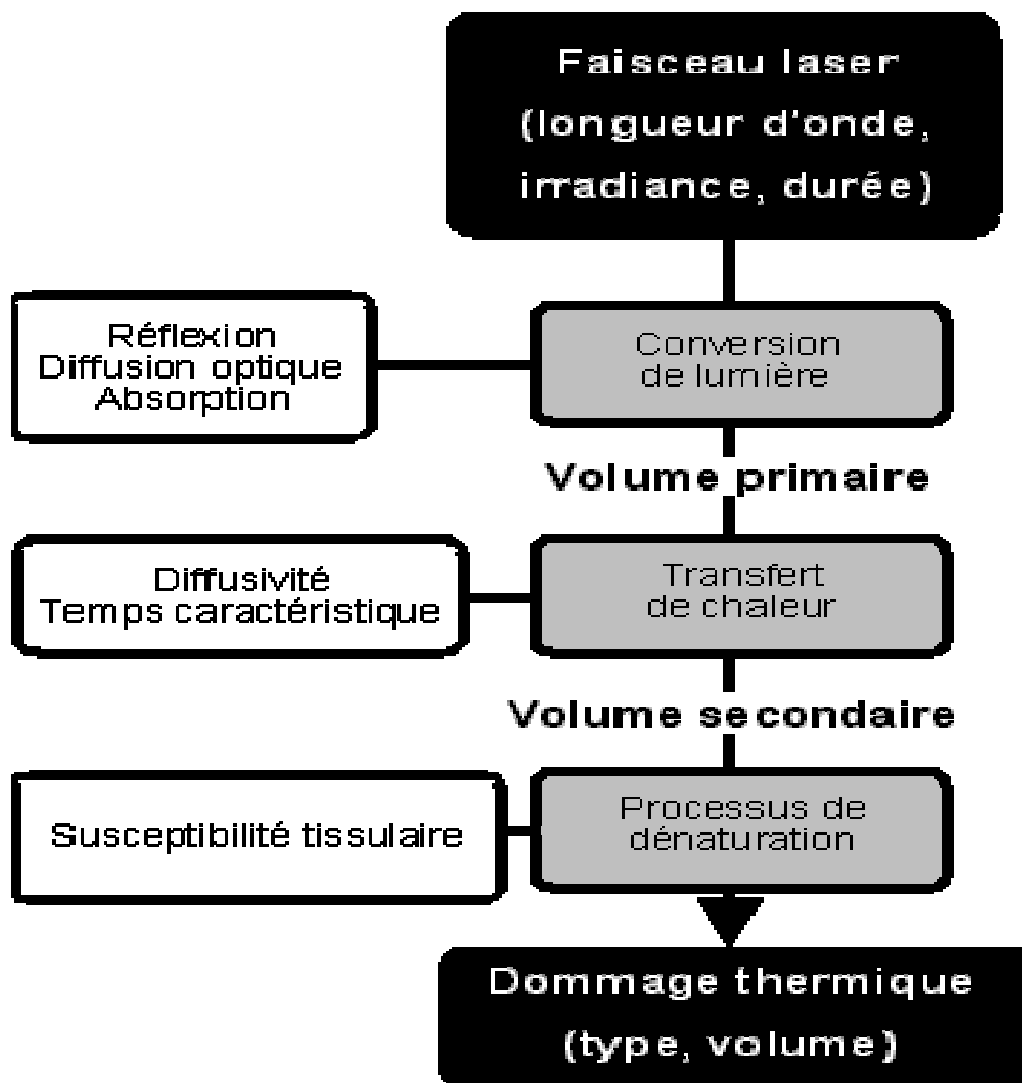
- 3. la dénaturation tissulaire**

- **Les conséquences de la connaissance du temps de relaxation thermique pour l'effet photothermique :**

- **Si la durée d'émission est plus courte que le temps de relaxation thermique** alors la chaleur générée n'a pas le temps de diffuser en dehors de la cible. Il y a

alors augmentation de la pression de la cible puis **photothermolyse** (ou action thermomécanique).

- Si la durée d'émission est égale au temps de relaxation thermique, alors la zone (surface) affectée thermiquement est égale au triple de celle de la source de chaleur entraînant le chauffage de la cible aboutissant à une **photocoagulation sélective**.
- Si la durée d'émission est plus longue que le temps de relaxation thermique, le transfert de chaleur est très important ce qui entraîne une **photo-coagulation importante**. [11]



**Figure16 : Schéma des 3 étapes de l'action thermique**

Le temps de relaxation thermique est particulier aux différents chromophores. On modulera alors ainsi l'action thérapeutique du laser.

-Pour l'utiliser à visée de détatouage : on expose pendant un temps bref, l'éclatement est très ciblé.

-Pour l'utiliser sur les poils : le temps d'exposition est long ce qui permet une action sur les cellules germinatives par la température et non pas seulement sur le pigment du poil (action de la pince à épiler).

- **l'effet photochimique**

On l'obtient en combinant une lumière laser avec un photosensibilisant, avec des durées d'illumination s'étendant de la dizaine de secondes à la dizaine de minutes avec des irradiances généralement très faibles.

L'action combinée des 2 éléments produit des réactions oxydatives aboutissant à la mort cellulaire.

**DEUXIÈME PARTIE : ASPECTS  
TECHNIQUES DU TRAITEMENT  
LASER**

## **I. LES DIFFERENTS LASERS [6]**

### **1) Les différents milieux des lasers**

#### **Cristallins (à solide, ou ioniques)**

Ces lasers utilisent des milieux solides, tels que des cristaux ou des verres comme milieu d'émission des photons. Le milieu amplificateur peut être un barreau dans le cas d'un laser Nd-YAG (donc dopé au Nd et la matrice est du YAG : un grenat d'aluminium et d'yttrium).

#### **À colorants (moléculaires)**

Dans les lasers à liquide, le milieu d'émission est un colorant organique (rhodamine par exemple) en solution liquide enfermé dans une fiole de verre. Le rayonnement émis peut aussi bien être continu que discontinu suivant le mode de pompage. Les fréquences émises peuvent être réglées à l'aide d'un prisme régulateur, ce qui rend ce type d'appareil très précis.

#### **À gaz (atomiques ou moléculaires)**

Le milieu générateur de photons est un gaz contenu dans un tube en verre ou en quartz. Le faisceau émis est particulièrement étroit et la fréquence d'émission est très peu étendue.

#### **Diode laser**

Dans une diode laser (ou laser à semi-conducteur), le pompage se fait à l'aide d'un courant électrique qui enrichit le milieu générateur en trous d'un côté et en électrons de l'autre. La lumière est produite au niveau de la jonction par la recombinaison des trous et des électrons. Souvent, ce type de laser ne présente pas de miroirs de cavité : le simple fait de cliver le semi conducteur, de fort indice optique, permet d'obtenir un coefficient de réflexion suffisant pour déclencher l'effet laser.

Néanmoins, la lumière émise est en général moins directionnelle et moins «pure» spectralement que celle d'autres types de lasers (à gaz en particulier).

## A fibre

Ce type de laser ressemble au laser solide. Ici le milieu amplificateur est une fibre optique dopée avec des ions de terres rares. La longueur d'onde obtenue dépend de l'ion choisi (Samarium 0,6  $\mu\text{m}$ ; Ytterbium 1,05  $\mu\text{m}$ ; Erbium 1,55  $\mu\text{m}$ ; Thulium 2,1  $\mu\text{m}$ ). Ces lasers ont l'avantage de coûter moins cher et de posséder un encombrement réduit.

## 2) Les différentes longueurs d'ondes en dermatologie esthétique

**Lasers excimers 308 nm** évoluant dans le proche UV, les lasers excimers sont utilisés en dermatologie dans la prise en charge des troubles de la pigmentation à type de dépigmentation (vitiligo).

**Les lasers 532nm ou KTP:** sont des lasers visibles, verts. Ils sont utilisés dans de nombreuses applications comme le traitement de la couperose, des petits vaisseaux de l'aile du nez, les cicatrices post chirurgicales, les séquelles de radiothérapie, le rajeunissement du visage, l'acné, les troubles de pigmentation .

**Les lasers à colorant (proches de 590 nm):** sont des lasers visibles plutôt jaunes. Ils sont traditionnellement utilisés en dermatologie pour traiter les lésions vasculaires superficielles, les taches de vin (angiome plan) de l'enfant et de l'adulte, l'acné, les rides et le vieillissement de la peau.

**Les lasers alexandrite (755 nm):** sont des lasers dédiés à l'épilation et au taches pigmentaire et à une moindre mesure le traitement des petites veines des membres inférieurs.

**Les lasers Diodes 810 nm:** sont des lasers à capacité dépilatoire mais aussi vasculaire, tant exo-veineux qu'endo-veineux.

**Les lasers diode 940 et 980 nm:** sont des lasers essentiellement vasculaires produits par des semi-conducteurs. Les médecins les utilisent soit en exo-veineux à travers la peau, soit en endo-veineux pour scléroser les grosses veines dont la saphène.

**Les lasers 1064 nm ou Nd-YAG:** sont des lasers solides travaillant dans le proche infrarouge. Ces lasers sont utilisés en dermatologie esthétique et en angiologie pour supprimer les petites veines des membres inférieurs et les varicosités bleutées. La longueur d'onde 1064 nm dispose, en effet, d'une affinité pour le chromophore hémoglobine. Elle dispose aussi d'une affinité faible pour la mélanine et ces lasers sont donc capables d'effectuer des épilations progressivement définitives. Cette faible affinité permet, de traiter les peaux mates ou noires avec un meilleur degré de sécurité que les lasers 755 nm. Enfin, le 1064, comme tous les lasers du proche infrarouge, est capable de chauffer les zones de collagène et provoque des phénomènes de remodelage collagénique recherché dans les soins de rajeunissement du visage, la prise en charge des cicatrices et l'acné.

**Les lasers 1320, 1450 et 1550 ou Er-Glass :** sont des lasers solides ou à diode travaillant dans le proche infrarouge. Leurs principales indications dermatologiques résident dans la prise en charge des cicatrices, du rajeunissement du visage et de l'acné (par une affinité pour l'eau des glandes sébacées). Ce sont des lasers de remodelage. Le 1320 nm est aussi parfois utilisé en traitements endo-veineux pour détruire les veines des membres inférieurs.

**Les lasers 2940 ou Erbium Yag:** sont des lasers ablatifs. Le chromophore ou cible est l'eau de la peau. Ce type de matériel provoque une photo ablation des premières couches de l'épiderme. Quelques microns sont généralement décapés à chaque passage. Ces lasers n'ont pas d'effet thermique. Depuis quelques années, les fabricants ont mis au point des Erbium fractionnés pour permettre une régénération plus rapide de la peau après une séance.

**Les lasers 10600 nm ou CO2:** sont des lasers à gaz de l'infrarouge lointain. Ils ont des propriétés ablatives plus importantes que les lasers erbium. Ils sont utilisés de plusieurs façons: pour couper des tissus à la façon d'un bistouri (ils ont en plus l'avantage de la photocoagulation), pour ôter les couches superficielles de l'épiderme (habituellement 100µm par passe) de manière contrôlée. Ces lasers sont très utilisés pour le rajeunissement du visage

et le traitement des cicatrices. Depuis quelques années, les fabricants ont sorti des versions CO2 fractionnées capables de raccourcir le temps d'éviction sociale.

**Table 1** Commonly used dermatologic lasers

Wavelength (nm)	Laser	Chromophore
308 (UV-B)	Excimer	DNA/RNA
532 (green)	KTP	Hemoglobin
	Q-switched Nd:YAG	Tattoo ink (red)
585-600 (yellow)	Pulsed dye	Hemoglobin
		Hematoporphyrins
694 (red)	Q-switched ruby	Tattoo ink (black, blue)
	Long-pulsed ruby	Melanin
755 (infrared)	Q-switched alexandrite	Tattoo ink (blue, black, green)
	Long-pulsed alexandrite	Melanin
810 (infrared)	Diode	Melanin
1064 (infrared)	Q-switched Nd:YAG	Tattoo ink
	Long pulsed Nd:YAG	Melanin
1320 (infrared)	Long pulsed Nd:YAG	Water
1450 (infrared)	Diode	Water
1540 (infrared)	Er:glass	Water
2940 (infrared)	Er:YAG	Water
10.600 (infrared)	carbon dioxide	Water

**Figure17 : Les principales lasers utilisés en dermatologie**

## II. LE MATERIEL

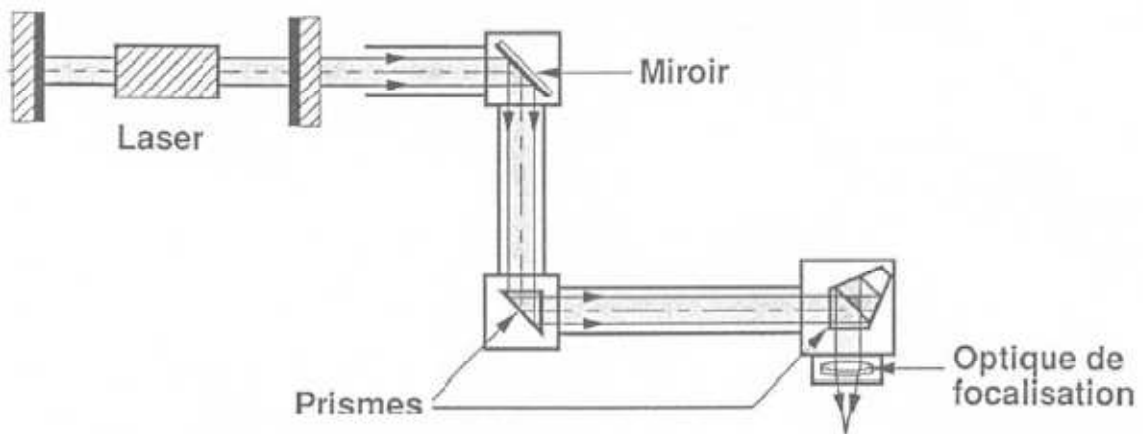
### A. Moyens de transmission du faisceau laser .

#### 1. Le bras articulé avec miroirs

Il est généralement fabriqué en fibre de carbone, couplé à un tuyau d'aspiration des fumées. Celui-ci permet la transmission du faisceau laser sans le dénaturer, c'est-à-dire sans perte de puissance en gardant un faisceau parallèle à travers les différents jeux de miroirs.

Il est utilisé pour les lasers dans l'infrarouge lointain (laser CO<sub>2</sub>) ou dans l'ultraviolet lointain comme les lasers Excimères pour lesquels la transmission par fibre optique est difficile.

Une optique permet en général la focalisation du faisceau à sa sortie.



**Figure18 : Principe du bras articulé**

Ce principe a pour avantage une perte de puissance minimale, la conservation de la cohérence du rayon et un faisceau de haute énergie. Néanmoins, ils sont parfois encombrants, difficiles à manipuler, les miroirs responsables de la transmission lumineuse peuvent se ternir ou perdre leur alignement. Ce type de matériel nécessite une maintenance importante, coûte cher à réparer et peut être difficile à remplacer. [9]

## 2. La fibre optique

La plupart des fibres optiques sont fabriquées en silice pour des longueurs d'ondes allant de 400 à 1500 nm (230 à 1500 nm pour les UV ; 400 à 2200 nm pour les IR). Elles sont surtout utilisées à la base pour les utilisations autres que médicales car la silice est toxique et cassante. Elles sont composées d'un cœur qui conduit le faisceau, d'une gaine réfléchissante qui entoure directement le cœur et d'un revêtement mécanique qui protège la fibre .

Ce système utilise la réflexion et la réfraction entre deux milieux (le cœur et la gaine).

Il faut se rapprocher de l'angle de réflexion totale pour éviter les pertes. Cependant à la sortie de la fibre, le faisceau a perdu de sa cohérence et la lumière est très divergente. Il faut donc un autre système optique en sortie pour refocaliser le faisceau. [9]

Ces fibres optiques sont utilisées pour des longueurs d'onde qui se situent dans le proche ultraviolet, le visible et le proche infrarouge comme c'est le cas des lasers diode, Nd:YAG, Argon ou Holmium.

Le faisceau lumineux en sortie de fibre est fortement divergent, il est donc préférable de l'utiliser en mode contact ou sans contact mais proche de sa cible pour éviter les pertes de chaleur.

Ils offrent l'avantage d'être plus flexibles, plus maniables. Ce sont aussi les moyens de transmission les moins chers (parfois usage unique en humaine) et peuvent être facilement remplaçables. Cependant, ils sont fragiles, cassantes et le mode de transmission entraîne des pertes de puissances qui peuvent être compensées en jouant sur la puissance émise.



**Figure 19 :Divergence du faisceau laser en sortie de fibre optique**

### 3. Le guide-ondes creux

Ce sont des tubes rigides ou souples qui permettent de transmettre la lumière par réflexion à l'intérieur de leur surface réfléchissante. On distingue :

- **les tubes en alumine creux, rigides**, ont la propriété de "guider" la lumière laser sur plusieurs dizaines de cm avec très peu de pertes. Leur diamètre extérieur varie de 2 à 5 mm environ. Ils sont bien adaptés à l'utilisation des lasers CO<sub>2</sub> en endoscopie (coelioscopie, arthroscopie, ...).
- **les tubes creux souples** dont l'intérieur est revêtu d'un dépôt **de vapeurs métalliques** réfléchissant la lumière du laser CO<sub>2</sub>, sans avoir la souplesse d'une fibre optique en silice.

Ces guide-ondes sont considérés comme des technologies de pointe, très efficaces en plus d'être souples, maniables (plus que les fibres optiques). Ils sont de plus facilement remplaçables et interchangeables. Par contre, ils entraînent une perte de puissance qu'il est possible de compenser en jouant sur la puissance. [9]

### 4. Le tir direct

C'est le cas lorsque la tête laser est suffisamment miniaturisée pour être dans la main de l'utilisateur. C'est le cas de certains lasers CO<sub>2</sub>. [9]

## B. Accessoires :

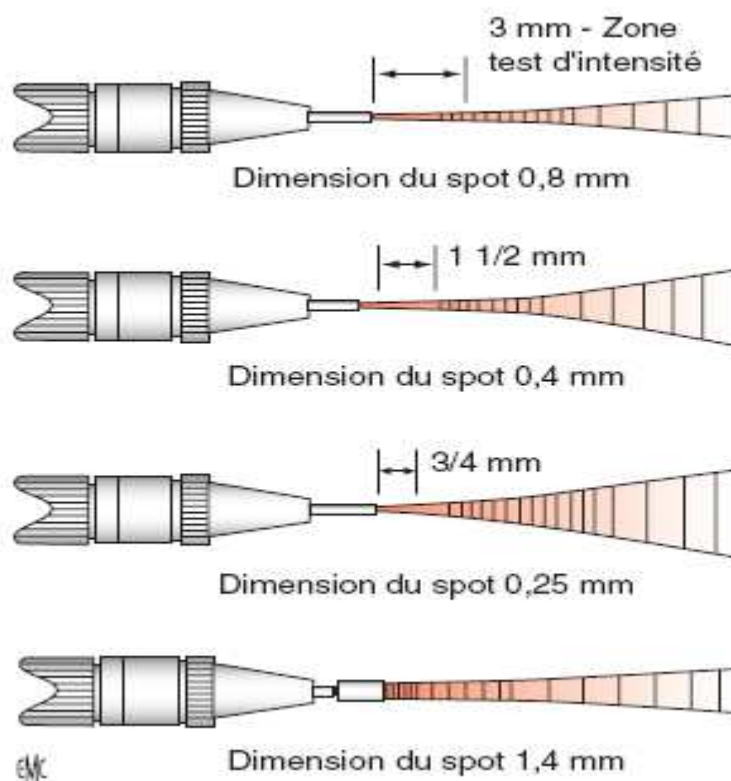
### 1-Pièces à main :

Les pièces à main permettent la focalisation du faisceau et sont conçues pour faciliter le geste du praticien. Elles doivent être adaptées à chaque laser et à chaque type de transmission.

Ces pièces à main diffèrent essentiellement par la distance focale  $F$  de leur lentille qui permet de déterminer l'angle de focalisation et le diamètre de l'impact au point focal.

