



ROYAUME DU MAROC  
UNIVERSITE MOHAMMED V DE RABAT  
FACULTE DE MEDECINE ET DE  
PHARMACIE  
RABAT



Année : 2023

Thèse N° : 087

# UTILISATION DU LASER EN CHIRURGIE ESTHÉTIQUE

*Thèse*

Présentée et soutenue publiquement le: / / 2023

PAR

**Madame Kawtar DIAA**

*Née le 02 Septembre 1996 à Rabat*

Pour l'Obtention du Diplôme de

**Docteur en Médecine**

**Mots Clés** : laser, laser vasculaires, lasers pigmentaires, lasers ablatifs, laser  
dépilatoires

**Membres du Jury** :

**Monsieur Abdellah ABBASSI**

Professeur de chirurgie réparatrice et plastique

**Monsieur Jawad HAFIDI**

Professeur d'anatomie

**Monsieur Samir EL MAZOUZ**

Professeur de chirurgie plastique et réparatrice

**Monsieur Noureddine Gharib**

Professeur de chirurgie plastique et réparatrice

**Président**

**Rapporteur**

**Juge**

**Juge**

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

وَقُلْ أَعْمَلُوا فَسِيرَى اللَّهِ عَمَلَكُمْ وَرَسُولُهُ  
وَالْمُؤْمِنُونَ وَسَتُرَدُّونَ إِلَىٰ عِلْمِ الْغَيْبِ  
وَالشَّهَادَةِ فَيُنَبِّئُكُمْ بِمَا كُنْتُمْ تَعْمَلُونَ

صَدَقَ اللَّهُ الْعَظِيمُ



**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**

**ORGANISATION DÉCANALE :**

**Doyen**

**Professeur Mohamed ADNAOUI**

**Vice-Doyen chargé des Affaires Académiques et estudiantines**

Professeur Brahim LEKEHAL

**Vice-Doyen chargé de la Recherche et de la Coopération**

Professeur Taoufiq DAKKA

**Vice-Doyen chargé des Affaires Spécifiques à la Pharmacie**

Professeur Younes RAHALI

**Secrétaire Général : Mr. Mohamed KARRA**

**SERVICES ADMINISTRATIFS :**

**Chef du Service des Affaires Administratives**

Mr. Abdellah KHALED

**Chef du Service des Affaires Estudiantines, Statistiques et Suivi des Lauréats**

Mr. Azzeddine BOULAAJOU

**Chef du Service de la Recherche, Coopération, Partenariat et des Stages**

Mr. Najib MOUNIR

**Chef du service des Finances**

Mr. Rachid BENNIS

\*Enseignant militaire

## 1 - ENSEIGNANTS-CHERCHEURS MEDECINS ET PHARMACIENS

PROFESSEURS DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR :

### Décembre 1984

Pr. MAAOUNI Abdelaziz  
Pr. MAAZOUZI Ahmed Wajdi  
Pr. SETTAF Abdellatif

Médecine interne – [Clinique Royale](#)  
Anesthésie -Réanimation  
Pathologie Chirurgicale

### Décembre 1989

Pr. ADNAOUI Mohamed

Médecine interne – [Doyen de la FMPR](#)

### Janvier et Novembre 1990

Pr. KHARBACH Aïcha  
Pr. TAZI Saoud Anas

Gynécologie -Obstétrique  
Anesthésie Réanimation

### Février Avril Juillet et Décembre 1991

Pr. AZZOUZI Abderrahim  
Pr. BAYAHIA Rabéa  
Pr. BELKOUCHI Abdelkader  
Pr. BENSOUDA Yahia  
Pr. BERRAHO Amina  
Pr. BEZAD Rachid

Anesthésie Réanimation  
Néphrologie  
Chirurgie Générale  
Pharmacie galénique  
Ophtalmologie  
Gynécologie Obstétrique [Méd. Chef Mat. Orangers](#)

### Rabat

Pr. CHERRAH Yahia  
Pr. CHOKAIRI Omar  
Pr. SOULAYMANI Rachida

Pharmacologie  
Histologie Embryologie  
Pharmacologie- [Dir. du Centre National PV Rabat](#)

### Décembre 1992

Pr. AHALLAT Mohamed  
Pr. BENSOUDA Adil  
Pr. EL OUAHABI Abdessamad  
Pr. FELLAT Rokaya  
Pr. JIDDANE Mohamed  
Pr. ZOUHDI Mimoun

Chirurgie Générale [Doyen FMPT](#)  
Anesthésie Réanimation  
Neurochirurgie  
Cardiologie  
Anatomie  
Microbiologie

### Mars 1994

Pr. BENJAAFAR Noureddine  
Pr. BEN RAIS Nozha  
Pr. CAOUI Malika  
Pr. CHRAIBI Abdelmjid

Radiothérapie  
Biophysique  
Biophysique  
Endocrinologie et Maladies Métaboliques [Doyen](#)

### FMPA

Pr. EL AMRANI Sabah  
Pr. ERROUGANI Abdelkader  
Pr. ESSAKALI Malika  
Pr. ETTAYEBI Fouad  
Pr. IFRINE Lahssan  
Pr. RHRAB Brahim  
Pr. SENOUCI Karima

Gynécologie Obstétrique  
Chirurgie Générale– [Dir. du CHIS Rabat](#)  
Immunologie  
Chirurgie Pédiatrique  
Chirurgie Générale  
Gynécologie –Obstétrique  
Dermatologie

\*Enseignant militaire

### **Mars 1994**

Pr. ABBAR Mohamed\*  
Pr. BENTAHILA Abdelali  
Pr. BERRADA Mohamed Saleh  
Pr. CHERKAOUI Lalla Ouafae  
Pr. LAKHDAR Amina  
Pr. MOUANE Nezha

Urologie [Inspecteur du SSM](#)  
Pédiatrie  
Traumatologie – Orthopédie  
Ophtalmologie  
Gynécologie Obstétrique  
Pédiatrie

### **Mars 1995**

Pr. ABOUQUAL Redouane  
Pr. AMRAOUI Mohamed  
Pr. BAIDADA Abdelaziz  
Pr. BARGACH Samir  
Pr. EL MESNAOUI Abbes  
Pr. ESSAKALI HOUSSYNI Leila  
Pr. IBEN ATTYA ANDALOUSSI Ahmed  
Pr. OUAZZANI CHAHDI Bahia  
Pr. SEFIANI Abdelaziz  
Pr. ZEGGWAGH Amine Ali

Réanimation Médicale  
Chirurgie Générale  
Gynécologie Obstétrique  
Gynécologie Obstétrique  
Chirurgie Générale  
Oto-Rhino-Laryngologie  
Urologie  
Ophtalmologie  
Génétique  
Réanimation Médicale

### **Décembre 1996**

Pr. BELKACEM Rachid  
Pr. BOULANOUAR Abdelkrim  
Pr. EL ALAMI EL FARICHA EL Hassan  
Pr. GAOUZI Ahmed  
Pr. OUZEDDOUN Naima  
Pr. ZBIR EL Mehdi\*

Chirurgie Pédiatrie  
Ophtalmologie  
Chirurgie Générale  
Pédiatrie  
Néphrologie  
Cardiologie [Dir. HMI Mohammed V Rabat](#)

### **Novembre 1997**

Pr. ALAMI Mohamed Hassan  
Pr. BIROUK Nazha  
Pr. FELLAT Nadia  
Pr. KADDOURI Noureddine  
Pr. KOUTANI Abdellatif  
Pr. LAHLOU Mohamed Khalid  
Pr. MAHRAOUI CHAFIQ  
Pr. TOUFIQ Jallal  
Pr. YOUSFI MALKI Mounia

Gynécologie-Obstétrique  
Ne Urologie  
Cardiologie  
Chirurgie Pédiatrique  
Urologie  
Chirurgie Générale  
Pédiatrie  
Psychiatrie [Dir. Hôp.Ar-razi Salé](#)  
Gynécologie Obstétrique

### **Novembre 1998**

Pr. BENOMAR ALI  
Pr. BOUGTAB Abdesslam  
Pr. ER RIHANI Hassan  
Pr. BENKIRANE Majid\*

Neurologie [Doyen de la FMP Abulcassis Rabat](#)  
Chirurgie Générale  
Oncologie Médicale  
Hématologie

### **Janvier 2000**

\*Enseignant militaire

Pr. ABID Ahmed*	Pneumo-phtisiologie
Pr. AIT OUAMAR Hassan	Pédiatrie
Pr. BENJELLOUN Dakhama Badr Sououd	Pédiatrie
Pr. BOURKADI Jamal-Eddine	Pneumo-phtisiologie
Pr. CHARIF CHEFCHAOUNI Al Montacer	Chirurgie Générale
Pr. ECHARRAB El Mahjoub	Chirurgie Générale
Pr. EL FTOUH Mustapha	Pneumo-phtisiologie
Pr. EL MOSTARCHID Brahim*	Neurochirurgie
Pr. TACHINANTE Rajae	Anesthésie-Réanimation
Pr. TAZI MEZALEK Zoubida	Médecine interne