Ainsi pour une focale de 100 mm, le diamètre minimal à cette distance focale est de 0,2 mm. En conséquence, le choix d'une pièce à main de focale plus courte permettra d'obtenir un impact de plus petit diamètre. Afin de travailler à la distance focale, les pièces à main sont

généralement équipées d'un doigt de positionnement qui détermine très exactement la distance idéale pièce à main-tissu. [13]

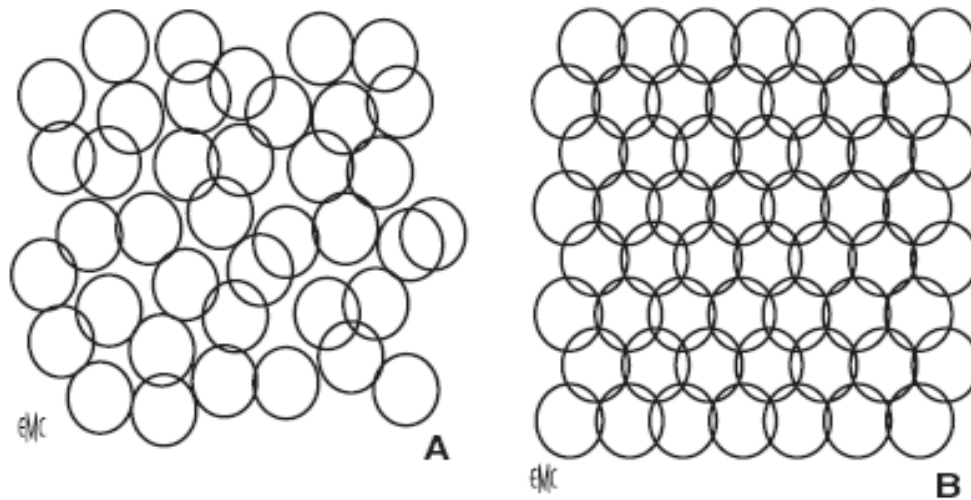


**Figure20 : En fonction du système optique utilisé, il est possible de modifier la taille du faisceau laser.**

## **2-Scanners :**

Le scanner est un anglicisme désignant un appareil assurant le déplacement automatique et programmable d'un faisceau laser. Développées à l'origine pour le traitement des angiodysplasies cutanées, les pièces à main automatisées sont proposées aujourd'hui sur la plupart des lasers utilisés pour le relissage et depuis peu sur ceux utilisés pour l'épilation. Un scanner doit assurer plusieurs fonctions : en premier lieu, le déplacement doit être reproductible pour que le recouvrement de la zone à traiter soit homogène. Ensuite, quand le spot laser est fixe (faisceau laser collimaté ou distance maintenue constante) et par conséquent

l'irradiance ( $W/cm^2$ ) connue, il est possible d'appliquer une dose de lumière (fluence en  $J/cm^2$ ) constante et reproductible en contrôlant le temps d'exposition. Ces deux fonctions autorisent alors un traitement plus rapide et plus fiable de surfaces élémentaires variées selon le type de scanner: carré, hexagone, rectangle, ligne, triangle, etc . Les spots peuvent être jointifs ou superposés, et leur espacement variable à l'intérieur d'un motif géométrique détermine la densité de recouvrement . [13]



**Figure 7.**  
**A.** Recouvrement manuel.  
**B.** Recouvrement avec un scanner.

### **Figure 21 : Les types de recouvrement**

## **C-Dispositifs de refroidissement :**

Des dispositifs de refroidissement sont proposés sur de nombreux lasers à usage dermatologique. Le refroidissement de l'épiderme et du derme superficiel, avant ou pendant le traitement laser, est utilisé afin de renforcer l'action du laser. Premièrement, le refroidissement diminue la température obtenue au niveau de la mélanine contenue dans le derme, réduisant les risques de dyschromie. Deuxièmement, ce refroidissement permet d'avoir recours à une énergie plus importante, pouvant par conséquent être plus efficace au niveau d'un vaisseau ou d'un poil. Enfin, le refroidissement contribue à réduire la douleur, et apporte donc un confort pour le patient et pour l'opérateur. Certains de ces systèmes peuvent aussi améliorer le couplage optique et donc contribuer à une meilleure efficacité du laser.

Le principe le plus simple consiste à poser un cube de glace quelques secondes sur la peau avant le traitement. Un gel refroidi peut être aussi utilisé. Les systèmes plus sophistiqués font souvent appel à un dispositif optique dans lequel circule un liquide de refroidissement. Ces systèmes sont maintenus au contact avec le tissu pendant le traitement laser. Dans ce cas, le faisceau traverse la fenêtre optique. La température du liquide est généralement de l'ordre de 3 à 4 °C. Une autre technologie consiste à envoyer un spray de gaz cryogénique. Ce gaz est le plus souvent du chlorodifluorométhane ou du tétrafluoroéthane. La durée du spray (de l'ordre de 30 à 50 ms) et le délai entre l'émission du spray et le début du tir laser sont des paramètres importants car la température de ces sprays est très basse (de - 40 °C à - 26 °C). Avec un choix judicieux, il est possible d'obtenir de manière très reproductible une température à la surface de la peau de l'ordre de 2°C. Certaines sociétés font appel à un dispositif thermoélectrique qui génère du froid par l'application d'un courant électrique. Enfin, il est aussi possible de souffler de l'air refroidi directement sur la peau, au moyen d'un « climatiseur » modifié [13]

### **III. LE LASER ET LA SECURITE**

#### **A. Considérations générales**

Les lasers sont des outils puissants et dangereux et doivent être utilisés avec précautions et respect. Une mauvaise utilisation pourra entraîner des blessures sévères. Pour un praticien entraîné, le laser ne sera pas plus nocif qu'une lame de bistouri. Il y a pour cela des normes à respecter et une démarche sécurité à suivre.

Quelques grandes consignes à suivre :

- Vérifier le système avant chaque utilisation avec si possible une « Check-List » pour ne rien omettre,
- un technicien laser, qui sera chargé de la sécurité et de l'entretien du laser au quotidien,
- Le praticien et son équipe doivent être conscients des risques encourus pour eux ainsi que pour les patients.

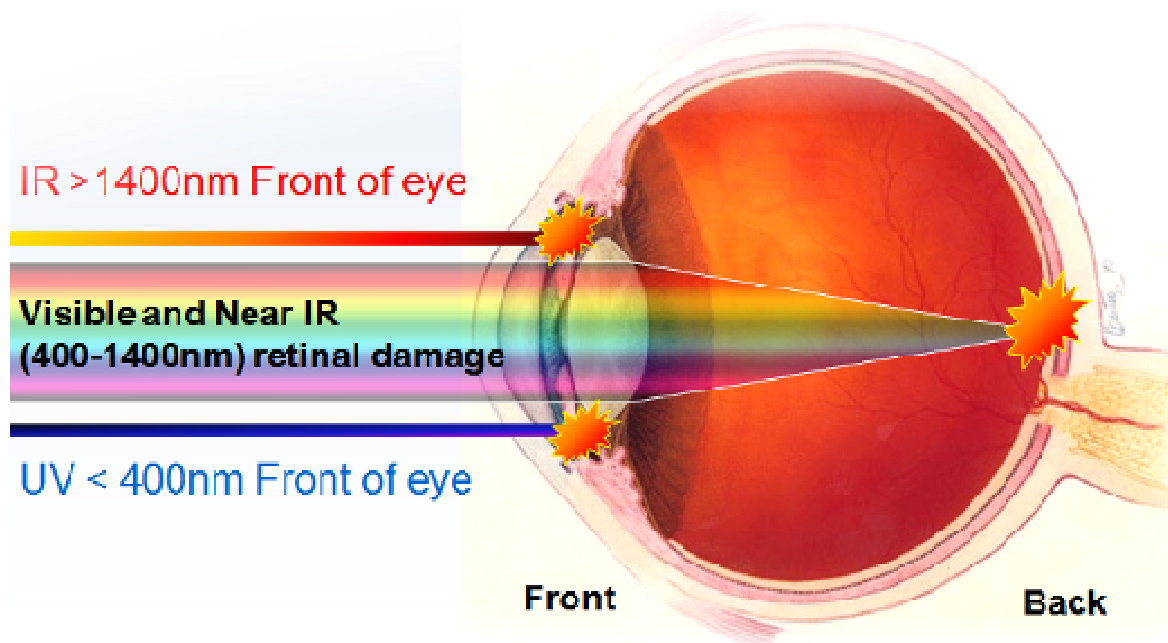
#### **B. Les dangers liés au laser**

##### **1. Les risques optiques**

###### **a. Les risques pour les yeux**

Un passage accidentel ou intentionnel du rayon laser sur l'œil, que ce soit un rayon direct ou réfléchi peut créer des dommages sur la cornée, la conjonctive, l'iris, le cristallin ou la rétine. Ces dommages peuvent aller d'une simple brûlure conjonctivale à des troubles de la vision et jusqu'à une perte de vision définitive.

Les rayons dont la longueur d'onde est comprise entre 400 et 1400 nm sont ceux qui ont les effets les plus néfastes car ils abîment directement la rétine. De plus, la cornée et le cristallin, avec leurs propriétés convergentes multiplient la puissance du rayon lumineux par un facteur de 5. Les lasers puissants tels les lasers CO<sub>2</sub> (longueur d'onde dans l'infrarouge) entraînent surtout des brûlures et des opacifications cornéennes.



**Figure22 : Effets néfastes des lasers sur les structures oculaires en fonction de leur longueur d'onde**

Une exposition chronique peut entraîner une cataracte ou des déformations cornéennes, de l'iris et du cristallin ainsi que des brûlures rétiniennes.

Une bonne connaissance physique des caractéristiques de la lumière et de ses effets néfastes pour les yeux, dans le visible comme dans le domaine de l'invisible est nécessaire pour prévenir au maximum des mauvaises expositions.

[7]

laser	service	Longueur d'onde du faisceau	Troubles cutanés	Troubles oculaires
excimères	ophtalmo	UV-C 193 nm	érythèmes	Conjonctivite kératite
Yag	ophtalmo	IRA 1064 nm	brûlures	Rétine + + + cristallin-iris
Argon krypton	dermato	Visible 488 / 647 nm	brûlures	Rétine + + + cristallin-iris
CO <sub>2</sub>	Blas gynécolog...	IRC 10600 nm	brûlures	kératite
KTP	ORL	Visible 532 nm	brûlures	Rétine + + + cristallin-iris

**Figure23 :Effets néfastes cutanés et oculaires des lasers en fonction de leur longueur d'onde**

Afin d'éviter ces complications oculaires, il faudrait respecter certaines mesures de prévention

- Eviter l'exposition directe, surtout pour le patient, en protégeant les yeux avec des compresses mouillées,

- Eviter les rayons réfléchis et toute surface réfléchissante dans la salle de traitement laser.

- Porter des lunettes de sécurité, prévues à cet effet, munies de protections latérales. Ces lunettes dépendent de la longueur d'onde du laser. Certaines lunettes protègent de plusieurs longueurs d'onde si différents lasers sont utilisés. Les lunettes de vue ainsi que les lentilles de contact sont évidemment insuffisantes, bien qu'elles puissent suffire pour certains lasers (CO2 par exemple).

Il faut cependant faire attention aux erreurs avec les protections:

1. lors de l'utilisation de plusieurs lasers, oubli de changement de lunettes
2. Lunettes rayées perdant leur efficacité
3. Lunettes non complètement couvrante (risque de passage)
4. Patients qui retirent leurs lunettes pendant le soin
5. Contrôle visuel d'une optique mettant le faisceau en direct dans l'axe de la vision

## **b. Les risques pour la peau**

L'irradiation cutanée peut entraîner des brûlures sévères quand des lasers puissants sont utilisés. Une exposition plus longue à des lasers de faible ou moyenne puissance entraîne des lésions comparables à des coups de soleil et des réactions érythémateuses. Les rayons, qu'ils soient ultraviolets ou infrarouges ont des effets néfastes pour la peau.

## Les causes de brûlures laser

Provenant de la machine / lasériste	Mauvais réglages de paramètres Erreur du le phototype Stacking des impacts (empilement) Panne ou inactivation du refroidissement Dérive dans l'étalonnage machine (non entretien) Optique de calibration sale trompant la calibration Réglage du froid trop fort sur certains phototypes foncé Echauffement anormalement important de la pièce à main touchant la peau Crayon de tracé agissant en chromophore (crayon noir par exemple)
Provenant du patient	Bronzage / UV / Autobronzant Cosmétique / Fond de teint Tatouage / Maquillage permanent Inclusion cutanée de poudre / matériel inflammable Médicament photo-sensibilisant Maladie photo-sensibilisante Poil trop long

**Figure24 : les causes de brulures laser** [6]

## 2. Les risques non optiques [7]

### **a. Le risque d'incendie**

Les lasers puissants, en particulier ceux qui émettent dans l'infrarouge (CO<sub>2</sub>, diode, Nd : YAG) peuvent produire rapidement une combustion des tissus biologiques, des compresses, champs et textiles chirurgicaux ou des gaz anesthésiques et biologiques.

Mesure de prévention :

- Utiliser des compresses mouillées au maximum,

- Eviter l'échappement des gaz anesthésiques. L'oxygène est un gaz très inflammable.
- Préférer les champs en tissu. Eviter le matériel en plastique ou en papier,
- Eviter de travailler en présence de gaz biologiques (méthane).
- Eviter l'alcool pour l'asepsie. Préférer la Chlorhexidine,
- Un extincteur doit être présent dans le bloc opératoire.

### **b. Le risque électrique**

Certains lasers utilisent des sources de courants importantes qui peuvent devenir dangereuses pour le personnel. Seuls les professionnels qualifiés doivent entretenir ou réparer un matériel défectueux. Il ne faut jamais bricoler ou ouvrir un laser, même hors tension. En effet, il peut encore contenir des résidus électriques qui peuvent se décharger au contact. On rappelle que des courants de 110V ou 220V peuvent représenter une menace mortelle pour l'homme. Il est également interdit d'utiliser le laser dans un environnement humide.

### **c. Le risque chimique**

Un danger chimique peut apparaître lorsque la lumière laser interagit avec les solvants organiques : éther, alcool, produits iodés... Les liquides et les gaz de refroidissement du laser peuvent aussi être directement dangereux. Certains déchets produits lors de l'émission de la lumière laser peuvent être toxiques, c'est le cas notamment des lasers Excimères. Les vapeurs des produits utilisés pour la désinfection sont aussi néfastes pour la santé : vapeur d'éthanol, vapeur de substances iodées. Ces vapeurs, comme l'oxygène sont rapidement combustibles.

Mesures de prévention :

- Le site doit être rincé avec du Chlorure de Sodium (NaCl à 0,9%),
- Préférer la Chlorhexidine aux dérivés iodés pour l'asepsie du site (vapeurs iodées très toxiques),
- Utiliser une aspiration.

## **d. Le risque biologique**

Ce risque est lié à la fumée produite par la vaporisation des tissus par la lumière laser.

Cette fumée est produite en grande quantité et peut être irritante voire blessante pour les muqueuses et pour le tractus respiratoire. Les gaz et les particules évaporées peuvent être toxiques car bien que les températures soient très élevées, du matériel organique viable peut se retrouver dans les vapeurs. Ce matériel peut être viral, bactérien ou fongique et certaines substances ont des effets carcinogènes : benzène, formaldéhyde, phénol, toluène ...

Les risques sont d'ordre infectieux, allergique et néoplasique. Ils peuvent entraîner à moyen et long terme des pathologies respiratoires.

Mesure de prévention :

- Utiliser une aspiration efficace dès la mise en route du laser. L'aspiration est indispensable pour éviter les inhalations de fumées
- Utilisation de masques à haute filtration de particules.

## **C. Les mesures de sécurité**

### **1. Classification des lasers et dangerosité**

L'évaluation des risques présentés par les appareils lasers repose sur leur classification déterminée essentiellement en fonction de leur puissance et de leur longueur d'onde, le laser Ultraviolet étant bien plus dangereux que le laser visible. Les classes ont été déterminées en fonction des lésions que peut provoquer un laser. [8 ,14]

#### **Classe 1**

Lasers sans danger, à condition de les utiliser dans leurs conditions raisonnables prévisibles (exemples : imprimantes, lecteurs de CD-ROM et lecteurs de DVD).

#### **Classe 1M**

Lasers dont la vision directe dans le faisceau, notamment à l'aide d'instrument optiques, peut être dangereuse.

#### **Classe 2**

Lasers qui émettent un rayonnement visible dans la gamme de longueur de 400 à 700nm. La protection de l'œil est normalement assurée par les réflexes de défense comprenant le réflexe palpébral, clignement de la paupière (par exemple, des lecteurs de code-barres).

### **Classe 2M**

Lasers qui émettent un rayonnement visible dans la gamme de longueur de 400 à 700nm. Lasers dont la vision directe dans le faisceau, notamment à l'aide d'instrument optiques, peut être dangereuse (exemples : loupes et télescopes).

### **Classe 3A**

Lasers dont l'exposition directe dépasse l'EMP (Exposition Maximal Permise) pour l'œil, mais dont le niveau d'émission est limité à cinq fois la LEA (Limite d'Emission Accessible) des classes 1 et 2.

### **Classe 3B**

Laser dont la vision directe du faisceau est toujours dangereuse. La vision de réflexions diffuses est normalement sans danger.

### **Classe 4**

Lasers qui sont aussi capables de produire des réflexions diffuses dangereuses. Ils peuvent causer des dommages sur la peau et peuvent également constituer un danger d'incendie. Leur utilisation requiert des précautions extrêmes.

L'EMP (Exposition Maximal Permise) correspond aux doses maximales de rayonnement auxquelles on peut être exposé sans dommage immédiat ou à long terme.

L'EMP dépend de la longueur d'onde, de l'exposition énergétique, du temps d'exposition et de la zone exposée (peau ou œil)

## **2. La distance nominale de risque oculaire**

La distance nominale de risque oculaire ou DNRO correspond à la distance par rapport à la source de lumière où l'EMP est dépassée. La connaissance de la DNRO permet de définir dans une pièce la zone de danger.

### **3. Prévention des incidents**

La prévention des accidents pouvant survenir pendant un traitement laser se situe à plusieurs niveaux :

- la protection intégrée,
- la protection collective,
- la protection individuelle.

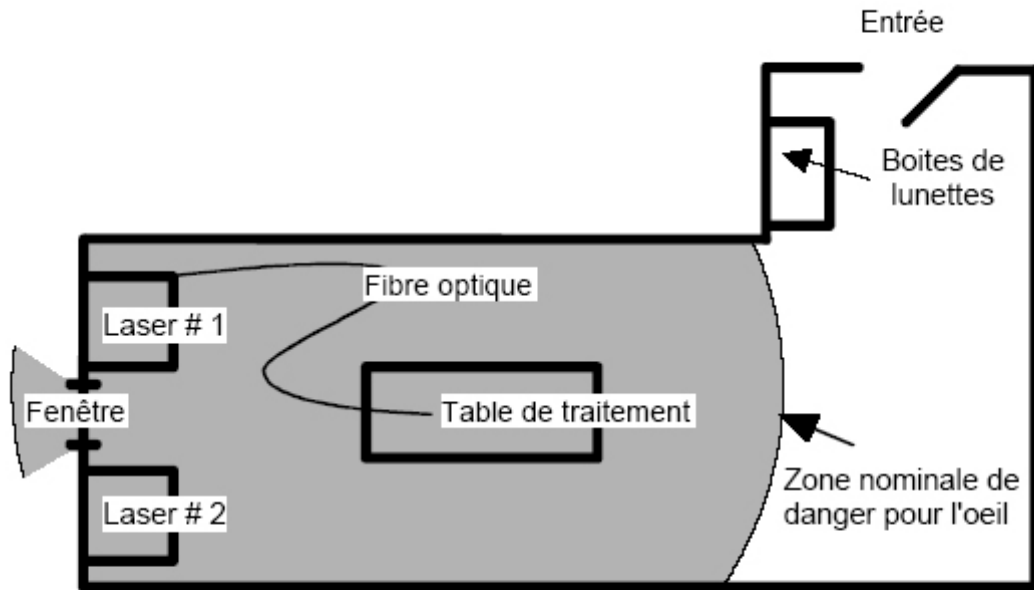
#### **a. La protection intégrée**

Elle concerne le laser lui-même. Les essais techniques ont pour objet de vérifier la conformité du laser aux normes en vigueur. Un laser homologué ou marqué CE peut donc être considéré comme non dangereux, sauf faute délibérée lors de son utilisation. Il conviendra cependant de rester prudent. Il faut bien suivre le mode d'emploi préconisé par le constructeur et prendre connaissance de ses conseils pour la maintenance du laser, seul moyen d'assurer la pérennité de la non dangerosité de l'appareil.

#### **b. La protection collective**

Elle est assurée par l'agencement de la salle et l'organisation du travail pendant les traitements. Voici quelques recommandations :

- L'utilisation potentielle d'un laser doit être signalée sur la porte d'entrée de la salle à l'aide de l'affiche portant le logo international des lasers. Il est habituel de prévoir une lumière rouge à l'entrée de la pièce quand le laser est utilisé.
- Lorsque l'on utilise un laser émettant dans le proche ultraviolet, le visible ou le proche infrarouge, les fenêtres situées dans la DNRO doivent être soit opaques soit diffusantes. Cette DNRO n'étant pas toujours facile à calculer et variant en fonction des réglages du laser, il est recommandé d'étendre ces mesures à toutes les fenêtres de la pièce.
- L'agencement de la salle et le choix de l'emplacement du laser doivent permettre d'éviter que la porte d'entrée soit située dans la DNRO. Ceci peut-être obtenu avec une pièce en forme de « L ». Il est ainsi possible de mettre les boîtes à lunettes de protection à l'entrée de la salle de traitement.



La zone nominale de danger pour l'oeil est ombrée.

**Figure25 : Schéma d'une salle de traitement en « L » [8]**

-Lorsqu'on volatilise des tissus par laser, il faut utiliser un aspirateur de fumée spécial laser qui aspire la fumée au niveau de son émission. Comme il est difficile d'aspirer la totalité des fumées, il faut en outre prévoir une ventilation de la pièce.

### **c. La protection individuelle**

Elle vise essentiellement à protéger tous les individus (malades et personnel soignant) contre les risques optiques et les fumées tissulaires qui n'auraient pas été complètement éliminées par l'aspirateur de fumées.

Lors de volatilisation de tissus, on recommande le port de lunettes, masques chirurgicaux et gants.

En cas d'accident, il est nécessaire de consulter un ophtalmologiste.

## **D. Les textes de référence**

Les incidents potentiels en rapport avec la conception des lasers sont pris en compte au niveau des normes de conception dont le respect par le constructeur est vérifié lors de la procédure de marquage CE, indispensable à la mise sur le marché dans la communauté Européenne. On peut donc estimer qu'un laser neuf n'est pas dangereux lorsqu'il est livré.

Ceci ne veut pas dire qu'il ne sera jamais dangereux quand il va vieillir et il se pose le problème de la maintenance. La fréquence de cette maintenance préventive n'est pas précisée dans les normes mais on peut estimer qu'une visite annuelle s'impose afin de vérifier le laser et ses accessoires.

La connaissance des incidents potentiels en rapport avec l'utilisation et les mesures de sécurité à mettre en place passe par l'étude des textes traitant de l'utilisation des lasers en milieu médical. La norme NF EN 60 825.1-« Sécurité du rayonnement des appareils laser – classification du matériel, prescriptions et guide de l'utilisation » (juillet 94) et son amendement en 2000 sont les seuls textes ayant la valeur de normes concernant l'utilisation des lasers mais ils traitent de l'utilisation des lasers en général sans préciser les aspects particuliers à la médecine.