### **Novembre 2000**

Pr. AIDI Saadia	Ne Urologie
Pr. AJANA Fatima Zohra	Gastro-Entérologie
Pr. BENAMR Said	Chirurgie Générale
Pr. CHERTI Mohammed	Cardiologie
Pr. ECH-CHERIF EL KETTANI Selma	Anesthésie-Réanimation
Pr. EL HASSANI Amine	Pédiatrie - <a href="#">Dir. Hôp. Cheikh Zaid Rabat</a>
Pr. EL KHADER Khalid	Urologie
Pr. GHARBI Mohamed El Hassan	Endocrinologie et Maladies Métaboliques
Pr. MDAGHRI ALAOUI Asmae	Pédiatrie

### **Décembre 2001**

Pr. BALKHI Hicham*	Anesthésie-Réanimation
Pr. BENABDELJLIL Maria	Ne Urologie
Pr. BENAMAR Loubna	Néphrologie
Pr. BENAMOR Jouda	Pneumo-phtisiologie
Pr. BENELBARHDADI Imane	Gastro-Entérologie
Pr. BENNANI Rajae	Cardiologie
Pr. BENOACHANE Thami	Pédiatrie
Pr. BEZZA Ahmed*	Rhumatologie
Pr. BOUCHIKHI IDRISSE Med Larbi	Anatomie
Pr. BOUMDIN El Hassane*	Radiologie
Pr. CHAT Latifa	Radiologie
Pr. EL HIJRI Ahmed	Anesthésie-Réanimation
Pr. EL MAAQILI Moulay Rachid	Neuro-chirurgie
Pr. EL MADHI Tarik	Chirurgie-Pédiatrique <a href="#">Dir. Hôp. Des Enfants Rabat</a>
Pr. EL OUNANI Mohamed	Chirurgie Générale
Pr. ETTAIR Said	Pédiatrie -
Pr. GAZZAZ Miloudi*	Neuro-chirurgie
Pr. HRORA Abdelmalek	Chirurgie Générale <a href="#">Dir. Hôpital Ibn Sina Rabat</a>
Pr. KABIRI EL Hassane*	Chirurgie Thoracique
Pr. LAMRANI Moulay Omar	Traumatologie Orthopédie
Pr. LEKEHAL Brahim	Chirurgie Vasculaire Périphérique <a href="#">V-D. Aff Acad.</a>
<b>Est.</b>	
Pr. MEDARHRI Jalil	Chirurgie Générale
Pr. MOHSINE Raouf	Chirurgie Générale
Pr. NOUINI Yassine	Urologie
Pr. SABBAH Farid	Chirurgie Générale

\*Enseignant militaire

Pr. SEFIANI Yasser  
Pr. TAOUFIQ BENCHEKROUN Soumia

Chirurgie Vasculaire Périphérique  
Pédiatrie

### **Décembre 2002**

Pr. AMEUR Ahmed\*  
Pr. AMRI Rachida  
Pr. AOURLARH Aziz\*

Urologie  
Cardiologie  
Gastro-Entérologie [Dir. HMI Moulaya Ismail-](#)

### **Meknès**

Pr. BAMOU Youssef\*  
Pr. BELMEJDOUB Ghizlene\*  
Pr. BENZEKRI Laila  
Pr. BENZZOUBEIR Nadia  
Pr. BERNOUSSI Zakiya  
Pr. CHOHO Abdelkrim\*  
Pr. CHKIRATE Bouchra  
Pr. EL ALAMI EL Fellous Sidi Zouhair  
Pr. FILALI ADIB Abdelhai  
Pr. HAJJI Zakia  
Pr. KRIOUILE Yamina  
Pr. OUJILAL Abdelilah  
Pr. RAISS Mohamed  
Pr. THIMOU Amal  
Pr. ZENTAR Aziz\*

Biochimie-Chimie  
Endocrinologie et Maladies Métaboliques  
Dermatologie  
Gastro-Entérologie  
Anatomie Pathologique  
Chirurgie Générale  
Pédiatrie  
Chirurgie Pédiatrique  
Gynécologie Obstétrique  
Ophtalmologie  
Pédiatrie  
Oto-Rhino-Laryngologie  
Chirurgie Générale  
Pédiatrie  
Chirurgie Générale [Dir. de l' ERPPLM](#)

### **Janvier 2004**

Pr. ABDELLAH El Hassan  
Pr. AMRANI Mariam  
Pr. BENBOUZID Mohammed Anas  
Pr. BENKIRANE Ahmed\*  
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. HACHI Hafid  
Pr. JABOUIRIK Fatima  
Pr. KHARMAZ Mohamed  
Pr. MOUGHIL Said  
Pr. OUBAAZ Abdelbarre\*  
Pr. TARIB Abdelilah\*  
Pr. TIJAMI Fouad  
Pr. ZARZUR Jamila

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

### **Janvier 2005**

Pr. ABBASSI Abdellah  
Pr. AL KANDRY Sif Eddine\*  
Pr. ALLALI Fadoua

Chirurgie réparatrice et plastique  
Chirurgie Générale  
Rhumatologie

\*Enseignant militaire

Pr. AMAZOUZI Abdellah  
Pr. BAHIRI Rachid  
Pr. BARKAT Amina  
Pr. BENYASS Aatif\*  
Pr. DOUDOUH Abderrahim\*  
Pr. HESSISSEN Leila  
Pr. JIDAL Mohamed\*  
Pr. LAAROUSSI Mohamed  
Pr. LYAGOUBI Mohammed  
Pr. SBIHI Souad  
Pr. ZERAIDI Najia

Ophtalmologie  
Rhumatologie [Dir. Hôp. Al Ayachi Salé](#)  
Pédiatrie  
Cardiologie  
Biophysique  
Pédiatrie  
Radiologie  
Chirurgie Cardio-vasculaire  
Parasitologie  
Histo-Embryologie Cytogénétique  
Gynécologie Obstétrique

#### **AVRIL 2006**

Pr. ACHEMLAL Lahsen\*  
Pr. BELMEKKI Abdelkader\*  
Pr. BENCHEIKH Razika  
Pr. BOUHAFS Mohamed El Amine  
Pr. BOULAHYA Abdellatif\*

Rhumatologie  
Hématologie  
O.R.L  
Chirurgie - Pédiatrique  
Chirurgie Cardio – Vasculaire. [Dir. Hôp. Ibn Sina](#)

#### **Marr.**

Pr. CHENGUETI ANSARI Anas  
Pr. DOGHMI Nawal  
Pr. FELLAT Ibtissam  
Pr. FAROUDY Mamoun  
Pr. HARMOUCHE Hicham  
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. SOUALHI Mouna  
Pr. TELLAL Saida\*  
Pr. ZAHRAOUI Rachida

Gynécologie Obstétrique  
Cardiologie  
Cardiologie  
Anesthésie Réanimation  
Médecine interne  
Microbiologie  
Radiologie  
Urologie  
Pédiatrie  
Psychiatrie  
Chirurgie – Pédiatrique  
Pharmacie Galénique  
Parasitologie  
Radiothérapie  
Psychiatrie  
Endocrinologie  
Pneumo – Phtisiologie  
Biochimie  
Pneumo – Phtisiologie

#### **Octobre 2007**

Pr. ABIDI Khalid  
Pr. ACHACHI Leila  
Pr. AMHAJJI Larbi\*  
Pr. AOUI Sarra  
Pr. BAITE Abdelouahed\*  
Pr. BALOUCH Lhousaine\*  
Pr. BENZIANE Hamid\*  
Pr. BOUTIMZINE Nourdine  
Pr. CHERKAOUI Naoual\*

Réanimation médicale  
Pneumo phtisiologie  
Traumatologie orthopédie  
Parasitologie  
Anesthésie réanimation  
Biochimie-Chimie  
Pharmacie Clinique  
Ophtalmologie  
Pharmacie galénique