Il existe un texte de la Commission Electrotechnique Internationale, le IEC TR 60 825.8-« Sécurité des rayonnements optiques et des matériels à laser - lignes directrices pour la sécurité d'utilisation des appareils à laser médicaux » mais ce texte est purement informatif et ne doit pas être considéré comme une norme.

Enfin, il existe une norme aux Etats-Unis traitant spécifiquement le problème médical : l'ANSI Z136.3-1996 « American national standard for safe use of lasers in health care facilities ». Ce texte n'a bien sûr pas de valeur légale au Maroc, mais il peut, tout comme les précédents, être une base de réflexion lorsque l'on souhaite aborder les problèmes de sécurité.

On peut également trouver des informations sur des sites Web comme celui de l'American Society for Medicine and Surgery [<http://www.aslms.org/>] ou du Laboratoire des Lasers Médicaux [<http://www.univ-lille2.f/lasers/>]

Il faut également rappeler que le code du travail (Article L.230) fait obligation à l'employeur d'évaluer les risques pour la santé et la sécurité des travailleurs et de mettre en œuvre les actions de prévention et les méthodes de travail adaptées.

**TROISIÈME PARTIE :**  
**APPLICATIONS CLINIQUES DES**  
**LASERS**

## I. COMPLICATIONS LIEES A L'UTILISATION DES LASERS

Selon les indications, la localisation et l'expérience de l'opérateur, l'efficacité de la technique peut être très importante (épilation laser, couperose, détatouage...), ou significative mais incertaine ou incomplète (angiomes plans, taches de naissance, cicatrices...), ou enfin plus modeste (traitement du relâchement).

Des effets secondaires transitoires et modérés mais gênants peuvent survenir en relation avec l'efficacité même de la technique. Les patients doivent en être parfaitement avertis.

-**L'œdème**, lié à la vasodilatation induite par l'effet thermique du laser, se résout spontanément en 2-3 jours. Le recours à une corticothérapie orale de quelques jours reste exceptionnel.

-**L'érythème** en rapport avec la vasodilatation induite par l'effet thermique du laser, se résout spontanément également en moins de 5 jours. Il peut être amélioré par LED (Light-Emitting Diode). En cas d'érythème persistant, IPL (intense pulsed light) ou laser à colorant pulsé peuvent être discutés.

-La survenue d'un **purpura** (lésion hémorragique cutanée superficielle) est liée à certains modes de fonctionnement du laser. Il est souvent inévitable en cas de traitement des vaisseaux fins, de rougeurs diffuses et d'angiomes plans de l'enfant, mais disparaît spontanément en une quinzaine de jours.

-**L'hyperpigmentation** souvent causée par une exposition solaire après traitement, peut être spontanée chez les phototypes foncés. La résolution survient spontanément en quelques semaines. La protection solaire est incontournable et des crèmes dépigmentantes peuvent être utilisées si nécessaire.

-A l'opposé, une **hypopigmentation** peut survenir en cas de mauvaise évaluation de la couleur de la peau principalement liée au bronzage, de refroidissement excessif ou d'abrasion trop profonde (en cas de laser ablatif). Parfois irréversible, son traitement repose sur une exposition solaire progressive, des UV éventuellement associés aux lasers fractionnés.

-**Une épidermabrasion** et des bulles peuvent s'observer en cas de mauvaise évaluation de la couleur de la peau (bronzage...) ou d'utilisation d'une énergie trop importante. Equivalentes à une brûlure du 2e degré superficiel, leur traitement repose sur des soins locaux et une protection solaire.

-**Les cicatrices** dues à un mauvais paramétrage de l'appareil ou une panne du laser sont exceptionnelles et doivent être traitées au cas par cas.

-**Les hyperpilosités paradoxales** s'observent lors d'épilation laser du visage en raison d'une stimulation du duvet dormant. Elles sont plus fréquentes sur certaines zones du visage, chez les patients à peau foncée et/ou ayant des problèmes hormonaux. Il est indispensable de bien expliquer au patient ce risque souvent imprévisible avant de débiter l'épilation et de ne pas épiler les duvets. L'épilation doit être poursuivie en changeant éventuellement de laser ou en ayant recours à l'épilation électrique. Crème contre la pousse du poil et traitement anti-androgénique sont parfois nécessaires en complément.

➤ **La formation du médecin et l'information du patient sont les meilleurs outils de prévention :**

Une formation de qualité du médecin reste primordiale. Seuls les dermatologues disposent d'un enseignement théorique et pratique du laser, qui peut être perfectionnée par des diplômes interuniversitaires complémentaires. L'expérience de la technique, la formation continue et surtout le compagnonnage permettent de parfaire et d'entretenir ces acquis essentiels à la qualité et la sécurité des pratiques. Une information complète des patients à propos de l'effet réel du traitement et ses suites, des mesures préventives à prendre avant et après les séances, et de l'illégalité et des risques engendrés par la procédure laser réalisée par des professions non médicales, est indispensable pour éviter toute déception et tout désagrément liés aux techniques. [15]

## **II. CONTRE-INDICATIONS GENERALES DES LASERS**

Il existe plusieurs contre-indications aux traitements lasers et c'est la raison pour laquelle il est très important de s'adresser à un médecin qui a les compétences requises pour utiliser ces appareils et obtenir ainsi une bonne évaluation avant de subir un traitement : [6]

### **1. Les capacités du patient à respecter les consignes**

Le médecin doit savoir limiter les risques et donc refuser de traiter s'il a un doute quant à la bonne observance des consignes par les patients.

### **2. Les attentes irréalistes du patient en esthétique :**

Les demandes de chaque sujet sont singulières, fonction de ses propres représentations psychiques et de son histoire de vie, Ces demandes sont le plus souvent raisonnables, mais parfois apparaissent irréalistes, d'où l'intérêt d'une consultation approfondie ou il faut informer le patient de façon complète et précise, lui annoncer les risques et les suites interventionnelles sans les accentuer ni les minimiser, s'assurer de sa bonne compréhension et lui laisser le temps de la réflexion

### **3. La couleur de la peau**

Chaque pigmentation (type) de peau, déterminera le choix de l'énergie ainsi que le type d'équipement le plus indiqué. On distingue selon la classification cinq types de peaux selon leur réaction lors d'une exposition solaire :

#### ***Echelle des phototypes Fitzpatrick***

Type I - Attrape systématiquement des coups de soleil, ne bronze pas.

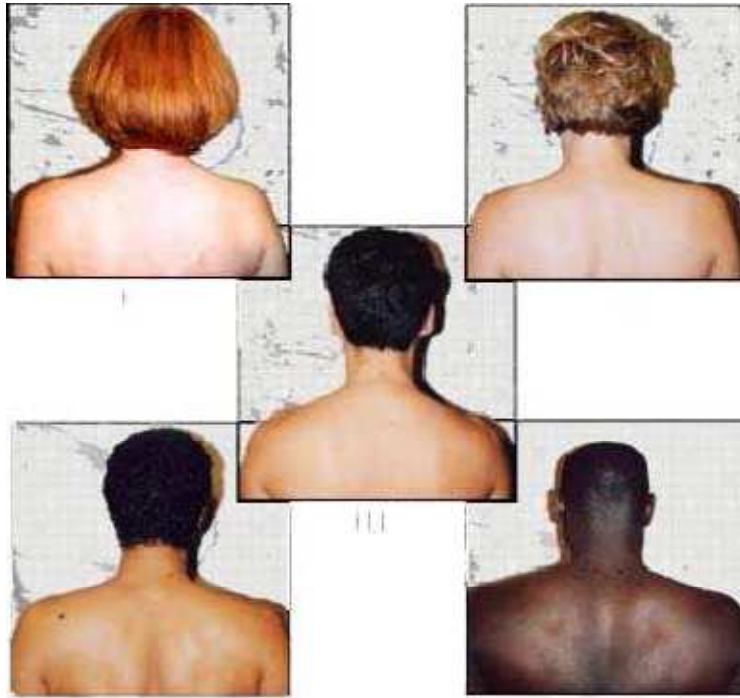
Type II - Attrape souvent des coups de soleil, bronze difficilement.

Type III - A parfois des coups de soleil, bronze progressivement.

Type IV - Attrape rarement des coups de soleil, bronze bien.

Type V - A très rarement des coups de soleil, bronze facilement, peau foncée.

Type VI - A très rarement des coups de soleil, bronze facilement, peau très foncée.



**Figure 26 : cinq types de peaux selon leur réaction lors d'une exposition solaire [6]**

-Les lasers ablatifs de type CO<sub>2</sub> ou Erbium sont généralement, sauf exception, contre-indiqués sur les phototypes supérieurs à 4 en raison des risques de troubles de la pigmentation.

-Les lasers vasculaires de type KTP (lasers de couleur verte) pour le traitement des petites varicosités et la couperose sont aussi contre-indiqués sur la peau d'un phototype supérieure à 4, ici aussi en raison des troubles de pigmentation pouvant survenir car ces lasers touchent aussi la mélanine de la peau.

-Les lasers alexandrite pour l'épilation sont très efficaces sur les peaux claires et poils noirs, mais sont, eux aussi, dangereux au-delà d'un phototype 4. Sur ces peaux sombres, on utilise des lasers spéciaux ou Nd-Yag qui permettent d'épiler les peaux noires.

-Les lasers Diodes (800 nm, 940, 980 nm), les lasers Nd-Yag ou Erbium Glass (1320 à 1550 nm), les lasers fractionnés de remodelage sont, le plus souvent, compatibles avec tous les types de peau, y compris les peaux noires si certaines précautions sont respectées

#### **4. L'allergie au froid :**

Les lasers sont munis de dispositifs de réfrigération , il n'est donc pas possible de les utiliser chez les patients présentant l'allergie au froid.

#### **5. Le bronzage**

Une exposition récente au soleil ou aux ultra-violets, l'usage de lotions auto-bronzantes ou d'activateurs de bronzage retardent le traitement laser.

Le bronzage peut d'ailleurs conduire à une brûlure de la peau s'il est récent puisqu'il détourne une partie de l'énergie lumineuse du laser en raison de la forte présence de mélanine dans la peau.

#### **6. Les troubles de la coagulation**

Les impacts lasers peuvent en effet provoquer de petites hémorragies dans les tissus. Il convient donc de préciser si le patient présente des antécédents hémorragiques ou il prend des médicaments anticoagulants

#### **7. Les troubles de la cicatrisation chroniques ou récents:**

Les lasers peuvent entraîner des traumatismes cutanés. Ils peuvent, parfois, occasionner des brûlures (souvent 1er degré ou 2nd degré léger) qui vont mettre en jeu un phénomène de cicatrisation. Tout trouble de cicatrisation peut donc entraver, ralentir la réparation des tissus cutanés et de ce fait aggraver le risque de séquelles. Il importe que le médecin vérifie ces points pour bien peser le rapport bénéfice/risque.

La présence de chéloïdes n'est pas une contre-indication au laser définitive. Cependant, elles nécessitent une surveillance particulière et devront être contournées par le faisceau laser.

## **8. Les affections cutanées aiguës non guéries**

L'herpès en poussée sur la ou les zone(s) à traitée(s) doit avoir été traité préalablement à l'application du laser. Chez les patientes porteuses d'un herpès labial, un traitement préventif sera prescrit avant la séance de laser d'épilation.

En cas d'infection cutanée en évolution, afin de ne pas rajouter de risque esthétique et d'éviter le traumatisme d'une lésion en évolution, il convient d'attendre la cicatrisation complète.

## **9. Grossesse**

Il n'y a jamais eu dans la littérature médicale d'article rapportant un effet néfaste du laser pendant la grossesse. Aucune malformation ou anomalie du fœtus ou du bébé n'a jamais été rapportée, ainsi que les radiations lasers ont une pénétration dans la peau s'étendant du micron au millimètre. Le laser cependant est contre-indiqué pour des raisons de confort pour la patiente et par principe de précaution

## **10. La prise de certains médicaments dits photo-sensibilisants**

Certains médicaments, ou plantes, peuvent entraîner une augmentation de la sensibilité de la peau à la lumière et donc au laser. On parle de médicaments photo-sensibilisants pouvant provoquer une photo-toxicité ou une photo-allergie. Ils peuvent rendre le laser dangereux avec des risques de brûlures pour des doses classiques, simulant un surdosage important du laser. Ils peuvent aussi provoquer des réactions allergiques de type urticaire, œdème...

De façon non exhaustive les médicaments le plus souvent impliqués sont :

- \* Antiépileptiques
- \* Certains antibiotiques : de type cyclines (tétracycline) ou quinolones
- \* Certains médicaments contre l'acné : comme le Roaccutane ®
- \* Certains antidépresseurs
- \* Certains anti-inflammatoires : (corticoïdes) à forte dose.
- \* Certains médicaments diurétiques
- \* Certains médicaments anti-cancéreux
- \* Certaines plantes

- \* Certains colorants (éosine, bleu de méthylène...)
- \* Certaines crèmes et cosmétiques
- \* Certains compléments alimentaires à base de vitamine A
- \* Les auto-bronzants (type Oenobiol®)

## **11. Les maladies occasionnant une sensibilisation à la lumière**

On appelle ces maladies les photo-dermatoses. Les médecins laséristes doivent être vigilants et rechercher ces pathologies lors de l'interrogatoire de la première consultation.

Parmi ces maladies, on peut citer:

- \* les porphyries
- \* la pellagre et les troubles du métabolisme du tryptophane
- \* les lucites
- \* l'urticaire solaire
- \* la dermatite actinique chronique
- \* les photo-dermatoses printanières
- \* le prurigo actinique
- \* la phénylcétonurie
- \* le xeroderma pigmentosum
- \* quelques maladies génétiques rares

Enfin, il existe des maladies dont les symptômes sont aggravés par l'exposition à la lumière.

On parle de dermatoses photo-aggravées:

- \* Le lupus
- \* Les pemphigus et les pemphigoïdes
- \* L'érythème polymorphe
- \* L'herpès
- \* Certaines dermatoses virales
- \* Le psoriasis
- \* Le pityriasis rubra
- \* La dermatite atopique

## **12. Les lésions cancéreuses**

En général, sauf avis très particulier, les lésions cancéreuses sont des contre-indications au laser. Les lasers provoquent des lésions de la peau et activent directement ou indirectement des phénomènes de cicatrisation/réparation avec activation des multiplications cellulaires. C'est bien sûr à éviter sur les zones ayant eu un antécédent de cancer ne serait-ce que parce qu'il peut exister des reliquats cellulaires qui pourraient être activés. Il est également important de ne jamais lasériser un mélanome afin de ne pas accélérer sa prolifération. Au moindre doute, le lasériste doit s'assurer d'un diagnostic dermatologique certain. Dans tous les cas de figure, les grains de beauté doivent être évités lors d'une épilation ou d'un soin laser où la cible (chromophore) est la mélanine.

### III. LASERS EN DERMATOLOGIE : LES INDICATIONS, CI, STRATEGIES

Les lasers dermatologiques font partie de différentes catégories présentent des indications différentes. Certaines longueurs d'ondes permettent de couvrir plusieurs indications différentes au point qu'il est possible, parfois, d'aborder une même problématique avec plusieurs stratégies et plusieurs lasers différents.

#### A. Les lasers vasculaires

Les lasers vasculaires sont des appareils dont la longueur d'onde est préférentiellement absorbée par l'hémoglobine et faiblement par les autres chromophores de l'épiderme. Son but est de détruire sélectivement des vaisseaux en épargnant les tissus avoisinants. La fenêtre d'activité de ces lasers se situe dans le spectre d'absorption de l'hémoglobine, entre 490 et 600 nanomètres.

La durée d'impulsion est un paramètre majeur qui détermine avec le temps de relaxation thermique de la cible le type d'interaction laser/tissus :

- Une durée d'impulsion inférieure au temps de relaxation thermique permet de réaliser de la **photo-thermolyse sélective** (consiste à élever brutalement et pendant un temps très court la température au niveau même des globules rouges, sans diffusion thermique en dehors de cette cible, et à provoquer ainsi une hyperpression brutale aboutissant à l'éclatement du vaisseau).

- Une durée d'impulsion supérieure au temps de relaxation thermique, donc la chaleur va diffuser vers la paroi du vaisseau qui sera nécrosé et définitivement obturé, c'est la **photo-coagulation sélective**. Mais si la durée d'impulsion est trop longue, la chaleur va diffuser à tout le derme et l'épiderme, l'effet n'est plus sélectif, et peut provoquer des lésions du derme qui pourront être à l'origine de cicatrices.

En fonction de leur mode d'action, on distingue deux groupes : les lasers continus et pseudo-continus (Nd-YAG, KTP : 532 nanomètres) d'une part et les lasers à colorant pulsé (585-595 nanomètres) d'autre part.

## ➤ Les appareils

### • **Le laser à colorant pulsé (LCP : 585—595 nm) :**

Il s'agit de l'appareil de référence, qui permet une **photo-thermolyse sélective avec de brefs temps d'impulsion.**

- soit 585nm avec pulses de 450 micros

- soit 595 nm avec choix de pulses très courts de 450 micros, 1,5ms, 1 à 40ms avec un spot de 5 à 10mm, c'est-à-dire plus profondément que ceux à 585 nanomètres, avec moins d'interaction avec la mélanine, donc moins de risques pigmentaires

Dans les deux cas **il y a rupture vasculaire pseudo-mécanique et lésion de la paroi vasculaire.**

Il est le plus souvent utilisé dans les angiomes plans, les angiomes stellaires, les angiomes rubis et l'érythro-couperose. Enfin, les télangiectasies post-radiothérapie consistent une excellente indication de ce type de laser qui peut même être utilisé de manière préventive en post-chirurgie immédiate pour éviter une néo-angiogenèse des cicatrices.

### • **Le laser KTP (Nd-YAG-KTP Yag doublé de fréquence par KTP(532 nm)**

Le laser Nd-YAG utilise un barreau d'yttrium aluminium garnet(YAG) pour produire une lumière laser. Elle est calibrée pour une longueur d'onde de 1.064 nanomètres.

Le laser KTP est une sous-classe de laser YAG. Il s'agit d'un laser Nd-YAG dans lequel on a ajouté un cristal qui a la propriété de diviser la longueur d'onde en deux. Il émet donc une lumière de 532 nanomètres. Cette longueur d'onde est bien absorbée par l'hémoglobine mais est peu pénétrante.

Son action est réalisée **par photo-coagulation sélective.**

Le laser KTP est le laser de référence pour traiter l'érythro-couperose. Son maniement est facile. Les effets secondaires sont minimes : érythème, œdème des paupières....

Le laser KTP reste un laser purement vasculaire.

Les lasers vasculaires doivent être couplés à un système de refroidissement afin de protéger l'épiderme et le derme superficiel lors du traitement. [11]

## **Indications, prise en charge thérapeutique et suivi**

### **❖ Les angiomes**

Les angiomes cutanés sont des malformations qui touchent le système vasculaire superficiel. Deux types d'angiomes peuvent être traités par laser, les angiomes plans et stellaires.

#### **✓ Angiome plan**

Il correspond à une tache de taille variable au contour bien délimité dont la couleur varie du rose pâle au rouge foncé - pourpre. Présent dès la naissance, il est le plus souvent localisé au niveau du visage.

### **Laser utilisé**

Deux possibilités thérapeutiques sont offertes au dermatologue :

la photocoagulation sélective obtenue par des lasers continus ou semi-continus, couplés à des systèmes robotisés permettant de distribuer les spots lumineux de manière intelligente sur l'angiome plan. Les angiomes plans foncés et épais de l'adulte représentent une excellente indication.

la photothermolyse sélective obtenue grâce au laser à colorant pulsé utilisé avec une pièce à main que l'opérateur déplace sur la surface à traiter. C'est actuellement la seule technique validée pour traiter les nourrissons et les enfants. [18]

### **Rythme des séances**

Quelque soit le laser utilisé, le traitement ne peut aboutir à la disparition complète de l'angiome. Un très bon résultat est un effacement suffisamment significatif pour permettre sa tolérance esthétique au prix d'un maquillage très léger. L'obtention du résultat optimal se fait au prix de passages répétés sur la même zone de l'angiome au cours de différentes séances, dont le nombre ne peut pas être déterminé à l'avance. (varie d'un patient à l'autre et dépend essentiellement de la profondeur de l'angiome.)

L'utilisation, après la séance, de molécules inhibant la néoangiogénèse peut améliorer les résultats. [18]

Les angiomes qui répondent le mieux au traitement laser sont les angiomes faciaux, alors que les angiomes des membres inférieurs sont plus réfractaires. La coloration et l'aspect initial de l'angiome influent également sur le résultat.



**Figure 27 : Angiome plan chez un adulte avant et après 4 séances de laser vasculaire.**

### **Les suites**

Une coloration violacée (purpura) est observée dès l'application du traitement et disparaît au bout de 2 semaines.

Un œdème, plus important au niveau des régions oculaires, peut durer 2-3 jours.

Exceptionnellement, on observe des petites croûtes ou phlyctènes qui s'éliminent spontanément en quelques jours. Des soins locaux (hydratants et apaisants) sont à faire quelques jours et une protection solaire est indispensable pendant le mois qui suit la séance afin d'éviter le risque d'hyperpigmentation.

Idéalement, cette protection devrait être permanente. [18]

### **Les complications**

Celles-ci sont rares. La tolérance est excellente avec un risque cicatriciel quasi nul. Seuls quelques cas d'hyperpigmentation secondaire, le plus souvent transitoires, ont été observés.

Le risque de dépigmentation est extrêmement faible. [19,20]

### ✓ Angiome stellaire et tache rubis

L'angiome stellaire se présente sous la forme de petits vaisseaux dilatés en étoile, centrés par une petite tache rouge vif. Il se localise le plus souvent au niveau de la face.

Les taches rubis sont de petites papules rouges à bord régulier, localisées principalement sur le tronc. Elles apparaissent souvent à partir de la trentaine.

### **Laser utilisé**

Le laser à colorant pulsé et le laser KTP sont efficaces dans le traitement des angiomes stellaires.

L'électrocoagulation est une méthode douloureuse et moins précise que le laser, c'est pourquoi celui-ci est à privilégier dans ce genre d'indication.

### **Rythme des séances**

Une séance peut suffire, parfois deux espacées de 6 à 8 semaines. Cependant, malgré la disparition macroscopique de l'angiome, il peut récidiver après quelques mois et nécessite alors une nouvelle séance.

### **Les suites et complications**

Les suites et complications du traitement sont plus légères que celles du traitement de l'angiome plan puisque la surface traitée mais aussi la fluence utilisée sont réduites.

### ❖ **La couperose et l'érythrose**

La couperose est une affection dermatologique chronique et évolutive. Il s'agit d'une dilatation des petits vaisseaux intradermiques du visage.

Cela se traduit par des rougeurs et des papules disgracieuses. Elle est localisée sur les joues, le nez, le menton ou le front. Certaines rougeurs peuvent aussi atteindre le cou et le décolleté. A

la différence de la couperose, l'érythrose est une rougeur diffuse du visage sans vaisseaux sanguins apparents. L'apparition de l'érythrose précède celle de la couperose. [21]



**Figure 28 : Couperose du nez**

### **Type de laser**

Selon le stade de l'érythro-couperose, on utilise soit le laser KTP ou le laser à colorant pulsé :

-Une seule séance de laser à colorant pulsé donne un bon résultat et une deuxième séance améliore encore l'aspect final au stade d'érythrose. C'est la technique de choix puisque les autres techniques nécessitent plusieurs séances et augmentent donc le coût du traitement pour des résultats moins spectaculaires.

-La prise en charge de la couperose se résume à une ou deux séances de laser KTP très efficace si l'on utilise de larges spots de travail. La réaction thérapeutique immédiate est marquée seulement par un gonflement qui dure quelques jours sans réelle trace visible. L'utilisation dans le futur d'une crème anesthésiante n'interférant pas avec le traitement laser comme celles dont on dispose actuellement qui entraînent une vasoconstriction néfaste, constituera un incontestable progrès.

-L'érythro-couperose associe un érythème et des vaisseaux dilatés bien visibles. Selon la prédominance du réseau vasculaire ou du fond érythrodermique, le choix se fera entre le laser KTP et le laser à colorant pulsé, l'idéal étant d'utiliser les deux techniques dans la même séance, ce qui implique un bon équipement laser et une excellente maîtrise.

-L'érythrodermie, érythrose au niveau des faces latérales du cou parfois associée à des taches pigmentaires, sera traitée aussi bien avec le laser à colorant pulsé qu'avec le laser KTP

en prenant soin de bien refroidir la peau et d'utiliser des puissances faibles de travail car il s'agit d'une zone à risque cicatriciel. [22]

### **Rythme des séances**

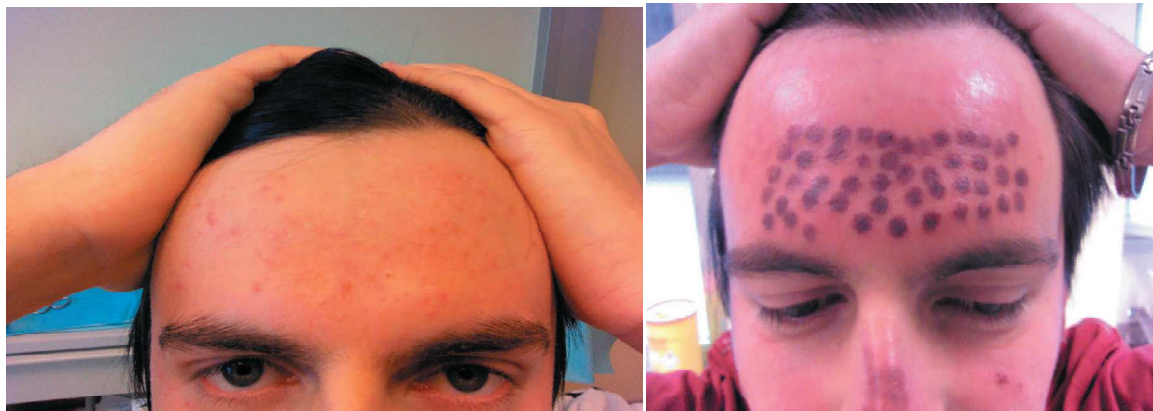
Le traitement nécessite de 1 à 5 séances espacées de 6 à 8 semaines selon l'importance des lésions et la technique choisie. Une protection solaire est indispensable un mois avant, pendant toute la durée du traitement et idéalement à vie pour minimiser les récurrences.

En effet, la couperose étant une pathologie évolutive, des séances d'entretien seront nécessaires afin de prendre en charge l'apparition de nouvelles lésions[22]

### **Suites et complications**

Les suites et risques du laser à colorant pulsé restent les mêmes que pour les angiomes.

Pour le traitement par laser KTP, un érythème est fréquent en fin de séance et dure quelques heures. Après la séance, l'application de glace et d'une crème apaisante réduit cette symptomatologie. L'œdème dure 2-3 jours et est minimisé par un drainage postural. Les risques sont l'apparition de petites croûtes, des hypo et hyperpigmentations, souvent réversibles après un traitement adapté [23]



**Figure29 : Couperose stade 3 et Suites immédiates après traitement de la couperose par laser à colorant pulsé.**



**Figure30 : Résultats à 12 jours du traitement laser.**

### ❖ **Les varicosités des membres inférieurs**

Les varicosités, ou télangiectasies, résultent d'une dilatation des plexus veineux intradermiques. Les varicosités à traiter par laser sont les télangiectasies essentielles des jambes (face postérieure), les varicosités de diamètre non cathétérisable par l'aiguille de sclérothérapie, les télangiectasies des zones à risque pour la sclérothérapie telles que les chevilles ainsi que les patients présentant une allergie aux produits sclérosants. La reprise d'échecs de la sclérose peut être discutée.

### **Laser utilisé**

Le laser Nd-YAG est indiqué pour le traitement des varicosités des membres inférieurs, surtout lorsqu'elles sont bleutées et de petit diamètre, il s'agit désormais du traitement de référence. Le perfectionnement de la technique autorise aujourd'hui la prise en charge de vaisseaux de calibre de plus en plus gros.

Le traitement des varicosités par laser reste difficile. Il ne doit pas remplacer la sclérothérapie. Les résultats sont assez irréguliers et varient en fonction du type de laser utilisé, du patient, du type de vaisseau, de l'épaisseur de la peau et bien sûr de l'expérience de l'opérateur. [24,25]

## **Rythme des séances**

Le traitement des varicosités par laser demande plusieurs séances espacées de 6 à 8 semaines.

## **Suites**

Les effets secondaires (inflammatoires) sont souvent visibles pendant plusieurs semaines. Une contention adaptée sera ensuite prescrite, à vie, sous peine de récurrence rapide et d'insatisfaction du patient.

## **Complications**

Les peaux pigmentées sont plus à risque d'échec et de séquelles cicatricielles hypochromes.

Signalons que le traitement par laser ne peut en aucun cas se substituer à un traitement physiopathologique bien conduit et doit être considéré comme un traitement d'appoint.

Les progrès technologiques progressivement apportés aux lasers vasculaires permettent aujourd'hui de réduire le nombre et la durée des séances. Savoir choisir la bonne technique en fonction de la lésion à traiter est une affaire de spécialiste.

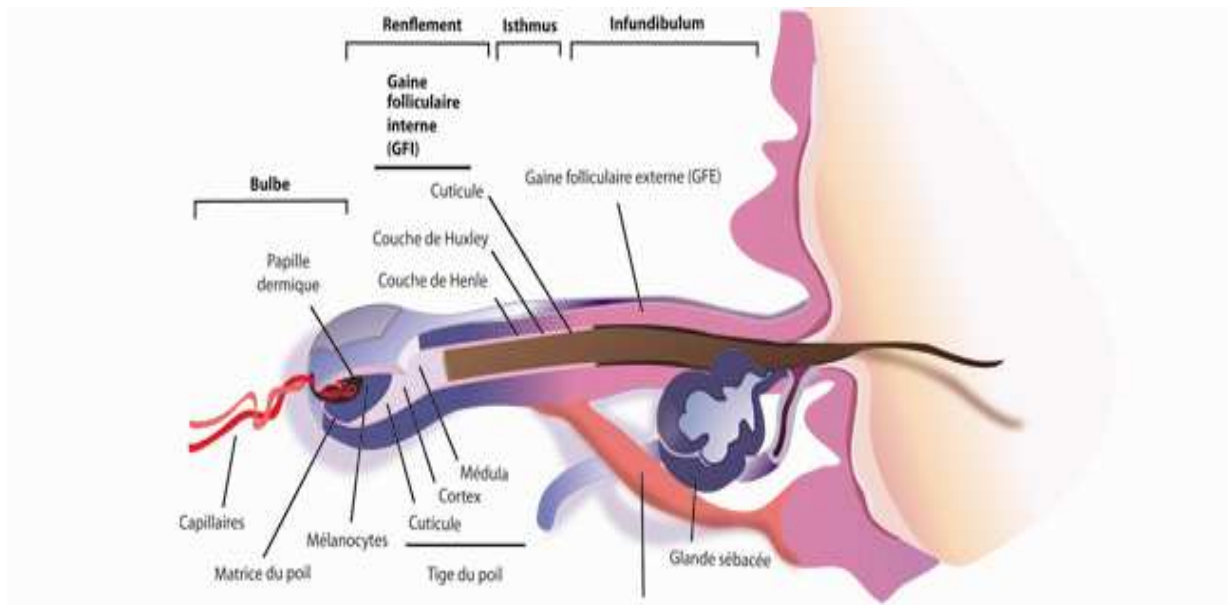
## B. Lasers dépilatoires

Dès 1990, Finkelstein a observé que le laser Nd:YAG pouvait être utilisé pour l'épilation (Finkelstein, 1990). Mais c'est l'équipe de R. Anderson qui a popularisé cette technique (Grossman, 1996).

Les lasers dépilatoires émettent un faisceau de lumière absorbé par la mélanine (pigment brun) de la tige et de la racine du poil. Le faisceau de lumière ainsi absorbé est transformé en chaleur qui est transmise aux cellules germinatives entraînant la destruction du poil.

Elle permet une réduction du nombre et de la taille des poils terminaux et l'allongement du temps de repousse. Les poils foncés (brun, noir) sont plus facilement détruits par ces lasers et ceci d'autant plus que la peau est claire. Leur efficacité varie également en fonction de la zone anatomique (maillot et aisselles > visage > jambe > tronc). La périodicité des séances lasers en fonction du cycle pileux de la zone à traiter.

- **Anatomie d'un poil**



**Figure31 : Anatomie d'un poil**

Le poil est composé par une partie visible à la surface du tégument: la tige. Elle s'invagine dans le derme au niveau de la racine logée à l'intérieur du follicule pileux. La base du follicule

est renflée et forme le bulbe pileux dont la base constitue la papille dermique. La quantité et la qualité du pigment contenu dans ses cellules rendent compte de la couleur du poil. La gaine épithéliale renferme des vaisseaux et des terminaisons nerveuses sensibles. Le follicule est lui aussi entouré de tissu conjonctif et a une position oblique par rapport à l'épiderme. Grâce au muscle arrecteur du poil situé entre le follicule et la peau, il peut être redressé (chair de poule). Dans la partie supérieure du follicule pileux débouche la glande sébacée qui sécrète le sébum.

- **Cycle de croissance du poil**

La durée du cycle pileux varie selon l'âge et la région du corps. La longueur du poil dépend du cycle et l'épaisseur de la tige de la papille dermique.

Le cycle pileux est divisé en 3 phases, dont l'efficacité de l'épilation laser dépend directement :

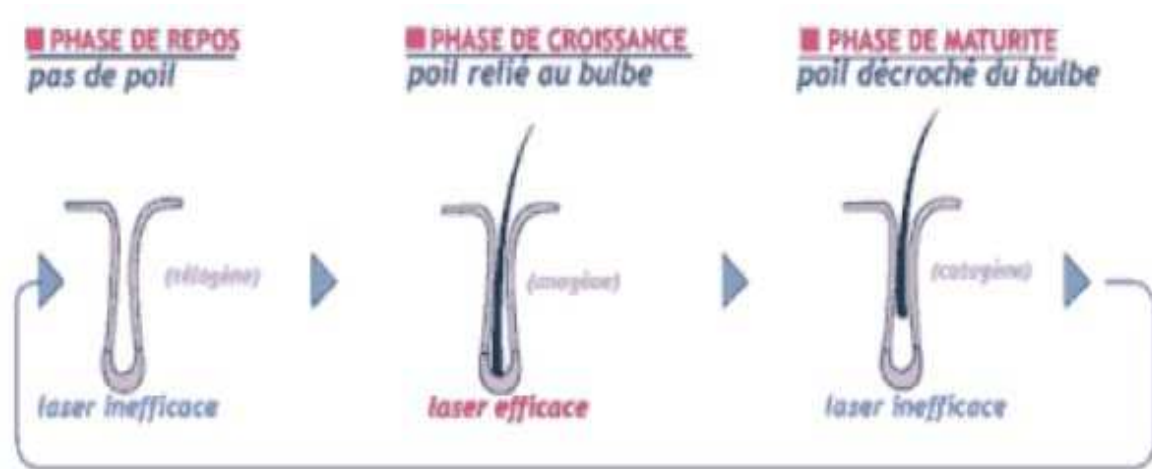
-La phase anagène : Il s'agit de la première phase qui correspond à la pousse du poil. Cette genèse détermine à la fois la pigmentation du poil et l'activité du bulbe. L'épilation laser ne s'avère efficace que dans cette première phase de croissance, lorsque le poil est toujours rattaché au bulbe dont il s'extirpe.

Une fois cette phase terminée, la puissance lumineuse du laser ne parviendra plus à se servir du poil comme fil conducteur pour arriver à la destruction du bulbe car dès la phase catagène, le poil s'en sera désolidarisé.

Ce principe aide à comprendre pourquoi plusieurs séances de laser sont nécessaires afin de parvenir à une épilation totale et définitive. Tous les poils ne poussent pas à la même vitesse et n'étant pas dans une phase anagène en même temps, il sera nécessaire de recourir à plusieurs séances. Le nombre de séances d'épilation laser est généralement estimé à une moyenne de 8 à 12 séances pour un résultat optimal.

-La phase catagène : Il s'agit d'une phase de régression, d'involution du poil, durant laquelle les cellules germinales se mettent au repos. La racine du poil se sépare de la papille, l'énergie lumineuse du laser ne peut donc pas l'atteindre. L'épilation au laser ne sera pas efficace lors de cette phase.

-La phase télogène : Il s'agit de la phase pendant laquelle le poil se décroche du bulbe et se décroche de la peau pour tomber. L'épilation laser est également inefficace durant cette phase.



**Figure32 : Cycle de croissance du poil**

### **Laser utilisé**

Le laser le plus adapté est le laser Alexandrite 755 nanomètres mais les lasers diodes sont également utilisés avec succès par des mains expertes.

Le laser Nd-YAG 1064 nanomètres est utilisé pour les peaux foncées (phototype V et VI). Par contre, le laser rubis a perdu sa place au sein des lasers dépilatoires. [26]

### **Les séances**

Le nombre de séances est assez difficile à estimer en épilation laser, nombreuses variantes en fonction du terrain hormonal, du type de pilosité, de l'âge, de la couleur du poil et de la zone. Suite au traitement laser, tous les poils tomberont et il n'y aura aucune repousse pour quelques semaines. Cependant, seuls les poils en croissance active au moment du traitement disparaîtront de façon définitive, soit environ 25 à 30 % des poils. Il faut donc en moyenne 4 à 5 séances pour une épilation quasi complète définitive. Ces séances doivent être espacées de 4 à 6 semaines, puis 6 à 8 semaines, puis crescendo en fonction de la repousse des poils. Certaines personnes nécessitent plus de traitements par contre.

Après réduction de la pilosité au laser, il se peut que les poils traités ne disparaissent pas avant plusieurs semaines. Prévenir le patient que les poils finiront par être éliminés.

Une réduction d'environ 20% de la pousse des poils est notée 4 à 8 semaines après chaque intervention.

Les patients doivent être prévenus de n'épiler la zone à traiter ni à la pince ni à la cire, et ce 4-6 semaines avant le traitement et puis après le traitement. Pendant cette période, le rasage est autorisé (éviter les crèmes dépilatoires). [27,28]

Conduite de la séance :

-Nettoyer et sécher parfaitement la peau, en éliminant tous les agents topiques, préalablement au traitement.

-Raser de très près la zone à traiter avant le traitement (sauf le visage et les bras chez les femmes).

-Ne pas traiter les poils longs car la pilosité externe peut agir comme un collecteur de chaleur et éventuellement entraîner des brûlures cutanées.

-Choisir les paramètres du traitement.

-La séance est peu douloureuse ; cependant, certaines zones anatomiques sont plus sensibles et requièrent l'application de crème anesthésiante.

-Après la séance, appliquer des compresses froides ou des poches froides pour diminuer l'œdème et la gêne et hydrater la peau avec une crème apaisante et hydratante.

-Prescrire une bonne photo-protection qui sera maintenue pendant la durée du traitement laser.

### **Critères d'efficacité d'une épilation laser : [6]**

#### **Critères immédiats :**

-volatilisation du poil

-odeur de cochon grillé

-érythème et œdème péri folliculaire.

-chute retardé du poil entre J7 et J15 (Nd-Yag et Diode).

### **Critères inter-séances:**

- poil plus fins, plus rares.
- poils plus clairs
- repousse plus lente
- raréfaction des poils incarnés.

### **Suites**

#### **Après une séance**

Dans les semaines qui suivent, les poils traités vont tomber (il s'agit des portions de poils sous cutanés et de leur racine). L'épilation sera satisfaisante pendant plusieurs semaines puis de nouveaux poils arrivant en phase de croissance vont peu à peu apparaître.

Après une première séance, il arrive parfois que le patient constate que la zone traitée retrouve une pilosité plus importante. C'est la conséquence d'un dérèglement des cycles pilaires qui se réharmonisent par la suite. la seconde séance n'en sera généralement que plus efficace.

Eviter une exposition au soleil 1 semaine après et 1-2 semaines avant la séance pour ne pas provoquer une hyperpigmentation de la zone épilée.

#### **Entre deux séances**

Il ne faut pas s'épiler. La séance suivante sera programmée dès qu'une nouvelle repousse est observée sur la zone traitée. S'il n'y a pas eu de repousse, il faudra retarder la séance suivante.

#### **La repousse entre les séances**

De séance en séance, la repousse sera moins importante et moins rapide (4-6, 8 ou 12 semaines d'intervalle entre les séances). Par ailleurs, le poil va se transformer, il repoussera plus fin et plus clairsemé. [6]

### **Efficacité des lasers et zones :**

L'efficacité des épilations au laser dépend de nombreux paramètres comme, par exemple, du type de laser, de l'énergie par unité de surface, du temps d'application de la lumière laser, de l'expérience du praticien. Il convient aussi d'indiquer aux patientes et patients que certaines

zones d'épilation ne sont pas forcément bien réceptives au traitement laser. On parle de zones difficiles ou de zones de résistance. [6]

<i><b>Efficacité des lasers et zones</b></i>	
<i><b>Zones plutôt difficiles</b></i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i><b>Zone à duvet (visage+++)</b></i></li> <li>• <i><b>Poils fins et /ou clairs</b></i></li> <li>• <i><b>Terrain hormonal perturbé</b></i></li> <li>• <i><b>Flancs, Mandibule, cou, joues, front, seins, Fesses, scrotum</b></i></li> </ul>
<i><b>Zones plutôt faciles</b></i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i><b>Poils terminaux</b></i></li> <li>• <i><b>Poils gros et foncés</b></i></li> <li>• <i><b>Aisselle, maillot</b></i></li> <li>• <i><b>Phototypes 3 et plus foncés</b></i></li> <li>• <i><b>Post ménopausique</b></i></li> </ul>

***Figure33 : Efficacité des lasers et zones***

### **Les complications :**

-Les complications telles que brûlure ou surinfection sont rares, les cicatrices sont exceptionnelles.

-Des troubles de la pigmentation : hyperpigmentation ou hypopigmentation peuvent survenir dans les semaines suivant le traitement mais sont presque toujours réversibles (dans la grande majorité des cas elles sont dues à une exposition au soleil pré ou post traitement).

-La stimulation paradoxale de poils sur zones non traitées : c'est une nouvelle repousse de poils sur des zones qui en étaient dépourvues jusqu'alors. Plus précisément, elle transforme les duvets auparavant invisibles en poils visibles. Les réelles causes de ces formations

pileuses ne sont pas encore déterminées. Certaines hypothèses se fondent sur des cas d'inflammations, d'augmentation de la vascularisation ou encore sur l'insuffisance d'énergie du traitement.

Certains facteurs favorisent la stimulation paradoxale comme l'application du laser sur des zones particulières du corps. Chez la femme, le visage est une zone sensible, tandis que les épaules ainsi que le dos sont plus touchés chez l'homme. Les personnes ayant une peau sombre sont également susceptibles d'être atteintes par les symptômes. Enfin, il peut survenir certains cas de stimulation paradoxale chez les sujets présentant des déséquilibres hormonaux sous-jacents ou chez les personnes qui ont des poils sentinelles isolés dans les zones duveteuses. [29]

Malheureusement, plusieurs personnes pensent que l'épilation laser est un traitement banal et facile à administrer. Cependant, pour obtenir les meilleurs résultats et diminuer les risques, il faut que les traitements d'épilation laser soient prodigués par des professionnels qui connaissent à la fois les caractéristiques des lasers et la biologie des poils et de la peau.