\*Enseignant militaire

Pr. EL BEKKALI Youssef\*  
Pr. EL ABSI Mohamed  
Pr. EL MOUSSAOUI Rachid  
Pr. EL OMARI Fatima  
Pr. GHARIB Nouredine  
Pr. HADADI Khalid\*  
Pr. ICHOU Mohamed\*  
Pr. ISMAILI Nadia  
Pr. KEBDANI Tayeb  
Pr. LOUZI Lhoussain\*  
Pr. MADANI Naoufel  
Pr. MARC Karima  
Pr. MASRAR Azlarab  
Pr. OUZZIF Ez zohra\*  
Pr. SEFFAR Myriame  
Pr. SEKHSOKH Yessine\*  
Pr. SIFAT Hassan\*  
Pr. TACHFOUTI Samira  
Pr. TAJDINE Mohammed Tariq\*  
Pr. TANANE Mansour\*  
Pr. TLIGUI Houssain  
Pr. TOUATI Zakia

Chirurgie cardio-vasculaire  
Chirurgie Générale  
Anesthésie réanimation  
Psychiatrie  
Chirurgie plastique et réparatrice  
Radiothérapie  
Oncologie Médicale  
Dermatologie  
Radiothérapie  
Microbiologie  
Réanimation médicale  
Pneumo phtisiologie  
Hématologie biologique  
Biochimie-Chimie  
Microbiologie  
Microbiologie  
Radiothérapie  
Ophtalmologie  
Chirurgie Générale  
Traumatologie-Orthopédie  
Parasitologie  
Cardiologie

### **Mars 2009**

Pr. ABOUZHAR Ali\*  
Pr. AGADR Aomar\*  
Pr. AIT ALI Abdelmounaim\*  
Pr. AKHADDAR Ali\*  
Pr. ALLALI Nazik  
Pr. AMINE Bouchra  
Pr. ARKHA Yassir  
Pr. BELYAMANI Lahcen\*  
Pr. BJIJOU Younes  
Pr. BOUHSAIN Sanae\*  
Pr. BOUI Mohammed\*  
Pr. BOUNAIM Ahmed\*  
Pr. BOUSSOUGA Mostapha\*  
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. LAMSAOURI Jamal\*  
Pr. MARMADÉ Lahcen

Médecine interne  
Pédiatrie  
Chirurgie Générale  
Neuro-chirurgie  
Radiologie  
Rhumatologie  
Neuro-chirurgie [Dir. Hôp. Spécialités Rabat](#)  
Anesthésie Réanimation  
Anatomie  
Biochimie-Chimie  
Dermatologie  
Chirurgie Générale  
Traumatologie-Orthopédie  
Chirurgie Vasculaire Périphérique  
Hématologie clinique  
Chirurgie Générale  
Microbiologie  
Médecine interne  
Gynécologie obstétrique  
Rhumatologie  
Gastro-entérologie  
Pédiatrie  
Pédiatrie  
Chimie Thérapeutique  
Chirurgie Cardio-vasculaire

\*Enseignant militaire

Pr. MESKINI Toufik  
Pr. MSSROURI Rahal  
Pr. NASSAR Ittimade  
Pr. OUKERRAJ Latifa  
Pr. RHORFI Ismail Abderrahmani\*

Pédiatrie  
Chirurgie Générale  
Radiologie  
Cardiologie  
Pneumo-Phtisiologie

### **Octobre 2010**

Pr. ALILOU Mustapha  
Pr. AMEZIANE Taoufiq\*  
Pr. BELAGUID Abdelaziz  
Pr. CHADLI Mariama\*  
Pr. CHEMSI Mohamed\*  
Pr. DAMI Abdellah\*  
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. MOSADIK Ahlam  
Pr. MOUJAHID Moutassir\*  
Pr. ZOUAIDIA Fouad

Anesthésie réanimation  
Médecine interne  
Physiologie  
Microbiologie  
Médecine Aéronautique  
Biochimie- Chimie  
Chirurgie Pédiatrique  
Pédiatrie  
Radiologie  
Chirurgie Plastique et Réparatrice  
Urologie  
Gastro-Entérologie  
Anatomie Pathologique  
Anesthésie Réanimation  
Chirurgie Générale  
Anatomie Pathologique

### **Decembre 2010**

Pr. ZNATI Kaoutar

Anatomie Pathologique

### **Mai 2012**

Pr. AMRANI Abdelouahed  
Pr. ABOUELALAA Khalil\*  
Pr. BENCHEBBA Driss\*  
Pr. DRISSI Mohamed\*  
Pr. EL ALAOUI MHAMDI Mouna  
Pr. EL OUAZZANI Hanane\*  
Pr. ER-RAJI Mounir Chirurgie  
Pr. JAHID Ahmed

Chirurgie Pédiatrique  
Anesthésie Réanimation  
Traumatologie-Orthopédie  
Anesthésie Réanimation  
Chirurgie Générale  
Pneumophtisiologie  
Pédiatrique  
Anatomie Pathologique

### **Février 2013**

Pr. AHID Samir  
Pr. AIT EL CADI Mina  
Pr. AMRANI HANCHI Laila  
Pr. AMOR Mourad  
Pr. AWAB Almahdi  
Pr. BELAYACHI Jihane  
Pr. BELKHADIR Zakaria Houssain  
Pr. BENCHEKROUN Laila  
Pr. BENKIRANE Souad  
Pr. BENSghir Mustapha\*  
Pr. BENYAHIA Mohammed\*

Pharmacologie [Doyen FP de l'UM6SS](#)  
Toxicologie  
Gastro-Entérologie  
Anesthésie-Réanimation  
Anesthésie-Réanimation  
Réanimation Médicale  
Anesthésie-Réanimation  
Biochimie-Chimie  
Hématologie  
Anesthésie Réanimation  
Néphrologie

\*Enseignant militaire

Pr. BOUATIA Mustapha	Chimie Analytique et Bromatologie
Pr. BOUABID Ahmed Salim*	Traumatologie orthopédie
Pr BOUTARBOUCH Mahjouba	Anatomie
Pr. CHAIB Ali*	Cardiologie
Pr. DENDANE Tarek	Réanimation Médicale
Pr. DINI Nouzha*	Pédiatrie
Pr. ECH-CHERIF EL KETTANI Mohamed Ali	Anesthésie Réanimation
Pr. ECH-CHERIF EL KETTANI Najwa	Radiologie
Pr. ELFATEMI NIZARE	Neuro-chirurgie
Pr. EL GUERROUJ Hasnae	Médecine Nucléaire
Pr. EL HARTI Jaouad	Chimie Thérapeutique
Pr. EL JAOUDI Rachid*	Toxicologie
Pr. EL KABABRI Maria	Pédiatrie
Pr. EL KHANNOUSSI Basma	Anatomie Pathologique
Pr. EL KHLouFI Samir	Anatomie
Pr. EL KORAICHI Alae	Anesthésie Réanimation
Pr. EN-NOUALI Hassane*	Radiologie
Pr. ERRGUIG Laila	Physiologie
Pr. FIKRI Meryem	Radiologie
Pr. GHFIR Imade	Médecine Nucléaire
Pr. IMANE Zineb	Pédiatrie
Pr. IRAQI Hind	Endocrinologie et maladies métaboliques
Pr. KABBAJ Hakima	Microbiologie
Pr. KADIRI Mohamed*	Psychiatrie
Pr. LATIB Rachida	Radiologie
Pr. MAAMAR Mouna Fatima Zahra	Médecine interne
Pr. MEDDAH Bouchra	Pharmacologie <b><u>Directrice du Méd. Phar.</u></b>
Pr. MELHAOUI Adyl	Neuro-chirurgie
Pr. MRABTI Hind	Oncologie Médicale
Pr. NEJJARI Rachid	Pharmacognosie
Pr. OUBEJJA Houda	Chirurgie Pédiatrique
Pr. OUKABLI Mohamed*	Anatomie Pathologique
Pr. RAHALI Younes	Pharmacie Galénique <b><u>Vice-Doyen à la Pharmacie</u></b>
Pr. RATBI Ilham	Génétique
Pr. RAHMANI Mounia	Ne Urologie
Pr. REDA Karim*	Ophtalmologie
Pr. REGRAGUI Wafa	Ne Urologie
Pr. RKAIN Hanan	Physiologie
Pr. ROSTOM Samira	Rhumatologie
Pr. ROUAS Lamiaa	Anatomie Pathologique
Pr. ROUIBAA Fedoua*	Gastro-Entérologie
Pr SALIHOUN Mouna	Gastro-Entérologie
Pr. SAYAH Rochde	Chirurgie Cardio-Vasculaire
Pr. SEDDIK Hassan*	Gastro-Entérologie
Pr. ZERHOUNI Hicham	Chirurgie Pédiatrique
Pr. ZINE Ali*	Traumatologie Orthopédie