## **C. Les lasers pigmentaires et de détatouage**

Les lasers pigmentaires, encore appelés lasers déclenchés ou laser Q-Switch comme le laser Yag ou le laser Alexandrite, permettent de traiter les taches pigmentaires et notamment les lentigos actiniques et les tatouages. Leur particularité est d'émettre des impulsions délivrées sur des temps très courts de l'ordre de la nano-seconde (10<sup>-9</sup> seconde) ou même de la pico-seconde (10<sup>-12</sup> seconde). Le transfert de cette énergie de façon extrêmement rapide provoque une onde de choc (effet photo-acoustique) sur la cible, pulvérise ainsi la mélanine ou les particules de pigment qui sont ensuite progressivement dégradées par l'organisme.

Un laser déclenché génère un faisceau lumineux possédant généralement une des longueurs d'onde suivantes :

- 695 nm (laser rubis – rayon rouge),
- 755 nm (laser alexandrite – rayon rouge)
- 1064 nm (laser Nd:YAG – rayon infra-rouge)

Le laser rubis a été le premier laser déclenché utilisé dans les années 1980. Certains lasers Nd:YAG sont doublés en fréquence et produisent une deuxième longueur d'onde (532 nm - rayon vert).

Les résultats sont fonction du type de pigmentation et de sa profondeur. Les phototypes IV et V sont plus difficiles à traiter.

### **Principales indications :**

#### **1- Les lésions pigmentaires :**

##### **a- lentigos actiniques ou Les lentigos solaires**

Ils correspondent à une hypermélanocytose épidermique. Leur réponse au traitement par lasers déclenchés est constante en un à deux passages. Néanmoins, il semble raisonnable de réserver ce traitement aux lésions punctiformes multiples ou, à l'inverse, à celles de très grande taille, les autres pouvant bénéficier avec des résultats équivalents de cryoapplications .

[13]



**Figure34 : A. lentigos actiniques dorsaux.**

**B. aspect Clinique après traitement de la moitié supérieure du dos.**

**b- Kératoses séborrhéiques :**

Les kératoses séborrhéiques débutantes et planes sont souvent difficiles à distinguer cliniquement des lentigos. Elles répondent au traitement en un passage. [13]

**c- cernes périorbitaires :**

Souvent confondus, les cernes périorbitaires mélaniques doivent être distingués des peaux palpébrales diaphanes laissant apparaître le lacis vasculaire par transparence et des orbites creuses qui se caractérisent par une fluctuation d'intensité durant la journée. La pigmentation des cernes peut être améliorée par l'emploi de lasers pigmentaires, utilisés seuls ou associés à un relissage par laser Er- YAG.

Les résultats sont appréciés au départ sur la réalisation d'une zone test, les suites du traitement étant susceptibles d'entraîner un important œdème réactionnel. Du fait de la disposition du

pigment, allant au contact du rebord ciliaire, le traitement nécessite l'utilisation systématique de coques de protection bulbaires. [13]

#### **d- taches café au lait:**

Elles ne constituent pas un groupe homogène, l'hypermélaninose épidermique étant parfois associée à une hypermélanocytose épidermique. L'existence de macromélanosomes, exceptionnelle dans les formes idiopathiques, apparaît fréquente dans les neurofibromatoses. Malgré ces différences, il n'existe pas de critères histopronostiques permettant de prédire la réponse au traitement par laser pigmentaire, certaines taches café au lait étant susceptibles de réapparaître après exposition solaire. [13]



**Figure35 : A. tache café au lait**

**B. aspect après traitement par laser déclenché ND:YAG .**

#### **e- nævus spilus :**

Ils correspondent histologiquement à des taches café au lait sur lesquelles sont disséminées des nævus nævocellulaires, des lentigines ou des nævus bleus. Leur incidence est élevée, puisque survenant chez 2 à 3% de la population.

Les résultats des traitements par lasers déclenchés sont dans l'ensemble satisfaisants, avec des éclaircissements pouvant atteindre 90 %, avec toutefois une récurrence fréquente après

exposition solaire. Le traitement des nævus spilus par laser doit être réservé aux lésions affichantes et paucinæviques, en évitant de traiter les lésions næviques appréciées qui y sont associées. Un bon résultat sur une zone test n'est évalué qu'après une exposition solaire, afin de déterminer sa tenue dans le temps. [13]

#### **f- hamartome de BECKER :**

il s'agit d'une plaque discrètement papuleuse aux contours irréguliers, pigmentée, habituellement pileuse localisée au niveau de la région scapulo-humérale.

Il peut être traité avec parfois une disparition des poils et une atténuation de la pigmentation.

Il s'agit d'un traitement long et contraignant. On détruit les poils foncés avec la longueur d'onde 1064 nm, puis on réalise des passages à 532 nm pour traiter la composante pigmentaire. Il faut souvent de nombreuses séances pour obtenir des résultats esthétiques satisfaisants. Des récurrences sont toutefois possibles. [13]



**Figure36 : A. HB a distance de la réalisation d'une zone test centro-lésionnel.**  
**B. aspect 18 mois après fin de traitement.**

### **g- nævus d'OTTA :**

Ils correspondent à une hypermélanocytose dendritique située dans le derme réticulaire et papillaire, surmontée par un épiderme normal. Il se manifeste le plus souvent par hyperpigmentation gris bleuté, voire brunâtre, localisée le plus souvent dans le territoire des 1e et 2e branches du nerf trijumeau, associée dans deux tiers des cas à une mélanose oculaire. Le traitement du nævus d'Ota est possible avec de bons résultats. La longueur d'onde 1064 nm est la plus utilisée. Il faut plusieurs séances en utilisant des fluences importantes. Les suites immédiates obligent à une éviction sociale de quelques jours[13]



**Figure37 : Enfant de phototype V avec nævus d'Ota**

**Avant et après quatre séances de traitement par laser Q-switched Nd YAG**

### **h-Le mélasma :**

Les pigmentations fonctionnelles de type mélasma (hyperpigmentation acquise des zones photo-exposées de la face) sont des mauvaises indications. Les récurrences sont très fréquentes. On observe même parfois une hyperpigmentation réactionnelle.

D'une façon générale, on ne propose plus, en première intention, le traitement par laser YAG 532 nm ou 1064 nm dans le cadre d'un mélasma. [13]

## **Rythme des séances**

Avant de traiter une lésion pigmentaire par laser, il faut s'assurer du diagnostic de bénignité, une éventuelle biopsie avec examen anatomo-pathologique sera nécessaire puis s'assurer de l'absence de bronzage par exposition solaire ou par l'utilisation des auto-bronzants et enfin choisir le laser en fonction de la lésion pigmentaire à traiter. [6]

La majorité des lésions pigmentaires vont disparaître en 1 à 3 séances espacées d'environ 6 semaines.

Une crème anesthésiante peut être appliquée avant la séance afin de réduire les sensations de picotement ressenties pendant quelques minutes après le traitement.

## **Les suites**

On observe un blanchiment immédiat de la lésion et parfois un purpura qui diminue après quelques minutes. La douleur est minime (sensation d'échauffement).

Il faut s'attendre à des petites croûtes pendant environ 10 jours qu'il convient de ne pas toucher.

Pour diminuer ces inconvénients, il est souhaitable d'appliquer sur la zone concernée, plusieurs fois par jour, une crème réparatrice ou hydratante ainsi qu'une protection solaire pendant les mois qui suivent le traitement.

## **2- Les tatouages :**

Le traitement est basé sur une fragmentation des particules minérales induite par l'action mécanique du laser. Cette fragmentation des particules aboutit à leur élimination trans-épidermique pour une part et à leur phagocytose par les macrophages pour une autre part. On distingue différents types de tatouages :

### **Tatouage noir professionnel ou amateur :**

Les tatouages amateurs noirs sont plus faciles à traiter que les tatouages professionnels.

<b>Comparatif tatouage pro/tatouage amateur</b>	
<b><u>Tatouage pro</u></b>	<b><u>tatouage amateur</u></b>
Pigment dur et résistant	Pigment fragile
Tatouage d'ornement	Tatouage rituel
Pigment déposé par une machine électrique (dermographe)	Pigment déposé par un outil manuel (pointe, plume...)
Pigment dense et densité régulière	Pigment peu dense et hétérogénéité de la densité
Pigment profond et régularité de la profondeur	Pigment superficiel et irrégularité de la profondeur
Habituellement plus de 10 séances pour detatouer	Habituellement moins de 10 séances pour detatouer

**Figure38; Tatouage noir professionnel ou amateur** [6]

Les séances sont pratiquées toutes les 8 semaines. Certains patients signalent une amélioration après plus de 3 mois. Le nombre de séances varie selon la densité du pigment, la technique de tatouage (profondeur du pigment) et la capacité de phagocytose de chaque patient. D'une façon générale, il faut 4 à 6 séances pour un tatouage amateur et jusqu'à 15 séances pour certains tatouages professionnels très denses.

Comme n'importe quel traitement laser, le traitement des tatouages peut être douloureux, selon la sensibilité de chacun. On observe habituellement une rougeur, un saignement superficiel (évoluant vers la formation d'une croûte) et un œdème après la séance qui disparaîtront en une semaine environ. A nouveau, il sera nécessaire d'appliquer une crème cicatrisante et un écran solaire total.

Le tatouage est susceptible de disparaître sans aucune véritable cicatrice. Seules persistent les cicatrices de l'acte de tatouage d'origine, dans certains cas. [30]

### **Tatouage traumatique**

Il est possible de détruire des débris pigmentés sous-cutanés sur des zones cicatricielles (goudrons, poudre...). La prise en charge est cependant plus difficile. En effet, le traitement risque de provoquer l'éclatement de corps étrangers qui abîme l'épiderme en laissant des cicatrices définitives. Il faut réaliser des tests avec des fluences très faibles. Pour les pigmentations de petite taille, la chirurgie est parfois préférable. La destruction de tatouage par inclusion de poudre d'arme à feu doit être encore plus prudente car il existe un risque important d'aggravation (pouvoir détonnant de la poudre) . [32]

### **Tatouage cosmétique :**

Les tatouages de type dermo-pigmentation (sourcils, lèvres) réalisés avec des pigments minéraux sont difficiles à détruire par laser pigmentaire. On observe un passage du brun, beige, rose au noir ou au vert bronze par réduction chimique des pigments ferriques. Il faut prévenir le patient de ce risque. La répétition des séances permet d'obtenir un estompage progressif du tatouage après un délai de plusieurs mois. Ce délai, très difficile à vivre par les patients, a conduit dans certains cas les praticiens à utiliser en relais des lasers ablatifs ou non ablatifs fractionnés pour permettre la disparition plus rapide des dyschromies induites (noires péribuccales par exemple). [34]

## **Tatouage en couleur :**

Aujourd'hui, sauf demande insistante du patient, il est préférable de ne pas traiter les tatouages polychromes (vert, bleu, orange...). En effet, il existe un risque de laisser un tatouage fantôme des encres de couleur (aspect rouge, vert ou bleu délavé). Si le tatouage est polychrome avec des encres noires, il faut d'abord traiter comme un tatouage noir avec la longueur d'onde de 1064 nm. On peut espérer ainsi une régression des encres de couleurs voisines. Secondairement, on traite les encres restantes avec d'autres longueurs d'onde.

La dernière génération de laser propose des pièces à mains à colorant solide permettant d'obtenir des longueurs d'onde complémentaires 585 et 650 nm pour traiter certaines particules pigmentées vertes et/ou bleu clair de tatouage. [31]

Il faut informer les patients de ces risques, d'une plus grande difficulté de traitement et du coût financier plus élevé. Si le patient est très exigeant et ne veut aucune trace, il ne faut pas débiter ce traitement

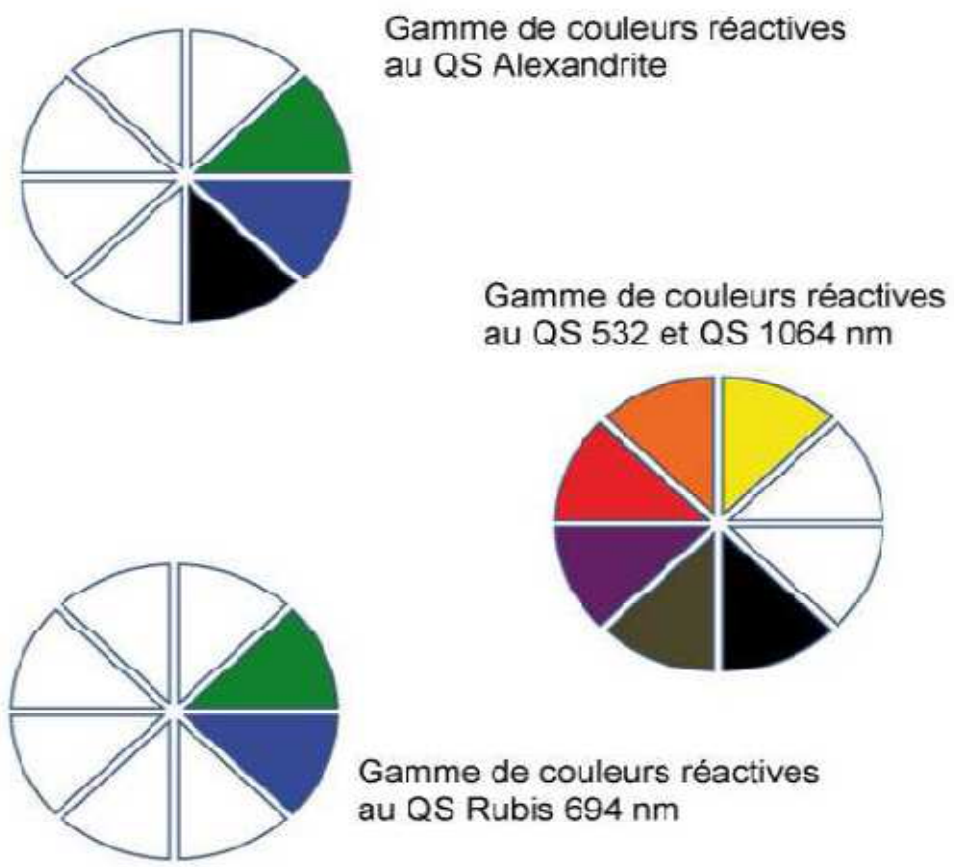
### **➤ Choix de la longueur d'onde en fonction de la couleur du tatouage :**

Plusieurs types de lasers sont nécessaires selon les types de tatouages réalisés en utilisant des longueurs d'onde différentes :

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

-Les lasers Q switched Nd : Yag 1064 nm pour les tatouages bleus/noirs, les lasers Nd : Yag doublés en fréquence émettant à 532 nm pour les pigments rouges et oranges.

-Le laser Qswitched Alexandrite semble actif sur les tatouages noirs, verts et bleus et moins sur les rouges. Il semble moins rapide dans son efficacité que le laser Rubis dont il est proche au niveau de la longueur d'onde et de la durée d'émission. [6]



**Figure39 : Stratégie de choix de la longueur d'onde en fonction de la couleur du tatouage**



**Avant**



**après 7 séances**

**Figure40 : Détatouage Laser Q Switched 755 nm**  
**Ablation du maquillage permanent vert du rebord ciliaire**



**Avant**



**après 3 séances**

**Figure41 : Laser 1064 nm - Tatouage rituel du front**

### **Des effets secondaires qui restent rares :**

Le plus redouté est l'hypochromie, c'est à dire la disparition de la couleur de la peau liée à la disparition des mélanocytes. Elle survient plus particulièrement en cas de phototype foncé (peau mate et peau noire). A l'inverse, l'hyperpigmentation (formation de mélanine en réponse à l'inflammation créée par le laser) est transitoire et peut s'observer en cas d'exposition solaire trop précoce, mais disparaît spontanément en 5 à 6 mois.

Les cicatrices hypertrophiques et les chéloïdes sont exceptionnelles. Le dermatologue peut par l'interrogatoire dépister ce risque et en avertir le patient. Un test sera alors pratiqué.

Le virage de couleur de certains tatouages reste assez imprévisible, notamment en cas de maquillage permanent des lèvres où les pigments d'oxyde ferreux de couleur rose se transforment en couleur noire, heureusement éliminables par un autre laser.

Des infections à Mycobactéries ont été rapportées chez des patients s'étant baignés en piscine dans les 8 jours suivant la réalisation d'une séance de détatouage. [35]

Pour un résultat optimal, le retrait d'un tatouage nécessite le respect de quelques précautions d'usage.

### **Avant et après la séance :**

Une évaluation du risque allergique chez le patient aussi faire des tests sur de petites zones pour évaluer le comportement du tatouage

Une éviction solaire est recommandée pendant le mois qui précède et le mois qui suit la séance pour éviter le risque, en zone exposée à la lumière, de pigmentation réactionnelle.

L'application d'une crème anesthésique à la lidocaïne 1 h avant la séance permet de diminuer la sensation de brûlure. Les doigts et les zones péri-orificielles restent les zones les plus sensibles ainsi que les chevilles. La douche plutôt que les bains est conseillée pour la toilette.

Bien qu'il existe un risque exceptionnel de surinfection après laser, la pratique de sauna, de hammam ou la piscine est à éviter dans la semaine qui suit en raison de la présence éventuelle de mycobactéries.

## **Pendant la séance :**

Les spots de laser sont appliqués sur l'ensemble du dessin et provoquent comme des petits coups d'élastique. Le tatouage blanchit puis un petit saignement s'en suit et de petites croûtes se forment sous 48 heures comme lors de la séance de tatouage. Ces croûtes disparaîtront spontanément en 8 à 10 jours avec l'aide d'une crème cicatrisante.

Chaque séance provoque un éclaircissement du tatouage. Il faut environ 4 à 6 séances pour retirer un tatouage réalisé avec des pigments bleus et noirs et au moins 10 séances pour un tatouage polychrome. Les séances doivent être espacées d'au moins 2 mois afin de respecter le processus de cicatrisation de la peau. [35]

## **pratiques non professionnelles**

-La lumière pulsée est une lumière polychromatique (LPP) exposant à un risque important de brûlure: les multiples longueurs d'ondes de la LPP sont également captées par la mélanine de la peau et donc contre-indiquées dans l'utilisation du détatouage.

-les lasers CO2 ablatifs réalisent une dermabrasion mais laissent le dessin en négatif et ne sont donc plus indiqués. Les nouveaux lasers CO2 fractionnés sont utilisés parfois en fin de traitement sur les tatouages dits « fantômes » où il ne reste que très peu de pigment dans la peau.

L'électrocoagulation n'a jamais permis le retrait de tatouages, mais laisse en revanche des cicatrices indélébiles.

Il existe par ailleurs nombre de substances plus ou moins « magiques » en vente sur le net, dont il faut se méfier, tous contenant des acides exposant à un risque de brûlures.

Quelques tatouages restent malgré tout réfractaires à cette nouvelle technologie. Les pigments blanc, vert, jaune et violet sont plus difficiles à fragmenter et donc à éliminer, de même que dans les tatouages très foncés, de grandes quantités de pigments injectés dans la peau peuvent être hors d'atteinte des lasers déclenchés. De plus, ajoutés aux pigments insolubles présents dans la substance du tatouage, il y a aussi des colorants solubles comme dans les maquillages permanents. [35]

## **D. lasers ablatifs**

Les lasers ablatifs produisent une ablation épidermique et dermique accompagnée éventuellement d'un effet thermique selon le type d'appareil utilisé. Il en existe deux grands types : le laser CO2 qui émet à une longueur d'onde de 10 600 nm et qui représente 80 % des utilisations et le laser Erbium Yag qui émet à 2 940 nm. Ces deux types de lasers sont absorbés par l'eau.

Le laser continu provoque une ablation de la peau et un effet thermique capable de détruire des lésions. Il a ainsi progressivement remplacé le bistouri électrique dans des indications essentiellement médicales d'ablation de tumeurs bénignes : adénomes sébacés, hidradénomes, hamartomes verruqueux, xanthélasma...

La technique du laser continu-interrompu (impulsionnels) qui consiste en une interruption du faisceau 5 fois par seconde permet de minimiser le risque cicatriciel quasiment inévitable avec le laser continu. Les lésions sont vaporisées et la peau cicatrise en 1 semaine à l'aide de crème cicatrisante ou antibiotique selon le cas.

Ses indications restent aujourd'hui exclusivement médicales pour l'ablation des tumeurs cutanées bénignes réalisable en cabinet sous anesthésie locale.

Le laser ultrapulsé se caractérise par l'émission d'une énergie crête très élevée (2 à 10 fois plus élevée que le laser CO2 continu) sur un temps très court (1 à 10 msec). Il permet une ablation épidermo-dermique avec très peu d'effet thermique et donc un risque cicatriciel très faible. Développé pour l'esthétique notamment les signes de photovieillessement, ce laser est indiqué pour le traitement des rides du visage et des cicatrices atrophiques d'acné. Il réalise un relissage cutané. Très utilisée dans les années 90, cette technique présente l'inconvénient d'être très douloureuse, nécessitant une anesthésie générale ou loco-régionale incompatible avec une pratique en cabinet et des suites opératoires relativement lourdes : pansements et soins cicatrisants pendant 8 à 10 jours, érythème pendant 1 mois, éviction solaire d'au moins 3 mois. Ce type de laser a été très avantageusement remplacé aujourd'hui par le laser fractionné.