#### **AVRIL 2013**

Pr. EL KHATIB MOHAMED KARIM\*

Stomatologie et Chirurgie Maxillo-faciale

\*Enseignant militaire

### **MAI 2013**

Pr. BOUSLIMAN Yassir\* Toxicologie

### **MARS 2014**

Pr. ACHIR Abdellah	Chirurgie Thoracique
Pr. BENCHAKROUN Mohammed*	Traumatologie- Orthopédie
Pr. BOUCHIKH Mohammed	Chirurgie Thoracique
Pr. EL KABBAJ Driss*	Néphrologie
Pr. FILALI Karim*	Anesthésie-Réanimation <b>Dir. ERSSM</b>
Pr. EL MACHTANI IDRISSE Samira*	Biochimie-Chimie
Pr. HARDIZI Houyam	Histologie- Embryologie-Cytogénétique
Pr. HASSANI Amale*	Pédiatrie
Pr. HERRAK Laila	Pneumologie
Pr. JEAIDI Anass*	Hématologie Biologique
Pr. KOUACH Jaouad*	Génécologie-Obstétrique
Pr. MAKRAM Sanaa*	Pharmacologie
Pr. RHISSASSI Mohamed Jaafar	CCV
Pr. SEKKACH Youssef*	Médecine interne
Pr. TAZI MOUKHA Zakia	Génécologie-Obstétrique

### **DECEMBRE 2014**

Pr. ABILKACEM Rachid*	Pédiatrie
Pr. AIT BOUGHIMA Fadila	Médecine Légale
Pr. BEKKALI Hicham*	Anesthésie-Réanimation
Pr. BENAZZOU Salma	Chirurgie Maxillo-Faciale
Pr. BOUABDELLAH Mounya	Biochimie-Chimie
Pr. BOUCHRIK Mourad*	Parasitologie
Pr. DERRAJI Soufiane*	Pharmacie Clinique
Pr. EL AYOUBI EL IDRISSE Ali	Anatomie
Pr. EL GHADBANE Abdedaim Hatim*	Anesthésie-Réanimation
Pr. EL MARJANY Mohammed*	Radiothérapie
Pr. FEJJAL Nawfal	Chirurgie réparatrice et plastique
Pr. JAHIDI Mohamed*	O.R.L
Pr. LAKHAL Zouhair*	Cardiologie
Pr. OUDGHIRI NEZHA	Anesthésie-Réanimation
Pr. RAMI Mohamed	Chirurgie Pédiatrique
Pr. SABIR Maria	Psychiatrie
Pr. SBAI IDRISSE Karim*	Médecine préventive, santé publique et Hyg.

### **AOUT 2015**

Pr. MEZIANE Meryem	Dermatologie
Pr. TAHIRI Latifa	Rhumatologie

### **JANVIER 2016**

Pr. BENKABBOU Amine	Chirurgie Générale
Pr. EL ASRI Fouad*	Ophtalmologie
Pr. ERRAMI Nouredine*	O.R.L

\*Enseignant militaire

### **JUIN 2017**

Pr. ABI Rachid*	Microbiologie
Pr. ASFALOU Ilyasse*	Cardiologie
Pr. BOUAITI El Arbi*	Médecine préventive, santé publique et Hyg.
Pr. BOUTAYEB Saber	Oncologie Médicale
Pr. EL GHISSASSI Ibrahim	Oncologie Médicale
Pr. HAFIDI Jawad	Anatomie
Pr. MAJBAR Mohammed Anas	Chirurgie Générale
Pr. OURAINI Saloua*	O.R.L
Pr. RAZINE Rachid	Médecine préventive, santé publique et Hyg.
Pr. SOUADKA Amine	Chirurgie Générale
Pr. ZRARA Abdelhamid*	Immunologie

### **PROFESSEURS AGREGES :**

#### **JANVIER 2005**

Pr. HAJJI Leila	Cardiologie (mise en disponibilité)
-----------------	-------------------------------------

#### **MAI 2018**

Pr. AMMOURI Wafa	Médecine interne
Pr. BENTALHA Aziza	Anesthésie-Réanimation
Pr. EL AHMADI Brahim	Anesthésie-Réanimation
Pr. EL HARRECH Youness*	Urologie
Pr. EL KACEMI Hanan	Radiothérapie
Pr. EL MAJJAOUI Sanaa	Radiothérapie
Pr. FATIHI Jamal*	Médecine interne
Pr. GHANNAM Abdel-Ilah	Anesthésie-Réanimation
Pr. JROUNDI Imane	Médecine préventive, santé publique et Hyg.
Pr. MOATASSIM BILLAH Nabil	Radiologie
Pr. TADILI Sidi Jawad	Anesthésie-Réanimation
Pr. TANZ Rachid*	Oncologie Médicale

#### **NOVEMBRE 2018**

Pr. AMELLAL Mina	Anatomie
Pr. SOULY Karim	Microbiologie
Pr. TAHRI Rajae	Histologie-Embryologie--Cytogénétique

#### **NOVEMBRE 2019**

Pr. AATIF Taoufiq*	Néphrologie
Pr. ACHBOUK Abdelhafid*	Chirurgie réparatrice et plastique
Pr. ANDALOUSSI SAGHIR Khalid	Radiothérapie
Pr. BABA HABIB Moulay Abdellah*	Génycologie-Obstétrique
Pr. BASSIR Rida Allah	Anatomie
Pr. BOUATTAR Tarik	Néphrologie
Pr. BOUFETTAL Monsef	Anatomie
Pr. BOUCHENTOUF Sidi Mohammed*	Chirurgie-Générale
Pr. BOUZELMAT Hicham*	Cardiologie
Pr. BOUKHRIS Jalal*	Traumatologie-Orthopédie
Pr. CHAFRY Bouchaib*	Traumatologie-Orthopédie

\*Enseignant militaire

Pr. CHAHDI Hafsa*	Anatomie pathologique
Pr. CHERIF EL ASRI ABAD*	Neuro-chirurgie
Pr. DAMIRI Amal*	Anatomie Pathologique
Pr. DOGHMI Nawfal*	Anesthésie-Réanimation
Pr. ELALAOUI Sidi-Yassir	Pharmacie-Galénique
Pr. EL ANNAZ Hicham*	Virologie
Pr. EL HASSANI Moulay El Mehdi*	Gynécologie-Obstétrique
Pr. EL HJOUJI Abderrahman*	Chirurgie Générale
Pr. EL KAOUI Hakim*	Chirurgie Générale
Pr. EL WALI Abderrahman*	Anesthésie-Réanimation
Pr. EN-NAFAA Issam*	Radiologie
Pr. HAMAMA Jalal*	Stomatologie et Chirurgie Maxillo-faciale
Pr. HEMMAOUI Bouchaib*	O.R.L
Pr. HJIRA Naouafal*	Dermatologie
Pr. JIRA Mohamed*	Médecine interne
Pr. JNENE Asmaa	Physiologie
Pr. LARAQUI Hicham*	Chirurgie-Générale
Pr. MAHFOUD Tarik*	Oncologie Médicale
Pr. MEZIANE Mohammed*	Anesthésie-Réanimation
Pr. MOUTAKI ALLAH Younes*	Chirurgie Cardio-Vasculaire
Pr. MOUZARI Yassine*	Ophtalmologie
Pr. NAOUI Hafida*	Parasitologie-Mycologie
Pr. OBTEL MAJDOULINE	Médecine préventive, santé publique et Hyg.
Pr. OURRAI ABDELHAKIM*	Pédiatrie
Pr. SAOUAB RACHIDA*	Radiologie
Pr. SBITTI YASSIR*	Oncologie Médicale
Pr. ZADDOUG OMAR*	Traumatologie-Orthopédie
Pr. ZIDOUH SAAD*	Anesthésie-Réanimation

### **SEPTEMBRE 2021**

Pr. ABABOU Karim*	Chirurgie réparatrice et plastique
Pr. ALAOUI SLIMANI Khaoula*	Oncologie Médicale
Pr. ATOUF OUFAA	Immunologie
Pr. BAKALI Youness	Chirurgie Générale
Pr. BAMOUS Mehdi*	CCV
Pr. BELBACHIR Siham	Psychiatrie
Pr. BELKOUCH Ahmed*	Médecine des Urgences et des Catastrophes
Pr. BENNIS Azzelarab*	Traumatologie-Orthopédie
Pr. CHAFAI ELALAOUI Siham	Génétique
Pr. DOUMIRI Mouhssine	Anesthésie-Réanimation
Pr. EDDERAI Meryem*	Radiologie
Pr. EL KTAIBI Abderrahim*	Anatomie Pathologique
Pr. EL MAAROUFI Hicham*	Hématologie Clinique
Pr. EL OMRI Noual*	Médecine interne
Pr. ELQATNI Mohamed*	Médecine interne
Pr. FAHRY Aicha*	Pharmacie Galénique
Pr. IBRAHIM RAGAB MOUNTASSER Dina*	Néphrologie
Pr. IKEN Maryem	Parasitologie
Pr. JAAFARI Abdelhamid*	Anesthésie-Réanimation

\*Enseignant militaire

Pr. KHALFI Lahcen\*  
Pr. KHEYI Jamal\*  
Pr. Khibri Hajar  
Pr. LAAMRANI Fatima Zahrae  
Pr. LABOUDI Fouad  
Pr. LAHKIM Mohamed\*  
Pr. MEKAOUI Nour  
Pr. MOJEMMI Brahim  
Pr. OUDRHIRI Mohammed Yassaad  
Pr. SATTE AMAL\*  
Pr. SOUHI Hicham\*  
Pr. TADLAOUI Yasmina\*  
Pr. TAGAJDID Mohamed Rida\*  
Pr. ZAHID Hafid\*  
Pr. ZAJJARI Yassir\*  
Pr. ZAKARYA Imane\*

Stomatologie et Chirurgie Maxillo-Faciale  
Cardiologie  
Médecine interne  
Radiologie  
Psychiatrie  
Radiologie  
Pédiatrie  
Chimie Analytique  
Neurochirurgie  
Neurologie  
Pneumo-phtisiologie  
Pharmacie Clinique  
Virologie  
Hématologie  
Néphrologie  
Pharmacognosie

\*Enseignant militaire

## 2 - ENSEIGNANTS-CHERCHEURS SCIENTIFIQUES

### PROFESSEURS DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR :

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. BARKIYOU Malika	Histologie-Embryologie
Pr. BOUHOUCHE Ahmed	Génétique Humaine
Pr. BOUKLOUZE Abdelaziz	Applications Pharmaceutiques
Pr. DAKKA Taoufiq	Physiologie <b>Vice-Doyen chargé de la Rech. et de la Coop.</b>
Pr. FAOUZI Moulay El Abbas	Pharmacologie
Pr. IBRAHIMI Azeddine	Biologie moléculaire/Biotechnologie
Pr. OULAD BOUYAHYA IDRISSE Med	Chimie Organique
Pr. RIDHA Ahlam	Chimie
Pr. TOUATI Driss	Pharmacognosie
Pr. ZAHIDI Ahmed	Pharmacologie

### PROFESSEURS HABILITES :

Pr. AANNIZ Tarik	Microbiologie et Biologie moléculaire
Pr. BENZEID Hanane	Chimie
Pr. CHAHED OUZZANI Lalla Chadia	Biochimie-Chimie
Pr. CHERGUI Abdelhak	Botanique, Biologie et physiologie végétales
Pr. DOUKKALI Anass	Chimie Analytique
Pr. EL BAKKALI Mustapha	Physiologie
Pr. EL JASTIMI Jamila	Chimie
Pr. KHANFRI Jamal Eddine	Histologie-Embryologie
Pr. LAZRAK Fatima	Chimie
Pr. LYAHYAI Jaber	Génétique
Pr. OUADGHIRI Mouna	Microbiologie et Biologie
Pr. RAMLI Youssef	Chimie Organique Pharmaco-Chimie
Pr. SERRAGUI Samira	Pharmacologie
Pr. TAZI Ahnini	Génétique
Pr. YAGOUBI Maamar	Eau, Environnement

Mise à jour le 21/02/2022  
KHALED Abdellah  
Chef du Service des Affaires Administratives  
FMPR

\*Enseignant militaire

# **DEDICACES**

*A mes très chers parents simohamed diaa et asmaa*

*khamlich*

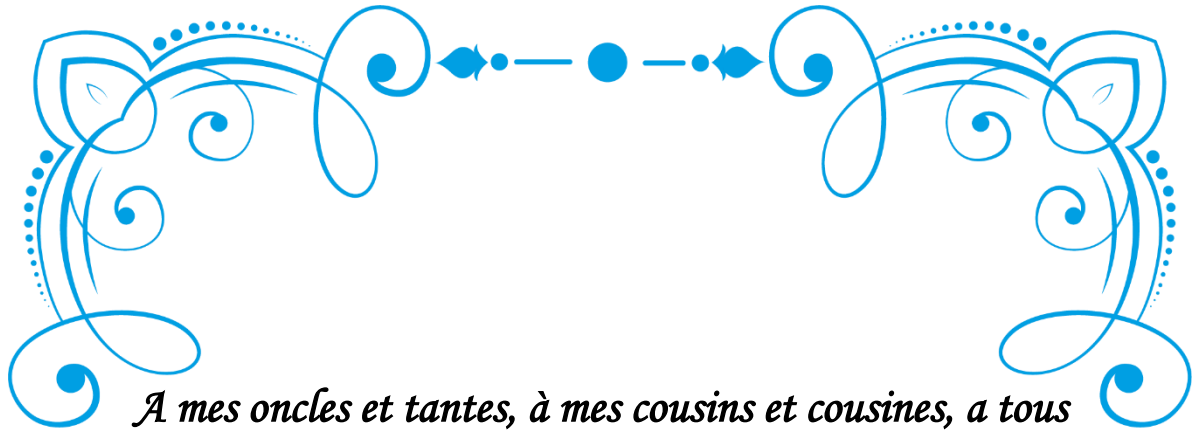
*A ceux qui ont toujours été là pour moi, qui m'ont inculqué le savoir, qui m'ont prodigués les valeurs de vie, qui ont veillé à mon éducation et mon bien-être, qui m'ont appris le sens de la responsabilité et du travail. Je vous remercie pour vos sacrifices, votre soutien et votre encouragement durant mon long cursus, sans vous je n'en serais pas arrivée là. Vous avez été un exemple pour moi à suivre, et vous le serez toujours, une vraie école de vie avec qui je ne cesse d'apprendre tous les jours. Aucun de mes mots ne pourra exprimer votre juste valeur, ainsi que le respect, la reconnaissance, l'estime et l'amour que je porte pour vous. Je vous dédie ce travail, le fruit de longues années d'études et d'apprentissage, le résultat de vos conseils et votre soutien continu, et le témoignage de ma profonde gratitude et reconnaissance. Que dieu vous préserve et protège des malheurs de la vie, vous procure longue vie, bonheur et santé.*

*A mon frère yassine diaa et ma sœur sara diaa*

*A ceux que j'adore. Je me permets de vous remettre à chacun une  
dédicace en guise de mon amour et mon affection pour vous. Je  
partage en ce jour, ma joie avec vous et je vous remercie d'avoir  
été à mes côtés. Je vous souhaite un avenir radieux, pleins de  
santé, de réussite et de joie. Que dieu vous préserve et consolide  
nos liens.*

*A mes grands parents : aicha et ahmed, salah et fatima*

*A ceux qui occupent une grande place dans mon cœur. Je vous  
remercie pour votre bienveillance, votre gentillesse et votre  
amour. Ce travail est une dédicace en guise de mon respect,  
affection et amour pour vous. Que dieu te protège ma chère  
mima lalla aicha et que vos âmes reposent en paix fatima, salah  
et ahmed.*



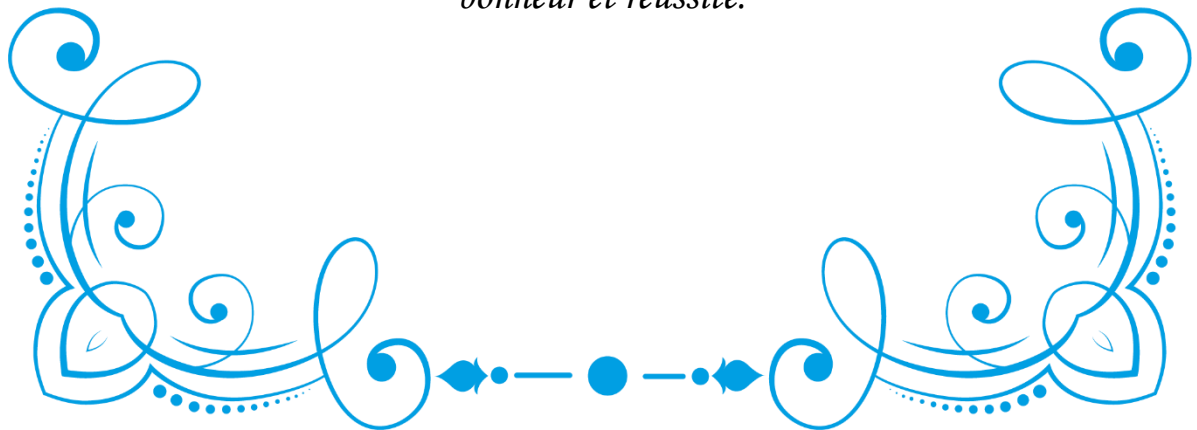
*A mes oncles et tantes, à mes cousins et cousines, à tous*