Les lasers fractionnés ont révolutionné la pratique de la dermatologie esthétique en la rendant accessible au cabinet. Le fractionnement du faisceau laser à l'aide d'un scanner en une multitude de petits points d'impact entourés de peau saine permet une cicatrisation beaucoup

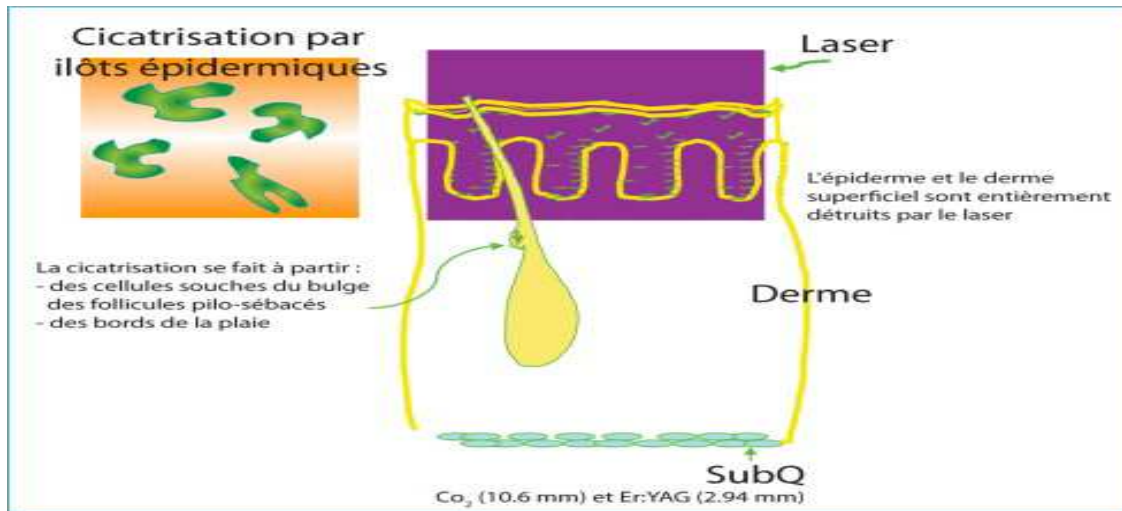
plus rapide des lésions traitées et donc une simplification des suites opératoires : cicatrisation en 5 à 7 jours, érythème de 1 à 2 semaines, éviction solaire de 15 jours à 1 mois. Les résultats sont plus modestes qu'avec le laser pulsé, nécessitant ainsi 3 séances au lieu d'une pour un résultat comparable. En revanche, les phototypes foncés peuvent être pris en charge par ce type de laser. Remplaçant aujourd'hui avantageusement le laser super-pulsé en esthétique, il est également utilisé dans quelques indications médicales, notamment dans le traitement des cicatrices atrophiques, d'acné et de varicelle. [36]

Il ne faut cependant pas opposer formellement lasers ablatifs et fractionnels mais considérer qu'ils ont des indications différentes que nous essaierons de dégager.

## **I. Mode d'action**

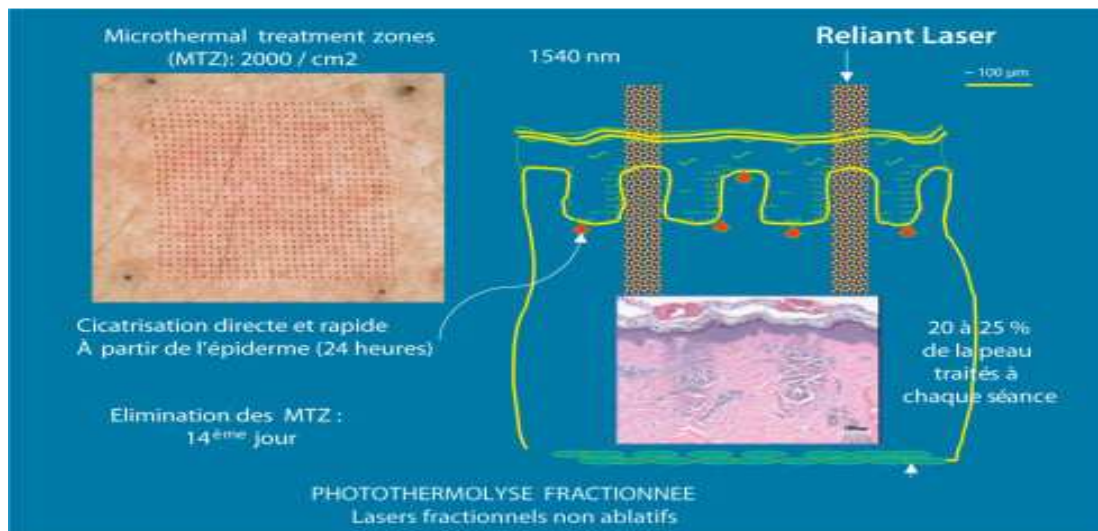
La cible de ces lasers est l'eau contenue dans les couches superficielles de la peau, épiderme et derme superficiel. Qu'ils soient ablatifs ou fractionnels, le but de ces lasers est d'obtenir un effet de relissage (laser resurfacing) par une double action : **immédiate** par l'abrasion laser qui enlève les tissus endommagés tout en aplanissant les reliefs, en atténuant cicatrices et rides et en éclaircissant et uniformisant le teint ; **tardive** mais essentielle par la néocollagénèse non cicatricielle ainsi induite.

**Les lasers ablatifs** détruisent complètement par photothermolysse l'épiderme et le derme superficiel. Ils ne doivent pas aller au-delà sous peine de provoquer une hypochromie définitive ou même des cicatrices. La cicatrisation, qui nécessite 5 à 10 jours, en fonction du type de laser utilisé, se fait par îlots épidermiques, venant de cellules souches localisées au bulge des follicules pilo-sébacés et à partir des berges de la plaie. [38]



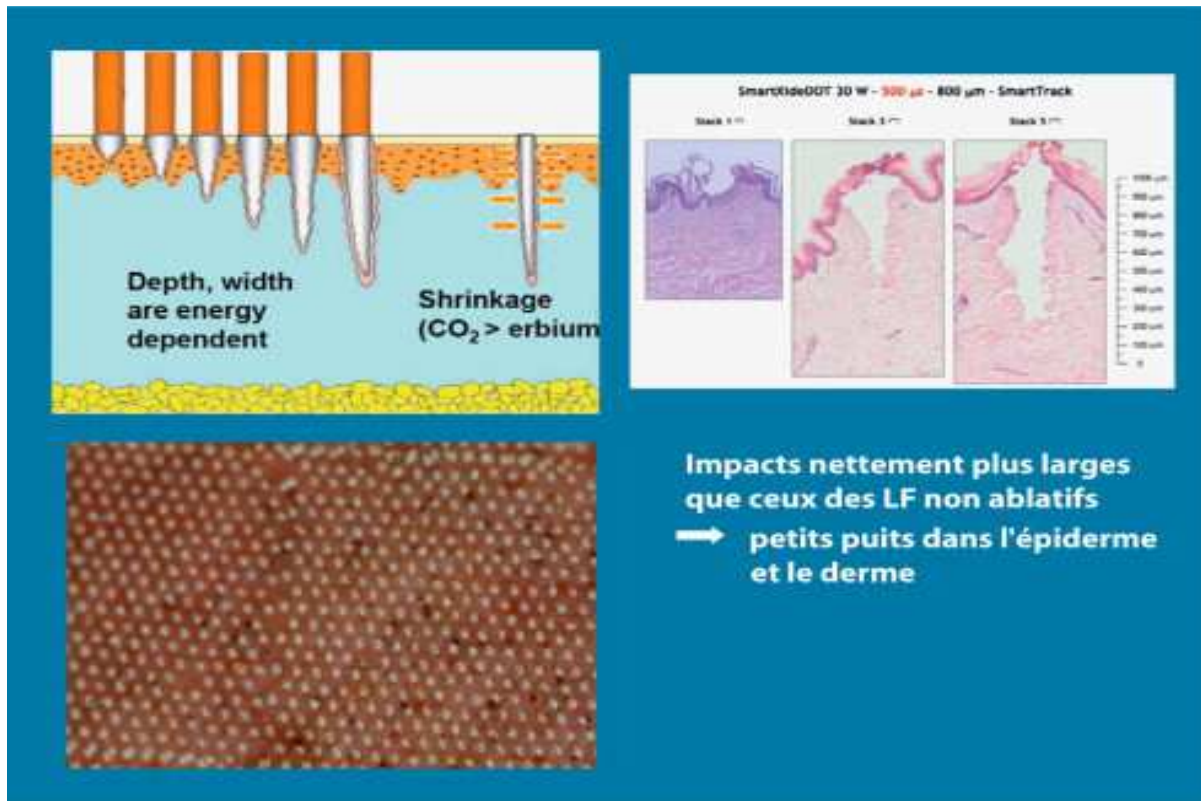
**Figure42 : Principe des lasers ablatifs**

Les lasers fractionnels délivrent des spots de petite taille, en laissant subsister entre eux des intervalles de peau saine, ce qui permet une cicatrisation rapide, surtout pour les lasers non ablatifs. Pour que l'ensemble de la surface cutanée soit traité, 4 séances sont habituellement nécessaires.



**Figure43 : Principe des lasers fractionnels non ablatifs**

( photothermolyse par microzones laissant persister entre elles de l'épiderme intact à partir duquel se fait très rapidement la cicatrisation.)



**Figure 44 : Principe des lasers fractionnels ablatifs**

## **II. Dans chaque catégorie, plusieurs types de lasers**

### **1) Les lasers ablatifs**

**Les lasers pulsés impulsionnels**, CO<sub>2</sub> (10 600nm) et Erbium (2940nm) provoquent de façon programmée et reproductible la photothermolysse de fines couches de peau successives, accompagnée d'un dommage thermique variable selon les appareils.

**Les lasers CO<sub>2</sub> scannés** ou **ultrapulsés** produisent des impacts très brefs, inférieurs au temps de relaxation cutané. Ils sont ablatifs (20 à 30µ par couche) et coagulants, provoquant un dommage thermique résiduel de 25 à 70µ. Ils sont indiqués dans un photovieillissement assez marqué. Ce dommage thermique qui comporte en surface une zone chauffée détruite et en profondeur une zone chauffée réparable est utile, car c'est sur cette zone réparable que va s'organiser la néocollagénèse qui fera la qualité du résultat et la supériorité des lasers CO<sub>2</sub> sur

le laser Erbium classique. Mais ce dommage thermique doit être bien maîtrisé car s'il était excessif il entraînerait un risque cicatriciel.

**Le laser Erbium-YAG pulsé** est purement ablatif et provoque donc, dès que l'on dépasse l'épiderme, un saignement gênant. La laser abrasion est plus modérée (5 à 10 $\mu$  par couche). Le dommage thermique résiduel est minime et il y a donc moins de néocollagénèse qu'avec les lasers CO<sub>2</sub>. Le laser Erbium, qui a pourtant du fait de sa longueur d'onde, un coefficient d'absorption de l'eau très supérieur à celui des CO<sub>2</sub>, est donc moins efficace. La cicatrisation est plus rapide qu'avec les lasers CO<sub>2</sub>. Moins invasif, il est indiqué dans un photovieillissement moins marqué. Il peut être intéressant aussi dans la correction des cicatrices.

Un appareil plus récent, **le laser ErbiumYAG double mode**, associe une impulsion intense et très courte ablatif comme dans le laser Erbium classique à une impulsion longue de faible énergie qui a un effet coagulant évitant le saignement et provoquant un dommage thermique souhaitable pour l'induction de la néocollagénèse qui reste cependant moins importante qu'avec un laser CO<sub>2</sub> impulsif. [38,39,40]

## **2/Lasers fractionnels**

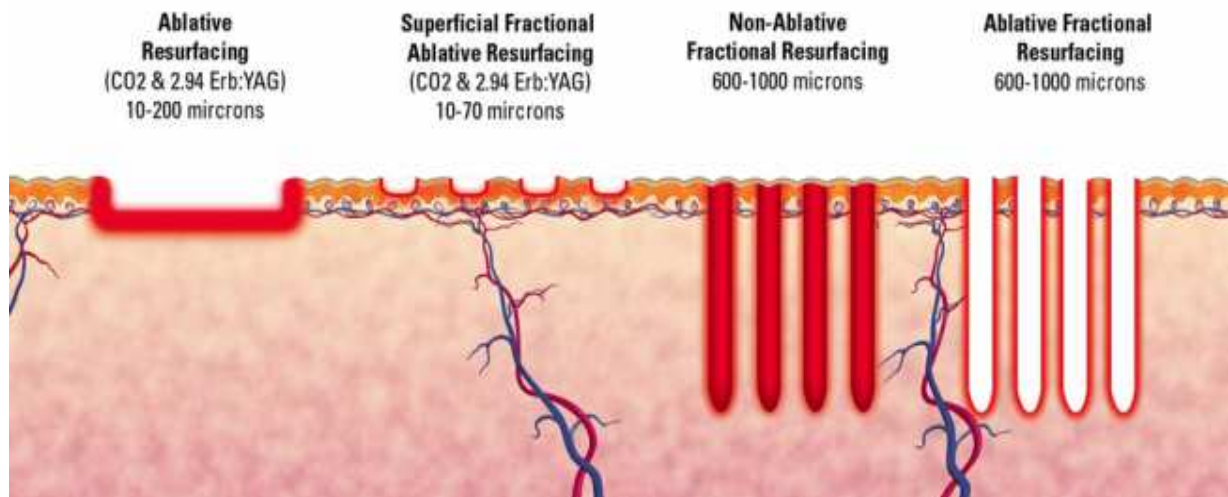
### **Les lasers fractionnels non ablatifs**

Le premier laser auquel a été appliqué le concept de photothermolyse fractionnée a été le Fraxel (laser Erbium dopé par fibre, 1540 nm), travaillant par microzones thermiques, réparties par un scanner, tellement minuscules (environ 100 $\mu$  de diamètre) qu'elles sont invisibles à l'œil nu et que l'on n'a pas d'effet d'ablation. Le diamètre des impacts et leur profondeur varient cependant en fonction de l'énergie (si l'on tire à 10mj, le spot de 80 $\mu$  de diamètre et atteint 850 $\mu$  de profondeur ; si l'on tire à 70 mj, le spot a 250 $\mu$  de diamètre et la profondeur est de 1400 $\mu$ ). Plusieurs passages sont nécessaires pour atteindre par séance la densité moyenne de 2000 MTZ/cm<sup>2</sup> (plus faible 1500 à 2000 si l'énergie est élevée dans le traitement des rides ou des cicatrices, plus élevée, jusqu'à 2500 MTZ pour des lésions superficielles traitées à faible énergie, comme des troubles de la pigmentation). La peau respectée entre ces très petits impacts permet une cicatrisation directe et rapide en 24 heures, d'autant qu'il n'y a pas d'effraction de l'épiderme, cryoprotégé pendant l'intervention et dont la couche cornée reste intacte, la partie épidermique des microzones traitées, s'éliminant vers

le 14e jour, alors qu'une néocollagénèse s'établit lentement au niveau des colonnes dermiques photocoagulées. Si le Fraxel est le chef de file incontesté, avec lequel ont été faites la plupart des études, il y a maintenant d'autres appareils, Nd:YAG 1440 nm (Affirm Cynosure), Erbium-Glass 1540 nm (Mosaic). [41,42]

### **Les lasers fractionnels ablatifs**

Ces lasers fractionnels ablatifs CO2 10600 nm, Erbium 2940 nm et YSGG 2790 nm ont ensuite été mis au point en espérant une efficacité supérieure à celle des non ablatifs dans la correction du vieillissement cutané. Ils agissent par photovaporisation avec des impacts nettement plus larges (120 à 1300µm) que ceux des lasers fractionnels non ablatifs. Il y a donc perforation de l'épiderme et formation de petits puits au niveau de la peau, d'une profondeur très variable selon les appareils, de 200 à 1600µm (Figure 3). Comme avec les lasers ablatifs classiques, il y a donc, mais au niveau des impacts seulement, une zone d'ablation qui est vaporisée et au-dessous une zone de dommage thermique qui se répare sur place. Ces actions tissulaires sont conditionnés par l'énergie pour la profondeur, la durée des pulses et éventuellement leur répétition sur le même point pour le dommage thermique et par la densité des pulses pour l'effet tenseur. [43,44,45,46]



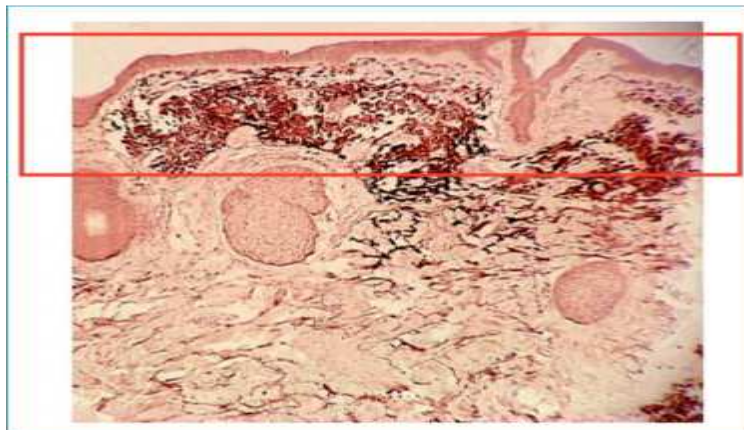
**Figure45 : Différentes techniques des lasers ablatifs**

### **III. Des indications et des résultats différents**

#### **1) Les lasers ablatifs classiques**

##### **Photo-vieillessement sévère du visage**

Avec ses altérations de l'épiderme et de l'étage supérieur du derme, il est une très bonne indication des lasers ablatifs, dont le niveau d'action au niveau de l'épiderme et du derme papillaire correspond exactement à celui des lésions actiniques à corriger. Les résultats sont en général excellents, nettement supérieurs à ceux des lasers fractionnels. Dès cicatrisation, on observe sur l'épiderme un effet immédiat : peau de coloration uniforme et rosée, lentigos solaires effacés, kératoses actiniques disparues ou atténuées (effet préventif de leur risque de cancérisation). L'atrophie épidermique se corrige progressivement. La néocollagénèse non cicatricielle du derme superficiel est plus tardive (du 1er au 6e mois), mais essentielle pour la qualité du résultat. Elle remplace l'élastose actinique détruite par le laser ou repousse en profondeur l'élastose actinique restante si sa destruction a été incomplète. Un résultat de laser ablatif ne peut donc se juger qu'après un délai de 6 mois. Ces effets conjugués effacent ou atténuent les rides avec des résultats meilleurs au niveau de la patte d'oie et des paupières, puis des joues et des rides péri-buccales, moins bons au niveau des rides dynamiques frontales qui relèvent plutôt de la toxine botulinique et des plis des sillons naso-géniens qui sont du domaine des comblements ou du lifting si la ptose est accentuée.



**Figure 46 : Le niveau d'action des lasers ablatifs correspond exactement aux altérations du photovieillessement : épiderme et derme papillaire**



**Figure 47 : Photovieillissement marqué avec élastose actinique majeure et rides profondes. Le traitement par laser ablatif CO<sub>2</sub>ultrapulsé a beaucoup atténué les rides et amélioré la texture de la peau**

### **Autres indications**

Elles sont assez nombreuses, voici les principales :

- cicatrices d'acné : résultats moyens (médiocres s'il s'agit de cicatrices scléreuses, meilleurs si les cicatrices sont souples) ; il est souvent nécessaire d'associer d'autres techniques (relèvements, microgreffes, subcision...)
- autres cicatrices : résultats variables, valables sur le visage surtout ;
- séquelles chalazodermiques d'hémangiome ;
- affections génétiques ; sclérose tubéreuse de Bourneville : très bons résultats, naevus épidermiques : résultats variables, faire une touche d'essai. Nécessité souvent de détruire les lésions épaisses au laser CO<sub>2</sub> continu, puis relisser au CO<sub>2</sub> ultrapulsé ;
- réduction et remodelage du rhinophyma (CO<sub>2</sub> continu + CO<sub>2</sub> ultrapulsé) : très bons

résultats ;

- carcinomes basocellulaires superficiels, maladie Bowen, où c'est une technique possible parmi beaucoup d'autres : bons résultats, à condition d'aller à une profondeur suffisante pour avoir l'assurance carcinologique d'avoir détruit la totalité de la tumeur ;
- kératoses multiples, en particulier chez les greffés d'organe : bons résultats à condition d'une destruction suffisante. Les lasers ablatifs sont actuellement supplantés par la photothérapie dynamique dans cette indication.



**Figure 48 : Papules fibreuses avant et 6 mois après 2 lasers CO2 impulsionsnels**



**Figure49 : Rhinophyma avant et après traitement laser CO2 continu puis ultrapulsé**



**Figure50 : Keratose avant et après traitement laser CO2 continu**

### ▸ Les lasers fractionnels

#### **Lasers fractionnels non ablatifs**

##### **Photovieillissement du visage**

Après l'enthousiasme initial, tout le monde est d'accord pour dire que l'efficacité, certes supérieure à celle des lasers de remodelage, est très nettement moindre que celle des lasers ablatifs classiques, surtout dans les zones où les rides sont profondes comme au pourtour de la bouche . Il n'y a pas ou très peu d'effet tenseur .Malgré cette efficacité assez moyenne, cette technique peut intéresser des patientes ayant un photovieillissement encore modéré et désirant un traitement aux suites très légères, sans éviction sociale. L'association à d'autres techniques, notamment la radiofréquence, améliore très nettement le résultat global. Il est possible aussi de réaliser 3 séances de laser fractionnel non ablatif pour bénéficier du confort des suites et de terminer par une séance de laser fractionnel ablatif pour obtenir un effet tenseur.si l'on dispose des deux types d'appareils. [43,44,45,46]



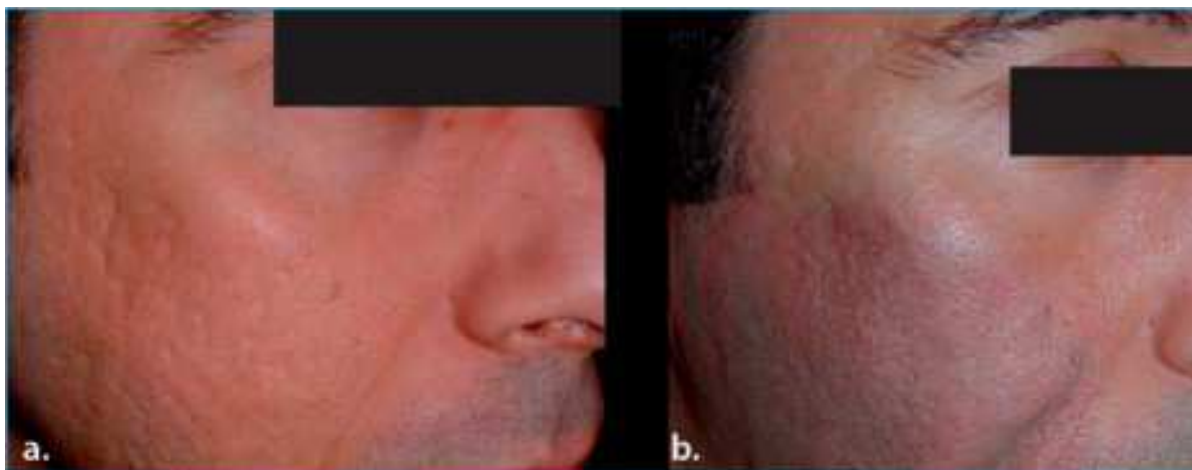
**Figure 51 : Photovieillissement avant et après laser fractionnel non ablatif**  
(L'amélioration est certaine, mais pas aussi marquée qu'avec un laser ablatif, et il n'y a pas d'effet tenseur)

### **d'autres indications**

**Photovieillissement du cou, du décolleté et du dos des mains :** Le traitement de ces zones extra-faciales moins riches en annexes pilo-sébacées et donc à enjeu cicatriciel majoré n'était pas possible en mode traditionnel des lasers ablatifs. Il le devient avec les modes fractionnés mais nécessite de baisser les paramètres d'énergie et de densité pour plus de sécurité et de répéter les séances pour maintenir l'efficacité (3 à 4 séances espacées de 1 à 2 mois en fonction des paramètres utilisés). [47]

### **Cicatrices :**

L'efficacité du laser fractionnel non ablatif a été démontrée dans les cicatrices d'acné, souvent profondes et scléreuses, où elle est supérieure à celle des lasers ablatifs. Cela est sans doute dû au fait que ce laser peut agir profondément, jusqu'à 1500 $\mu$  environ, les zones de peau intacte entre les impacts assurant une bonne cicatrisation, alors que les lasers ablatifs ne peuvent aller au-delà de 300 $\mu$  sans risque cicatriciel, cela étant insuffisant pour les cicatrices d'acné souvent bien plus profondes.



**Figure 52 : Cicatrices d'acné profondes des joues très nettement atténuées par le laser fractionnel non ablatif**

Aussi, ces lasers fractionnels ont progressivement pris une place prépondérante dans la gestion des troubles cicatriciels ou dans la prévention des cicatrices anormales aussi bien excessives qu'atrophiques : cicatrices hypertrophiques et chéloïdes, post-traumatiques, post-chirurgicales ou post-brûlures, hypochromiques, cicatrices d'hémangiomes...[48]

#### **Vergetures :**

Les lasers fractionnés, notamment ablatifs CO<sub>2</sub>, semblent donner des résultats parfois spectaculaires en une séance, en particulier au niveau de la poitrine, mais d'autres fois encore trop modestes. Ainsi, il faut rester prudent en termes d'information des patients et savoir réaliser des tests. Certains patients satisfaits multiplient alors les séances faisant ainsi preuve de beaucoup de motivation. [49]

#### **Troubles pigmentaires :**

Les lasers fractionnés semblent pouvoir jouer un rôle pour favoriser la repigmentation et des études récentes semblent aller dans ce sens pour le traitement du vitiligo (4) ou de l'hypomélanose en goutte idiopathique. Pour le mélasma, le sujet est toujours débattu ; les lasers fractionnés peuvent être une aide dans une prise en charge globale mais ne représentent en aucun cas un traitement « miracle » de cette maladie chronique du mélanocyte ! [50]

## **Lasers fractionnels ablatifs**

Ils ont été utilisés essentiellement dans le photovieillissement où ils obtiennent un meilleur résultat que les lasers non ablatifs, tout en restant nettement inférieurs aux lasers ablatifs conventionnels. Cette procédure réalisable sous anesthésie topique, avec des suites non négligeables mais acceptables est de plus en plus en vogue et est en passe de supplanter les lasers ablatifs. Dans l'idéal cependant, il faudrait sélectionner des patients n'ayant pas un photovieillissement trop marqué. [43,44,45,46]



**Figure 53 : Amélioration après 3 séances de laser fractionnel ablatif**



**Figure54 : Bon résultat, avec un léger effet tenseur, après 2 séances de laser fractionnel ablatif**



**Figure55 : Avant et 3 mois après une séance de laser CO2 fractionné SmartXide DOT (DEKA).**

(Améliorations visibles du teint, des taches, de la texture, des ridules)

Ils peuvent aussi être utilisés dans la correction des cicatrices d'acné et de brûlures, y compris des brûlures du 3e degré . [51]

Par contre ces lasers ne sont pas assez destructifs pour s'attaquer à certaines indications des lasers ablatifs : sclérose tubéreuse de Bourneville, hamartomes, rhinophyma, carcinomes basocellulaires superficiels, Bowen, kératoses actiniques multiples.

#### **IV. Limites d'application**

##### **▶ Limites anatomiques**

Elles sont liées aux caractéristiques de ces lasers et expliquent les différences d'indication :

- avec les lasers ablatifs, il n'est pas possible, surtout avec le CO<sub>2</sub>, mais certains le font avec l'Erbium, de traiter le cou et le dos des mains, car la peau y est fine et fragile, avec insuffisamment d'annexes pilo-sébacées pour permettre une cicatrisation rapide et de qualité ;
- les lasers fractionnels s'adressent à un photovieillissement moins marqué que les lasers ablatifs et ils ne peuvent, comme nous l'avons mentionné plus haut répondre à certaines indications où une destruction suffisante doit-être associée à l'effet de relissage.

##### **Limites techniques**

Le traitement d'un visage entier par laser ablatif nécessite une anesthésie générale, donc une intervention en milieu hospitalier ou en clinique. Si l'on ne traite que le pourtour de la bouche ou la région péri-oculaire, une anesthésie tronculaire est nécessaire. Une seule séance suffit à assurer le traitement.

Le traitement par lasers fractionnels non ablatifs et ablatifs ne nécessite qu'une anesthésie locale topique et peut donc facilement être pratiquée au cabinet du dermatologue. Il est en général nécessaire d'effectuer 4 séances pour obtenir le résultat optimum.

Ces séances sont plus longues avec un laser fractionnel non ablatif où il faut repasser plusieurs fois sur la même zone pour avoir une densité de 2000 MTZ, que pour les lasers

fractionnels ablatifs où l'on ne passe qu'une fois.

### **Limites liées au coût**

#### **▶ Lasers ablatifs classiques**

Pour un visage entier une anesthésie générale et donc une hospitalisation sont nécessaires, ce qui majore le coût. Par contre le traitement de zones limitées sous anesthésie tronculaire est réalisable sans hospitalisation et est donc moins coûteux.

#### **▶ Lasers fractionnels non ablatifs**

La technique est coûteuse (prix de l'appareil et consommable) et nécessite la réalisation de 4 séances.

#### **▶ Lasers fractionnels ablatifs.**

La technique est moins coûteuse (appareils moins chers et pas de consommable, séance plus rapide avec un seul passage), d'où son caractère attractif pour les patients et les opérateurs.

### **Limites liées effets secondaires et aux risques**

#### **▶ Lasers ablatifs classiques[38 ,43]**

La méthode est incontestablement invasive avec des suites lourdes et c'est cela qui dissuade parfois et plus souvent maintenant qu'il y a d'autres alternatives les patients et les opérateurs. Ces suites doivent être gérées attentivement par l'opérateur lui-même, au cours des pansements pendant la période de cicatrisation, puis au cours des consultations de suivi ultérieures. Après l'intervention, le derme mis à nu est rouge, suintant, oedématié et des pansements sont nécessaires, plus confortables que la méthode ouverte assez pratiquée aux États-Unis. La cicatrisation se fait en 7 à 8 jours environ pour un laser CO2, et 5 jours pour un laser Erbium. Ensuite, la peau reste encore rouge et fragile dans les semaines qui suivent, mais maquillable dès le 15e jour. Il faut donc compter une éviction sociale d'une quinzaine de jours. Une photoprotection très stricte est indispensable, mais même si elle est bien effectuée, une pigmentation post-inflammatoire, plus fréquente chez les brunes surtout en région péri-orbitaire peut survenir et se prolonger plusieurs semaines, voire plusieurs mois, mais est toujours régressive. Elle doit être traitée par les dermocorticoïdes et non par

des dépigmentants susceptibles d'entretenir l'inflammation.



**Figure56: Les suites (ici le lendemain de la séance) sont bien différentes avec les 3 types de laser.**

- a. Laser ablatif : suites lourdes avec derme à nu, suintement et aspect oedématié du visage.
- b. Laser fractionnel non ablatif : suites légères, discret érythème du visage .
- c. Laser fractionnel ablatif : suites d'intensité moyenne, avec aspect érythémato-purpurique et croûtelles.

Les véritables risques doivent être évités par des précautions, une bonne technique et l'expérience de l'opérateur. Les complications infectieuses peuvent être prévenues (la greffe herpétique sur le derme mis à nu par un traitement anti-herpétique systématique préalable, les surinfections staphylococciques par une asepsie pré, per et post opératoire rigoureuse) et il faut savoir dépister devant un retard de cicatrisation ces dernières, si elles surviennent tout de même, et les traiter rapidement. L'érythème post cicatrisation est inhérent à la technique et dure normalement 1 à 2 mois mais peut se prolonger davantage et est alors attribué à un trop grand nombre de passages à trop faible fluence. D'autres complications sont dues à des fautes techniques évitables, surtout une dermabrasion trop profonde responsable

d'hypopigmentation tardive et définitive par destruction du réservoir mélanocytaire folliculaire et même de cicatrices hypertrophiques heureusement rares. L'abrasion ne doit pas être trop insistante, en voulant effacer des rides profondes notamment à la lèvre supérieure. Il faut aussi diminuer le nombre de passage et les fluences en zones fragiles, telles que les paupières inférieures (sinon risque de découverte de la sclère et même d'ectropion) et aussi dans les régions maxillaires inférieures qui font transition avec la peau du cou où il existe un risque cicatriciel.

### **Lasers fractionnels**

Les effets secondaires sont considérablement réduits avec les techniques fractionnées, mais de façon variable selon les appareils et leur mode d'utilisation.

Avec les lasers fractionnels non ablatifs, il n'y a pas d'effraction cutanée cliniquement visible. Il n'y aura qu'un discret érythème et un peu d'œdème les 2 premiers jours, ensuite un aspect de léger coup de soleil et cela est tout à fait compatible avec la poursuite des activités sociales. Cependant, la tendance actuelle est d'augmenter l'énergie et la densité pour être plus efficace, et alors les effets secondaires ne sont pas négligeables avec souvent un œdème périorbitaire bien visible et un érythème assez marqué qui peuvent entraîner une éviction sociale de 3 ou 4 jours. Le taux de complications, toujours mineures et réversibles, est faible (7,6% dans la série de GRABER portant sur 961 traitements chez 422 patients). Il s'agit essentiellement d'éruptions acnéiformes, de poussées herpétiques, de pigmentation dans les phototypes foncés. Il n'y a jamais eu de cicatrices. Ces lasers ont donc l'avantage d'une très bonne sécurité.

Avec les lasers fractionnels ablatifs, les suites immédiates sont plus lourdes et plus longues que celles des lasers fractionnels non ablatifs. Il y a un érythème marqué, un suintement hémorragique le premier jour, puis des croûtes. Une éviction sociale de 5 jours au moins est nécessaire. L'hyperpigmentation est plus fréquente, surtout dans les phototypes élevés. Des cicatrices ont même été décrites, en particulier au niveau du cou et aussi un ectropion, dus probablement à une énergie et une densité excessive ou les deux. Il faut donc rester prudent en zone fragile avec ces appareils fractionnels.

La technique fractionnelle ablativ est actuellement la plus utilisée. Elle est considérée comme nettement moins invasive que les lasers ablatifs conventionnels, mais si l'on fait 4 séances, l'indisponibilité sociale, sera quand même au total de 20 jours minimum, donc davantage que les 15 jours qui suivent un laser ablatif réalisé en une seule séance. [41,42,43] [52] [53,54]

### Alors comment choisir ?

L'idéal serait surtout de tenir compte de l'indication et en particulier de l'intensité du photovieillissement, lasers ablatifs s'il est sévère, lasers fractionnels s'il est moins marqué. S'il s'agit de cicatrices, d'autres localisations que le visage, de melasma, on optera pour les lasers fractionnels non ablatifs. Mais il est certain que d'autres considérations entrent en jeu : désir d'éviter des suites lourdes, ou au contraire acceptation de ces suites si le résultat doit être meilleur, degré de sécurité vis-à-vis du risque de complications, coût total de l'intervention, en tenant compte du nombre de séances nécessaires pour les lasers fractionnels, habitudes et connaissances techniques du dermatologue et appareils dont il dispose.

Il faudra expliquer au patient les avantages et les inconvénients des différentes méthodes en les adaptant à son cas personnel, de façon à ce qu'il puisse faire son choix et donner son consentement éclairé dans les meilleures conditions.

## **E. Autres indications :**

### **a. Les onychomycoses**

L'onychomycose ou mycose des ongles est une infection des ongles par des champignons microscopiques .c'est la pathologie la plus fréquente de l'ongle

Les agents pathogènes des ongles prédominants sont dermatophytes Trichophyton

Rubrum et Trichophyton mentagrophytes, bien que les levures et les moisissures non-dermatophytes peuvent également être étiologique,

Les ongles malades s'épaississent, prennent une couleur jaune-brunâtre, une texture rugueuse et s'effritent lorsqu'on les coupe.

Cette affection très fréquente ne guéri jamais spontanément et pose un défi significatif du traitement, car il est souvent complètement ou partiellement réfractaire aux médicaments topiques et systémiques approuvés ayant aussi beaucoup d'effets secondaires et nécessitant une longue période de traitement.

À la lumière de ces limitations, la thérapie au laser a été proposée comme une option alternative pour l'onychomycose offrant une solution pratique avec des effets secondaires minimes .

Une étude coréenne (1) a évalué l'efficacité du laser 1444 nanomètres ND:YAG sur 20 patients atteints d'onychomycose prouvée par microbiologie. Deux puissances cumulatives (300 et 450 Joules) ont été testées. Le nombre de patients présentant une guérison mycologique a été de 85,5 % pour le groupe « forte puissance » (450 Joules) contre 76 % pour le groupe traité avec une puissance de 300 Joules. Les auteurs concluent que ces résultats sont certes prometteurs, mais doivent être confirmés par des études complémentaires.

Une autre étude (2) a évalué l'efficacité des lasers ND : YAG 1 064 nanomètres sur des onychomycoses également microbiologiquement confirmées. Treize sujets présentant un total de 37 ongles infectés ont reçu un traitement reposant sur une à trois séances, espacées de deux mois. Le contrôle post-traitement était réalisé quatre mois après la dernière séance. L'évaluation était effectuée sur des photographies réalisées en aveugle à chaque visite et après traitement. Les traitements étaient bien tolérés par tous les patients. Sur 37 ongles atteints, une amélioration complète ou modérée quatre mois après la dernière séance a été notée pour trente

ongles, soit 81 %. Une stérilisation complète, attestée par des prélèvements microbiologiques négatifs, a été obtenue pour 19 ongles infectés, soit 51 %.

L'absence d'efficacité sur l'ensemble des ongles atteints demande à ce que ce traitement soit comparé au traitement classique antifongique, des études ultérieures sont toutefois nécessaires afin de confirmer la supériorité ou au minimum l'intérêt de ce type de traitement par rapport à la prise en charge classique. [55]

### **Mécanisme d'action**

Bien que le mécanisme d'action reste mal connu, plusieurs théories existent.

Le faisceau laser traverse la plaque de l'ongle et atteint ainsi le lit de l'ongle, où se trouve l'agent pathogène.

L'ongle ou l'épiderme adjacent ne soit pas blessé. C'est seulement dans le lit de l'ongle où le faisceau laser est absorbé par l'agent pathogène et les tissus environnants.

L'absorption du laser chauffe des structures cellulaires. Par la chaleur les parois des cellules sont détruites, les cellules meurent et donc leur croissance arrêtée .

### **Mode de traitement**

Le laser diode émet un rayonnement laser de 1064 nm (proche infrarouge), qui est utilisé pour un traitement unique pour l'élimination des champignons des ongles, ainsi que pour la croissance des ongles plus clairs dans les patients avec une onychomycose

Une ou deux séances sont nécessaires selon la gravité de l'infection fongique. Le résultat est la croissance de nouvelles structures d'ongles clairs, Il faut donc pas s'attendre à des résultats immédiats.

6 à 8 semaines après le traitement initial, cependant, les premières structures du nouvel ongle clair devraient être reconnues. Si ce n'est pas le cas un deuxième traitement est indiqué. Dans les cas très graves, un troisième traitement suit (environ 6 à 8 semaines après le second traitement). Le résultat final se montre à 9 mois à un an.

Le laser pourrait se révéler une alternative intéressante, à condition que des études de bonne qualité méthodologique démontrent l'efficacité réelle de ces techniques et la persistance des résultats dans le temps.

## **b. La cellulite**

La cellulite est le terme non médical désignant un amas graisseux sous-cutané disgracieux. Dans ce domaine, le laser va viser la destruction des adipocytes sans aspiration avec déplacement d'une sonde-laser dans la graisse sous-cutanée. C'est l'endo-laser qui par un mouvement de va-et-vient va provoquer une adipocytolyse ou destruction par la chaleur ou effet thermique des cellules. Ce geste n'est pas réservé exclusivement aux spécialités chirurgicales et peut être proposé par un dermatologue.

Quelques études font état de premiers résultats avec des exo- lasers (à travers la peau) de type Nd-yag qui font chauffer la cellulite pour la détruire.

Il existe aussi d'autres techniques visant à drainer ou à détruire les adipocytes avec des machines de type radiofréquence ou ondes acoustiques mais les résultats en semblent moins spectaculaires. Ces appareils encore récents sur le marché français nécessitent encore des évaluations scientifiquement validées. [56]

## **c. Acné :**

L'acné est une nouvelle indication pour le laser. En effet des études cliniques publiées ont démontré l'intérêt de certains lasers dans le traitement des poussées inflammatoires d'acné [58,59,60,61,62] .On considère que l'action des lasers peut se faire de deux manières : en réduisant la charge bactérienne du *Propionibacterium acnes* (la cible étant les porphyrines qu'il produit) ou en réduisant la taille des glandes sébacées et donc la production de sébum. Les techniques ciblant *le P. acnes* via ses porphyrines naturelles sont la lumière bleue (autour de 410 nm), le laser KTP (532 nm) et le laser à colorant pulsé (595 nm), ces deux derniers ayant également un effet sur la microcirculation dermique. Les techniques ciblant les glandes sébacées ont pour but de diminuer leur taille et de réduire la production de sébum, ce qui laisserait présager un effet durable par photothermolyse des glandes sébacées. Il s'agit des lasers infrarouge (laser diode 1450 nm, laser Erbium glass 1540 nm)... L'espoir le plus récent viendrait d'un protocole innovateur inspiré de la nanotechnologie. Le protocole « SEBACIA » est une sorte de PDT améliorée faisant appel à un photosensibilisant artificiel, les microparticules d'or qui s'accumulent dans les glandes sébacées. La photothermolyse

sélective des glandes sébacées est obtenue sous un laser diode 810 nm (comme pour une épilation).

Cependant, Les traitements conventionnels par rétinoïdes topiques, peroxydes de benzoyle, zinc, antibiotiques topiques et oraux ou encore isotrétinoïne restent les premières lignes dans l'algorithme décisionnel de l'acné .Mais, Peut-on imaginer un avenir où pour traiter ses patients acnéiques, le dermatologue n'aura plus recours à son ordonnancier mais installera directement son patient pour lui proposer un traitement interventionnel simple, court et bien toléré ? [57]

#### **d. Vitiligo, psoriasis...**

La liste des indications possibles s'allonge tous les jours. L'énergie émise par le rayon, l'absorption de la couleur du rayon par la cible cutanée sont autant de possibilités de traiter localement des problèmes cutanés. A cet égard, le vitiligo, la pelade circonscrite ou le psoriasis localisé sont des maladies affichantes esthétiquement qui peuvent être maintenant traitées avec succès par le laser de type Excimer. Il faut plusieurs séances mais qui ne traiteront que la peau atteinte en épargnant ainsi la peau environnante normale. [56]

# CONCLUSION

la technologie laser a révolutionné la pratique de la dermatologie moderne. Notre compréhension des bases physiques du laser et de la photothermolyse sélective a largement évolué le long des deux décennies écoulées

Le bénéfice du traitement laser sur la qualité de vie est indiscutable. Le laser est devenu un outil incontournable en dermatologie, idéale pour le traitement des lésions cutanées vasculaires et pigmentaires. Il représente un progrès considérable dans la prise en charge thérapeutique de certaines lésions dermatologiques jusqu'alors limités mais aussi dans le domaine de la dermatologie esthétique en proposant des alternatives de traitement beaucoup moins invasives et générant moins d'effets secondaires.

La réussite de cette thérapie dépend de la bonne connaissance clinique et physiopathologique des affections, des indications/contre-indications du laser, et naturellement de l'expérience du praticien. Comme toute pratique médicale, le risque d'effets secondaires est majoré si les soins sont effectués par des praticiens non expérimentés.

Tandis que ces nouvelles tendances et découvertes récentes encouragent, encore d'autres études à long terme sont nécessaires avant que leur vraie valeur puisse être déterminée. Le grand intérêt des techniques lasers est de pouvoir les associer entre elles et aussi les associer à d'autres gestes chirurgicaux et esthétiques qui visent à atténuer ou corriger les imperfections de la peau dans sa texture et sa couleur, afin de répondre au mieux à nos attentes.

La spécificité de chaque laser nécessite des plateaux techniques lourds et coûteux. Le regroupement de spécialistes (clinique, réseau ville hôpital...) est indispensable pour bénéficier du meilleur matériel.