*les membres de la famille : diaa et khamlich*

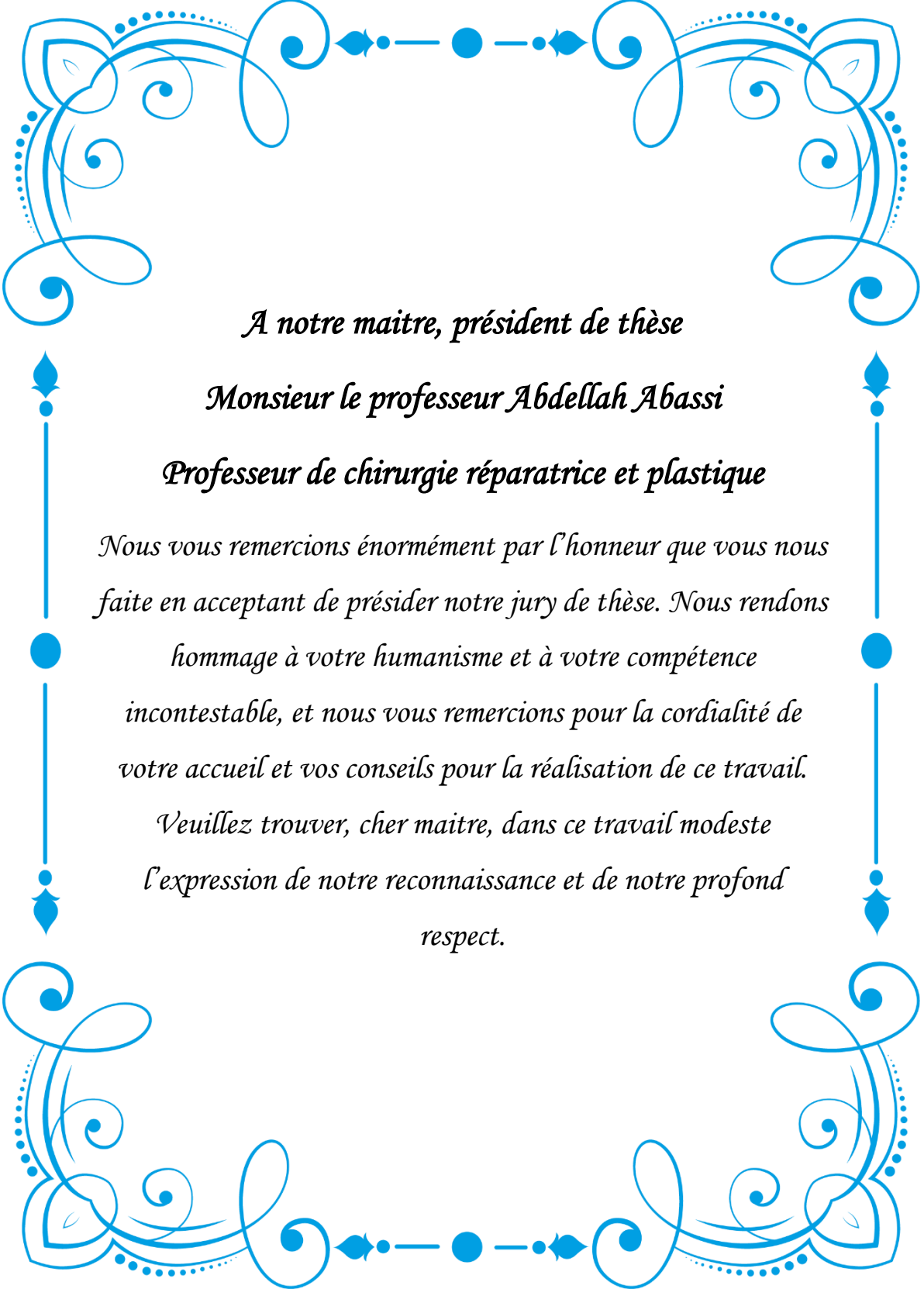
*Je vous offre ce travail en l'expression de mes sentiments et de mes remerciements pour votre encouragement et affection. Je vous espère un avenir prospère et une vie pleine de bonne santé, succès et joie.*

*A mes amis et amies*

*Je vous remercie d'avoir toujours été présents, pour votre soutien et encouragement, et pour votre sincère amitié. Avec tout mon amour et affection, je vous dédie cette thèse et je vous souhaite bonheur et réussite.*



# **REMERCIEMENTS**



*A notre maitre, président de thèse*

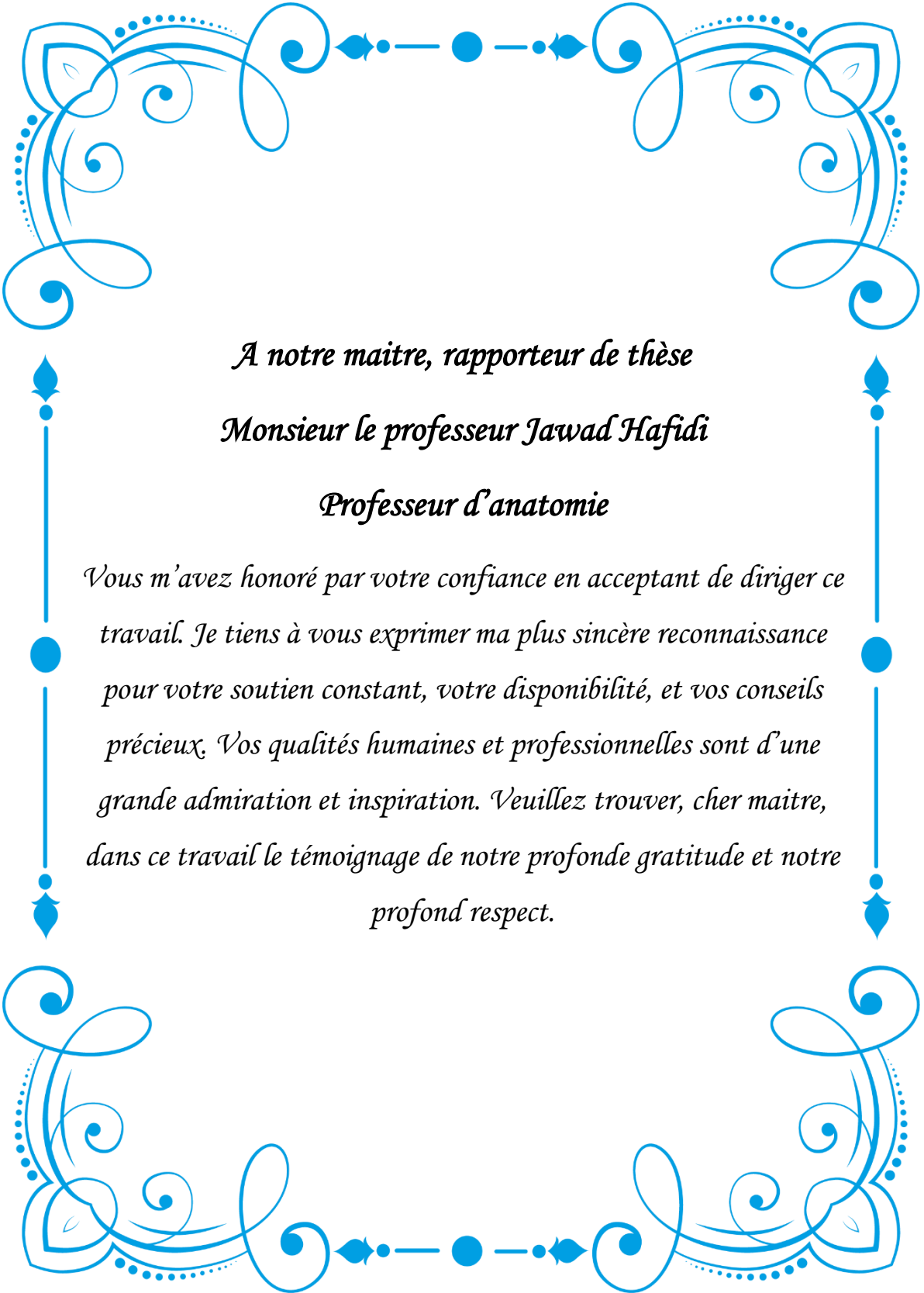
*Monsieur le professeur Abdellah Abassi*

*Professeur de chirurgie réparatrice et plastique*

*Nous vous remercions énormément par l'honneur que vous nous  
faite en acceptant de présider notre jury de thèse. Nous rendons*

*hommage à votre humanisme et à votre compétence  
incontestable, et nous vous remercions pour la cordialité de  
votre accueil et vos conseils pour la réalisation de ce travail.*

*Veillez trouver, cher maitre, dans ce travail modeste  
l'expression de notre reconnaissance et de notre profond  
respect.*

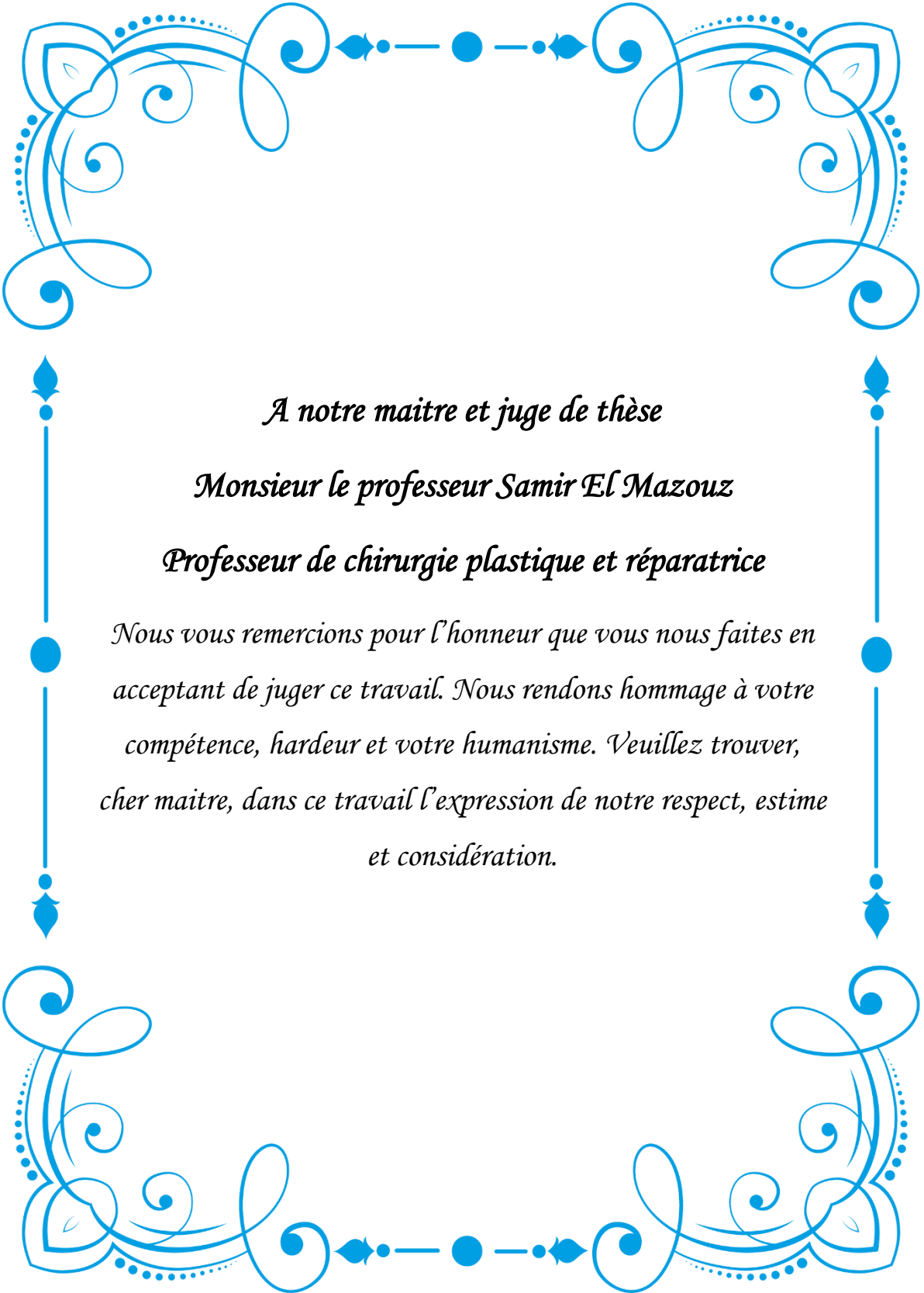


*A notre maitre, rapporteur de thèse*

*Monsieur le professeur Jawad Hafidi*

*Professeur d'anatomie*

*Vous m'avez honoré par votre confiance en acceptant de diriger ce travail. Je tiens à vous exprimer ma plus sincère reconnaissance pour votre soutien constant, votre disponibilité, et vos conseils précieux. Vos qualités humaines et professionnelles sont d'une grande admiration et inspiration. Veuillez trouver, cher maitre, dans ce travail le témoignage de notre profonde gratitude et notre profond respect.*



*A notre maitre et juge de thèse*

*Monsieur le professeur Samir El Mazouz*

*Professeur de chirurgie plastique et réparatrice*

*Nous vous remercions pour l'honneur que vous nous faites en acceptant de juger ce travail. Nous rendons hommage à votre compétence, hardueur et votre humanisme. Veuillez trouver, cher maitre, dans ce travail l'expression de notre respect, estime et considération.*



*A notre maitre et juge de thèse*

*Monsieur le professeur Noureddine Gharib*

*Professeur de chirurgie plastique et réparatrice*

*C'est un grand privilège de vous compter parmi nous dans  
notre jury de thèse. Vous nous honorez énormément en  
acceptant de juger ce modeste travail. Veuillez trouver dans  
ce travail, cher maitre, l'expression de ma profonde  
reconnaissance et ma grande considération.*

# LISTE DES ABREVIATIONS

**LASER** : light amplification by stimulated emission of radiation

**MASER** : microwave amplification by stimulated emission of radiation

**UV** : ultraviolet

**IR** : infrarouge

**SPTL** : photothermolysé sélective

**P** : puissance

**E** : énergie

**T** : temps

**S** : surface

**V** : volt

**W** : watt

**S** : seconde

**μS** : microseconde

**mS** : milliseconde

**nS** : nanoseconde

**μm** : micromètre

**nm** : nanomètre

**mm** : millimètre

**KHz** : kilohertz

**μa** : coefficient d'absorption

**μs** : coefficient de diffusion

**AP** : angiomes plans

**DNRO** : distance nominale du risque oculaire

**LASER Nd-YAG ou YAG** : laser grenat d'yttrium-aluminium dopé au néodyme

**LASER ER-YAG** : laser grenat d'aluminium et d'yttrium dopé à l'erbium

**LASER KTP** : laser potassium-titanyl-phosphate

**LASER He-Ne** : laser hélium-néon

**LASER ArF** : laser à fluorure d'argon

**LASER KrF** : laser à fluorure de krypton

**LASER XeCl** : laser xenon monochloride

**LASER Nd-YAP ou YAP** : laser pérovskite d'yttrium et d'aluminium dopé au néodyme

**LASER LCP ou LPC** : laser à colorant pulsé

**LASER QS** : laser q-switched

**LASER Er-GLASS** : laser erbium glass

**LASER LP** : laser à impulsions longues

**Lampe IPL** : lumière intense pulsée

**LED** : Light Emitting Diode

**GaAs** : arséniure de gallium

**PDT** : thérapie photodynamique

**PDL** : pulsed dye laser

**PBM** : photobiomodulation

**P.ACNES** : propionobacterium acnes

**MTZ** : microthermal treatment zones

**MEP** : matériel à émission photonique

# **LISTE DES ILLUSTRATIONS**

# LISTE DES FIGURES

Figure 1 : les différents types de cellules épidermiques.....	9
Figure 2 : les différentes couches de l'épiderme.....	10
Figure 3 : anatomie du poil .....	13
Figure 4 : cycle de croissance du poil .....	14
Figure 5 : les annexes cutanées .....	15
Figure 6 : anatomie et structure de la peau.....	16
Figure 7 : spectre électromagnétique .....	18
Figure 8 : modélisation de l'émission spontanée .....	19
Figure 9 : modélisation de l'absorption .....	19
Figure 10 : modélisation de l'émission stimulée .....	20
Figure 11 : schéma du principe de fonctionnement du laser.....	21
Figure 12 : schéma d'un laser solide (le laser rubis) .....	22
Figure 13 : pureté spectrale .....	24
Figure 14 : le faisceau laser est cylindrique avec des rayons lumineux quasi-parallèles.....	25
Figure 15 : cohérence des rayons lumineux d'un laser .....	25
Figure 16 : schéma représentant les modes d'émission des lasers .....	28
Figure 17 : différentes longueurs d'onde des différents lasers .....	28
Figure 18 : schéma des 3 étapes de l'action thermique .....	32
Figure 19 : les différents effets obtenus avec les lasers sur les tissus biologiques, en fonction de la durée d'émission du laser et de l'irradiance .....	33
Figure 20 : les types d'interactions laser-tissu cible .....	34
Figure 21 : spectre d'absorption des 3 principaux chromophores des tissus (eau, hémoglobine et mélanine) .....	35
Figure 22 : profondeur de pénétration dans la peau des différents lasers en fonction de la longueur d'onde .....	36
Figure 23 : le bras articulé .....	41
Figure 24 : la fibre optique.....	42
Figure 25 : le guide onde-creux .....	43