L'activité laser doit être envisagée comme une activité médicale à part entière. Elle passe par une formation préalable théorique et pratique, et dans ce domaine en évolution constante, par une formation continue régulière.

# RÉSUMÉ

## RESUME

**Titre** : Intérêt des lasers en dermato-cosmétologie

**Auteur** : ABDELKRIM LALAOUI MOUTARAJJI

**Rapporteur** : Pr. BOUI MOHAMMED

**Mots clés** : Laser, dermato-cosmétologie, détatouage

Un LASER évoque un procédé d'amplification de la lumière par le phénomène d'émission stimulée permettant d'utiliser la lumière comme une source d'énergie concentrée et précise.

Les caractéristiques bien particulières de ce type de rayonnement ainsi que ses interactions avec les tissus en ont fait un outil précieux dans le domaine de dermato-cosmétologie.

Ce travail consiste en une revue de la littérature ayant pour but de mettre le point sur la place actuelle de cet moyen thérapeutique en dermatologie tout en précisant ses différentes indications et les modalités thérapeutiques pour chacune d'elles et en détaillant les bénéfices et les complications à l'issue du traitement.

Les plus utilisés sont les lasers vasculaires (Nd-YAG, KTP, colorant pulsé), les lasers pigmentaires (Q-Switched, Nd-YAG, Alexandrite) et les lasers ablatifs (CO<sub>2</sub>, fractionné).

L'usage de cette technologie requiert une connaissance pointue des principes physiques et optiques régissant son fonctionnement, une conscience de leur dangerosité potentielle ainsi que le respect des règles de sécurité est nécessaire.

## ABSTRACT

**Title:** INTEREST OF LASERS IN DERMATO-COSMETOLOGY

**Author:** ABDELKRIM LALAOUI MUTARAJJI

**Protractor :** Pr. BOUI MOHAMMED

**Keywords:** Laser, Dermatology and Cosmetology, tattoos removal.

A LASER involves a light amplification process via the phenomenon of stimulated emission allowing the use of light as a concentrated and precise source of energy.

The particular characteristics of this type of radiations as well as its interactions with tissues make it an important device in the field of dermato-cosmetology.

This work in the form of a literature review aims at showing the current indication of this therapeutic device in dermatology while specifying its various indications and their therapeutic methods and by explaining the benefits and complications after each process.

The most used are the vascular lasers (Nd-YAG, KTP, pulsed coloring agent), the pigmentary lasers (Q-Switched, Nd-YAG, Alexandrite) and the ablative lasers (CO<sub>2</sub>, fractionned).

The use of this technology requires certain knowledge in physics and optics. Therefore, due to their potential risks, it is essential to respect the rules of safety.

## ملخص

العنوان: مكانة الليزر في طب الجلد و التجميل

الكاتب: عبد الكريم العلوي المترجي

الكلمات الأساسية: الليزر، طب الجلد و التجميل، إزالة الوشم.

الليزر يعني تضخيم الضوء بإنبعاث الإشعاع المحفز، ظاهرة تسمح باستخدام الضوء كمصدر طاقة مركزة و موجهة.

الخصائص المميزة لهذا النوع من الإشعاع وكذا تفاعله مع الأنسجة جعلت منه أداة قيمة في مجال طب الجلد و التجميل.

يرتكز هذا العمل على مراجعة للنصوص الهدف منها استعراض الوضع الحالي لهذه الوسيلة العلاجية مع توضيح مختلف الإستطبابات وطرق العلاج لكل منها مع تفصيل الفوائد وكذا المضاعفات الناتجة عن هذا العلاج.

أنواع الليزر الأكثر استعمالا هي ليزر الأوعية الدموية (الألكسندريت نيوديميوم) ليزر التقشير (الليزر الكربوني الليزر المجزء) ليزر التصبغات إزالة الوشم ، ( ياغ نيوديميوم ياغ ياقوت ليزر الأصباغ النابض).

إستعمال هذه التكنولوجيا يتطلب معرفة مفصلة للمبادئ الفيزيائية والبصرية التي تحكم اشتغالها الوعي بمخاطرها المحتملة وكذا ضرورة إتزام قواعد السلامة

**RÉFÉRENCES  
BIBLIOGRAPHIQUES :**

- (1) François, Charles, Guy, Victor REYNIER , INTERET D'UN LASER CHIRURGICAL EN CLIENTELE CANINE DOCTORAT VETERINAIRE LA FACULTE DE MEDECINE DE CRETEIL Année 2010 ,96p
- (2) Sabrina BRAMKI , Interaction laser Nd-Yag pulsé –peau Application en dermatologie, Mémoire d'obtention du diplôme de magister en physique spécialité rayonnement et application, Faculté des sciences exactes Université Mentouri de Constantine [www.umc.edu.dz/buc/theses/physique/ BRA4915.pdf](http://www.umc.edu.dz/buc/theses/physique/BRA4915.pdf)
- (3) Delacretaz G. *Les lasers médicaux* Diplôme Inter-Universitaire Européen, document de synthèse, 2008-2009
- (4) Bourg-Heckly G. *Les lasers médicaux* Diplôme Inter-Universitaire Européen, document de synthèse, 2008-2009
- (5) Berger N., Eeg P.H. *Veterinary laser surgery : a practical guide*, 2006, Blackwell Publishing, 234p
- (6) Congrès La Rochelle 2011 , Laser Médicaux esthétiques Technologie – Principale indications ProtocolesPhilippe CADICpcadic@gmail.com
- (7) Brunetaud J.M. *Les lasers médicaux* Diplôme Inter-Universitaire Européen, document de synthèse, 2008-2009
- (8) Desort V. *Les lasers médicaux : principe et utilisations en chirurgie vétérinaire* Thèse Méd. Vét. ENVL, 2005, n° 38, 165p.
- (9) Kamami Y.V. *Le laser en pratique médicale*, 1997, Editions Masson, 192p.
- (10) S. Mordn et al, «les quatre mécanismes d'interaction laser –tissus vivants» centre deslasers et de l'optonique de lille France (2000)

- (11) Collège des Enseignants en Dermatologie de France ,*REVÊTEMENT CUTANE - Les lasers dermatologiques 08/04/14 THIERY Louis L2 Revêtement cutané Pr. Marie-Aleth Richard Relecteur 4 .10 pages*
- (12) Collège des Enseignants en Dermatologie de France , lasers dermatologiques, [http://medecine.pharmacie.univrouen.fr/servlet/com.univ.collaboratif.util.LectureFichier?ID\\_FICHER=15863](http://medecine.pharmacie.univrouen.fr/servlet/com.univ.collaboratif.util.LectureFichier?ID_FICHER=15863)
- (13) Fusade T. Lasers pigmentaires (Alexandrite QS, Rubis QS, YAG QS). Lésions pigmentaires. Encycl. Méd. Chir (Editions Scientifiques et Médicales Elsevier SAS, Paris, tous droits réservés), Cosmétologie et Dermatologie esthétique, 50-370-G-12, 2000, 5 p.
- (14) Safety of laser products IEC 60825-1 Edition 1.2 2001-08
- (15) *journées de dermatologie interventionnelle de paris 2013 Thème 6 Les complications en dermatologie interventionnelle, prévention et gestion Lasers, des complications « vraies » rarement opérateur dépendantes Dr Michael NAOURI, Nogent sur Marne– Paris (CLIPP)*
- C. Lecocq, D. Pirard, V. del Marmol et E. Berlingin ,The use of lasers in dermatology ,Rev Med Brux 2013 ; 34 : 12-9
- (16) Srinivas CR, Kumaresan M : Lasers for vascular lesions : standard guidelines of care. Indian J Dermatol Venereol Leprol 2011 ; 77 : 349-68
- (17) Bernstein EF : The pulsed-dye laser for treatment of cutaneous conditions. J Am Acad Dermatol 2008 ; 58 : 261-85
- (18) Stier MF, Glick SA, Hirsch RJ : Laser treatment of pediatric vascular lesions : Port wine stains and hemangiomas. J Am Acad Dermatol 2008 ; 58 : 261-85

- (19) Decauchy F, Beauvais L, Meunier L, Meynadier J : [Rosacea]. Rev Prat 1993 ; 43 : 2344-8
- (20) Dahan S : Laser and intense pulsed light management of couperose and rosacea. Ann DermatolVenereol 2011 ; 138 (Suppl 3) : S219-22
- (21) Cassuto DA, Ancona DM, Emmanuelli G : Treatment of facial telangiectasias with a diode-pumped Nd ; YAG laser at 532-nm. J Cutan Laser Ther 2000 ; 2 : 141-6
- (22) Tay YK, Tan SK : Treatment of infantile hemangiomas with the 595-nm pulsed dye laser using different pulse widths in an Asian population. Lasers Surg Med 2012 ; 44 : 93-6
- (23) Adamic M, Troilius A, Adatto M, Drosner M, Dahmane R : Vascular lasers and IPLS : guidelines for care from the European Society for Laser Dermatology. J Cosmet Laser Ther 2007 ; 9 : 113-24
- (24) Sadighha A, Mohaghegh Zahed G : Meta-analysis of hair removal laser trials. Lasers Med Sci 2009 ; 24 : 21-5
- (25) Hammes S, Ockenfels HM, Metelmann HR, Raulin C, Karsai S : [New approach to photoepilation. Diode laser with SHR (Super Hair Removal) compared to alexandrite laser]. Hautarzt 2010 ; 61 : 880-4
- (26) Hovenic W, DeSpain J : Laser hair reduction and removal. Facial Plast Surg Clin North Am 2011 ; 19 : 325-33
- (27) Nouri K, Vejjabhinanta V, Patel SS, Singh A : Photoepilation : a growing trend in laser-assisted cosmetic dermatology. Facial Plast Surg Clin North Am 2011 ; 19 : 325-33
- (28) Tammaro A, Fatuzzo G, Narcisi A et al. : Laser removal of tattoos. Int J Immunopathol Pharmacol 2012 ; 25 : 537-9

- (29) Van Landuyt H : Destruction par laser YAG-Q : switched des tatouages de couleur (vert, bleu, rouge) rebelles, par techniques de retatouage superficiel à l'encre noire stérile puis reprise à distance du traitement par laser. *Ann Dermatol Venereol* 2002 ; 129 : 970-7
- (30) Martins A, Trindade F, Leite L : Facial scars after a road accident : combined treatment with pulsed dye laser and Q-switched Nd : YAG laser. *J Cosmet Dermatol* 2008 ; 7 : 227-9
- (31) Mao JC, DeJoseph LM : Latest innovations for tattoo and permanent makeup removal. *Facial Plast Surg Clin North Am* 2012 ; 20 : 125-34
- (32) Wang CC, Huang CL, Sue YM, Lee SC, Leu FJ : Treatment of Cosmetic Tattoos Using Carbon Dioxide Ablative Fractional Resurfacing in an Animal Model : A Novel Method Confirmed Histopathologically. *Dermatol Surg* 2013 : doi: 10.1111/dsu.12104
- (33) *journées de dermatologie interventionnelle de paris juillet 2015 – Paris 4ème édition ,Thème 3 : Tatouages et laser :proposer, disposer et gérer, le Docteur Régine Bousquet-Rouaud, Montpellier*
- Weiss ET, Geronemus RG. Combining fractional resurfacing and Q-switched ruby laser for tattoo removal. *Dermatol. Surg* 2011 Jan ; 37 (1) : 97-9
  - Jimenez G, Weiss E, Spencer JM. Multiple color changes following laser therapy of cosmetic tattoos. *Dermatol Surg.* 2002 Feb ; 28 (2) : 177-9
  - Wang CC et al. Treatment of cosmetic tattoos with non ablative fractional laser in an animal model : a novel method with histopathologic evidence. *Lasers Surg Med.* 2013 Feb ; 45(2) :116-22

- (34) *journées de dermatologie interventionnelle de paris juillet 2015 – Paris 4ème édition , Thème 2 Lasers ablatifs : du médical à l'esthétique , Docteur Sylvie Angel, Paris*
- (35) • Tajirian AL, Goldberg DJ. Fractional ablative laser skin resurfacing: a review. *J Cosmet Laser Ther.* 2011 ; 13(6):262-4
- (36) • Omi T, Numano K. The Role of the CO2 Laser and Fractional CO2 Laser in Dermatology. *Laser Ther.* 2014 Mar 27; 23(1):49-60.
- (37) • El Domyati et al. Fractional versus ablative erbium:YAG laser resurfacing for facial rejuvenation: an objective evaluation. *J Am Acad Dermatol.* 2013 Jan ;68(1):103-12.
- (38) • Sklar LR, Burnett CT, Waibel JS, Moy RL, Ozog DM. Laser Assisted Drug Delivery : A Review of an Evolving Technology. *Las Surg Med* 2014 Apr, 46 :249-262
- (39) *Annales de Dermatologie et de Vénérologie* Volume 136, n° S6 pages 311-319 (octobre 2009)
- (40) Beylot C *Vieillessement cutané : prévenir, corriger, rajeunir* Paris: Ed MED'COM (2007). 107-122.
- (41) Orringer JS, Kang S, Johnson TM, Karimpour DJ, Hamilton T, Hammerberg, and al. Connective tissue remodelling induced by carbon dioxide laser resurfacing of photodamaged human skin *Arch Dermatol* 2004 ; 140 : 1326-1332
- (42) Railan D, Kilmer S Ablative treatment of photoaging *Dermatol Ther* 2005 ; 18 : 227-241
- (43) Manstein D, Herron GS, Sink RK, Anderson RR Fractional photothermolysis: a new concept for cutaneous remodeling using

- microscopic patterns of thermal injury *Lasers Surg Med* 2004 ; 34 : 426-438
- (44) Mazer JM Laser erbium dopé par fibre (Fraxel® SR). Les lasers en Dermatologie Groupe Liaisons SA: Doin Editeurs (2006). 146-152.
- (45) Alexiades-Armenakas MR, Dover JS, Arndt KA The spectrum of laser skin resurfacing; nonablative, fractional, and ablative laser resurfacing *J Am Acad Dermatol* 2008 ; 58 : 719-737
- (46) Jih MH, Kimyai-Asadi A Fractional photothermolysis; a review and update *Semin Cutan Med Surg* 2008 ; 27 : 63-71
- (47) Cohen SR, Henssler C, Johnston J Fractional photothermolysis for skin rejuvenation *Plast Reconstr Surg* 2009 ; 124 : 281-290
- (48) Mazer JM Lasers : quoi de neuf ? Réalités thérapeutiques en Dermatovénérologie 2009 ; 186 : 84-88
- (49) Alster TS, Tanzi EL, Lazarus M the use of fractional laser photothermolysis for the treatment of atrophic scars *Dermatol Surg* 2007 ; 33 : 295-299
- (50) Chapas AM, Brightam L, Sukal S, Hale E, Daniel D, Bernstein LJ, Geronemus RG Successful treatment of acneiform scarring with ablative fractional resurfacing *Lasers Surg Med* 2008 ; 40 : 381-386
- (51) Yang YJ, Lee GY. *Treatment of Striae Distensae with Nonablative Fractional Laser versus Ablative CO(2) Fractional Laser: A Randomized Controlled Trial. Ann Dermatol. 2011 Nov;23(4):481-9*
- (52) Shin J, Lee JS, Hann SK, Oh SH *Combination treatment by 10 600 nm ablative fractional carbon dioxide laser and narrowband ultraviolet B in refractory nonsegmental vitiligo: a prospective, randomized half-body comparative study. Br J Dermatol. 2012 Mar;166(3):658-61*

- (53) Waibel J, Beer K ablative fractional laser resurfacing for the treatment of a third-degree burns *J Drugs Dermatol* 2009 ; 8 : 294-297
- (54) Graber EM, Tanzi EL, Alster TS Side effects and complications of fractional laser photothermolysis: experience with 961 treatments *DermatolSurg* 2008 ; 34 : 301-307
- (55) Fife DJ, Fitzpatrick RE, Zachary CB Complications of fractional CO2 laser resurfacing: four cases *Lasers surg Med* 2009 ; 41 : 179-184
- (56) Avram MM, Tope WD, Yu T, Szachowicz E, Nelson JS Hypertrophic scarring of the neck following ablative fractional carbon dioxide laser resurfacing *Lasers Surg Med* 2009 ; 41 : 185-188
- (57) *journées de dermatologie interventionnelle de paris 2013 thème 3 lasers, techniques émergentes et apparentées onychomycose et intérêt potentiel du laser infrarouge dr yvon perrillat, grenoble*
- (58) (1).Choi MJ, Zheng Z, Goo B, Cho SB. Antifungal effects of a 1444-nm neodymium:Yttrium-aluminum-garnet laser on onychomycosis: a pilot study. *J Dermatolog Treat.* 2012 Sep 19.
- (59) (2).Kimura U, Takeuchi K, Kinoshita A, Takamori K, Hiruma M, Suga Y. Treating onychomycoses of the toenail: clinical efficacy of the submillisecond 1,064 nm Nd: YAG laser using a 5 mm spot diameter. *J Drugs Dermatol.* 2012 Apr;11(4):496-504
- (60) *La société française de dermatologie*  
[http://dermato\\_info.fr/article/Les lasers dermatologiques](http://dermato_info.fr/article/Les_lasers_dermatologiques), *DERNIÈRE MISE À JOUR : 24-06-2015*
- (61) *Marie Jourdan<sup>1</sup>, Christine Noé<sup>2</sup>, Martine Baspeyras<sup>3</sup> Acné : place des dispositifs lasers et apparentés Journées de Dermatologie Interventionnelle*

*de Paris 2015. Annales de Dermatologie et de Vénéréologie Volume 142, Issues 6–7, Supplement 2, June–July 2015, Pages S323–S324*

- (62) *Seaton ED, Charakida A, Mouser PE, Grace I, Clement RM, Chu AC. Pulsed-dye laser treatment for inflammatory acne vulgaris: randomised controlled trial. The Lancet 2003;362 1347-52*
- (63) *Orringer JS., Kang S, Hamilton T, Schumacher W, Cho S, Hammerberg C, Fisher GJ, Karimipour DJ, Johnson TM, Voorhees JJ. Treatment of Acne Vulgaris With a Pulsed Dye Laser A Randomized Controlled Trial. JAMA. 2004;291:2834-2839.*
- (64) *Baugh WP, Kucaba WD. Nonablative phototherapy for acne vulgaris using the KTP 532 nm laser. Dermatol Surg 2005;31:1290-6.*
- (65) *Wang SQ, Counters JT, Flor ME, Zelickson BD. Treatment of inflammatory facial acne with the 1,450-nm diode laser alone versus microdermabrasion plus the 1,450-nm laser: a randomized, split-face trial. Dermatol Surg 2006;32:249-55.*
- (66) *Jih MH., Friedman PM.,Goldberg LH, M Robles, Glaich AS, Kimyai-Asadi A. The 1450-nm diode laser for facial inflammatory acne vulgaris: Dose-response and 12-month follow-up study. J Am Acad Dermatol 2006;55:80-7.*

# *Serment d'Hippocrate*

*Au moment d'être admis à devenir membre de la profession médicale, je m'engage solennellement à consacrer ma vie au service de l'humanité.*

*\* Je traiterai mes maîtres avec le respect et la reconnaissance qui leur sont dus.*

*\* Je pratiquerai ma profession avec conscience et dignité, la santé de mes malades sera mon premier but.*

*\* Je ne trahirai pas les secrets qui me seront confiés.*

*\* Je maintiendrai, par tous les moyens en mon pouvoir, honneur et les nobles traditions de la profession médicale.*

*\* Les médecins seront mes frères.*

*\* Aucune considération de religion, de nationalité, de race, aucune considération politique et sociale ne s'imposera entre mon devoir et mon patient.*

*\* Je maintiendrai le respect de la vie humaine dès la conception.*

*\* Même sous la menace, je n'userai pas de mes connaissances, médicales d'une façon contraire aux lois de l'humanité.*

*\* Je m'y engage librement et sur mon honneur.*

*Déclaration de Genève,*

*1948*

# قسم أبقراط

بسم الله الرحمن الرحيم

أقسم بالله العظيم

في هذه اللحظة التي يتم فيها قبولي عضوا في المهنة الصحية أتعهد علانية:

- بأن أكرس حياتي لخدمة الإنسانية؛
- وأن أحترم أساتذتي وأُعترف لهم بالجميل الذي يستحقونه؛
- وأن أمارس مهنتي بوازع من ضميري وشرفي جاعلا صحة مريضى هدفى الأول؛
- وأن لا أفشى الأسرار المعمودة إلي؛
- وأن أحافظ بكل ما لدي من وسائل على الشرف والتقاليد النبيلة لمهنة الطب؛
- وأن أعتبر سائر الأهلء إخوة لي؛
- وأن أقوم بواجبي نحو مرضاي بدون أي اعتبار ديني أو وطني أو عرقي أو سياسي أو اجتماعي؛
- وأن أحافظ بكل حزم على احترام الحياة الإنسانية منذ نشأتها؛
- وألا أستعمل معلوماتي الصحية بصريق يضر بحقوق الإنسان مهما لاقيت من تهديد؛
- بكل هذا أتعهد عن كامل اختيار ومقسم بشرفي.

• والله على ما أقول شهيد.

## مكافأة الليزر في طب الجلد و التجميل

### أطروحة :

قدمت ونوقشت علانية يوم : .....

من طرف

السيد : عبد الكريم العلوي المترجم

المزداد في 30.05.1988 بالدار البيضاء

لنيل شهادة الدكتوراه في الطب

الكلمات الأساسية: الليزر، طب الجلد والتجميل، إزالة الوشم.

تحت إشراف اللجنة المكونة من الأساتذة:

رئيس

السيد : عبد القادر بلمكي

أستاذ في علم الدم البيولوجي

مشرف

السيد : محمد بوي

أستاذ في طب الجلد

السيدة : مريم مزيان

أستاذة في طب الجلد

السيد : يوسف السكاش

أستاذ في الطب الباطني

السيد : عبد الحميد بيبي

أستاذ في الطب النووي

أعضاء