Figure 26 : les différents types d'épilation laser du maillot.....	55
Figure 27 : fine crotelles après épilation laser (j15) .....	58
Figure 28 : stimulation pileaire .....	58
Figure 29 : hypochromie après brulure laser sur peau bronzée.....	59
Figure 30 : aspect clinique avant/après une séance d'épilation laser (à 2mois) et après 3séances (à 6mois) du dos .....	60
Figure 31 : épilation laser des aisselles: aspect avant/après une séance de traitement laser (à 2mois) .....	60
Figure 32 : cicatrice profonde de la joue : résultats obtenus après 4 séances de laser Fraxel non-ablatif.....	63
Figure 33 : cicatrice érythémateuse latéro-cervicale: aspect avant/après 4séances de traitement par laser à colorant pulsé .....	64
Figure 34 : cicatrice hyperchromique.....	65
Figure 35 : cicatrice avec anomalie de relief (séquelles de brulures): aspect avant/après traitement par laser Erbium de relissage .....	66
Figure 36 : cicatrice chalazodermique d'hémangiome .....	67
Figure 37 : a.lentigos actiniques chez une femme de 50ans .....	71
Figure 38 : taches café au lait: aspect clinique avant/après 3séances de traitement par laser Q-switched Nd-YAG 532nm .....	72
Figure 39 : mosaïcisme pigmentaire du bras: aspect cliniques avant/après 2séances de laser déclenché alexandrite 755nm .....	74
Figure 40 : neavus d'otta: aspect clinique avant/après 4séances de traitement par laser QS ..	75
Figure 41 : aspect clinique avant/après traitement laser de lentigines .....	76
Figure 42 : aspect avant/après traitement des éphélides par laser Qswitched .....	76
Figure 43 : a.naevus congénital en pélerine avant traitement .....	77
Figure 44 : aspect clinique avant/après traitement laser de pigmentations post-inflammatoires .....	78
Figure 45 : tatouage professionnel :aspect avant/après traitement par laser Q-switched (20séances) et après traitement par laser picoseconde (5séances) .....	82
Figure 46 : tatouage en couleur: aspect avant/après détatouage au laser .....	83

Figure 47 : aspect avant/après 1séance et 3séances de détatouage au laser .....	84
Figure 48 : détatouage incomplet résistant et séquelles dyschromiques après traitement par laser QS nanoseconde .....	85
Figure 49 : angiome plan du bébé .....	88
Figure 50 : angiome plan de l'enfant: aspect clinique avant/après 7séances de traitement par laser combiné colorant pulsé et Nd-YAG .....	89
Figure 51 : angiome plan de l'adulte: aspect avant/après traitement par laser vasculaire .....	90
Figure 52 : angiome stellaire :aspect avant/après une séance de traitement par laser YAG....	92
Figure 53 : hémangiome infantile résiduel: aspect clinique avant/après 3séances de traitement par laser Nd-YAG .....	93
Figure 54 : érythrose du visage .....	94
Figure 55 : couperose du visage .....	94
Figure 56 : érythrose du visage: aspect avant/après traitement par laser LPC .....	95
Figure 57 : couperose du visage: aspect avant/après traitement par laser vasculaire KTP .....	95
Figure 58 : varicosités des membres inférieurs: aspect avant/après une séance de traitement par laser Nd-YAG .....	97
Figure 59 : télangiectasies cervico-faciales : .....	97
Figure 60 : principe des lasers ablatifs .....	103
Figure 61 : principe des lasers fractionnels non ablatifs .....	104
Figure 62 : principe des lasers fractionnels ablatifs .....	105
Figure 63 : niveau d'action des lasers ablatifs correspondant aux zones altérées au cours du photovieillissement (épiderme et derme papillaire) .....	107
Figure 64 : photovieillissement marqué avec élastose actinique majeure et rides profondes:résultat après traitement par laser ablatif CO2 ultrapulsé .....	108
Figure 65 : aspect de cicatrices d'acné avant/après 6séances de traitement par laser CO2 ..	109
Figure 66 : sclérose tubéreuse de bourneville avec une atteinte importante du visage:aspect clinique avant/après traitement par laser CO2 continu et laser CO2 ultrapulsé .....	111
Figure 67 : aspect clinique avant/après traitement d'un photovieillissement du visage par laser fractionnel non ablatif Fraxel .....	112
Figure 68 : photovieillissement du visage: aspect avant/après 3séances de traitement par laser	

fractionnel ablatif .....	114
Figure 69 : des suites bien différentes avec les 3types de lasers .....	117
Figure 70 : purpura après une séance de traitement par laser à colorant pulsé (le jour-même du traitement) .....	120
Figure 71 : échelle des phototypes de Fitzpatrick .....	123
Figure 72 : vergetures : aspect avant/après 3séances de traitement par laser fractionné .....	130
Figure 73 : plaques de psoriasis du cuir chevelu : aspect avant/après traitement par laser ..	131
Figure 74 : traitement des onychomycoses par laser.....	132

# LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : la durée du cycle pileux et le pourcentage de poil .....	14
Tableau 2 : temps de relaxation thermique en fonction de la taille de la cible .....	30
Tableau 3 : effet de la température sur les tissus.....	31
Tableau 4 : classification des lasers .....	46
Tableau 5 : les causes de brûlures laser.....	47
Tableau 6 : estimation du nombre de séance en fonction de la zone à traiter chez les femmes .....	54
Tableau 7 : estimation du nombre de séance en fonction de la zone à traiter chez les hommes .....	56
Tableau 8 : efficacité des lasers et zones .....	56
Tableau 9 : les types de lasers pour les cicatrices .....	62
Tableau 10 : arbre décisionnel des cicatrices .....	68
Tableau 11 : les types de lasers pigmentaires et leurs indications .....	78
Tableau 12 : choix du laser en fonction de la couleur du tatouage .....	80
Tableau 13 : tableau comparatif entre tatouage pro/tatouage amateur .....	81
Tableau 14 : les types de lasers vasculaires et leurs indications .....	87
Tableau 15 : traitement vasculaire du visage: arbre décisionnel .....	98
Tableau 16 : traitement vasculaire du corps et membres inférieurs: arbre décisionnel .....	100
Tableau 17 : Les principales différences entre laser ablatif CO2 et laser fractionné.....	102
Tableau 18 : les types de lasers pour rajeunissement et leurs indications .....	106
Tableau 19 : les types de lasers pour l'acné et leur mécanisme d'action .....	110
Tableau 20 : le rajeunissement du visage: arbre décisionnel .....	114
Tableau 21 : les différents lasers et leurs indications .....	118

# SOMMAIRE

<b>Introduction</b> .....	<b>1</b>
<b>Historique</b> .....	<b>3</b>
<b>Rappel anatomique et histologique</b> .....	<b>6</b>
<b>I. Embryologie de la peau :</b> .....	<b>7</b>
1. L'épiderme: .....	7
2. Le derme: .....	8
3. l'hypoderme : .....	8
4. les annexes cutanées : .....	8
<b>II. Structure de la peau :</b> .....	<b>8</b>
1. L'épiderme : .....	8
1.1. Les kératinocytes :.....	9
1.2. Les mélanocytes : .....	10
1.3. Les cellules de langerhans:.....	10
1.4. Les cellules de merkel :.....	10
2. La jonction dermo-épidermique : .....	11
3. Le derme : .....	11
4. L'hypoderme :.....	11
5. Les annexes cutanées : (figure5).....	12
5.1. Les follicules pilo-sébacés : .....	12
5.2. Les glandes sudoripares : .....	14
<b>III. Rôles de la peau :</b> .....	<b>15</b>
<b>Première partie : Principes de fonctionnement du laser</b> .....	<b>17</b>
<b>I. Rappels physiques et énergie laser:</b> .....	<b>18</b>
1. La lumière: .....	18
2. Interaction lumière-matière :.....	18
2.1. Emission spontanée : .....	18

2.2. Absorption :	19
2.3. Emission stimulée :	20
<b>II. Genèse de la lumière laser :</b>	<b>20</b>
1. Principe général de fonctionnement du laser:	20
2. Éléments constitutifs d'un laser:	21
2.1. Le milieu actif :	21
2.2. Le dispositif de pompage:	23
2.3. La cavité résonante :	23
<b>III. Interactions laser-tissus.....</b>	<b>24</b>
1. Caractéristiques de la lumière laser:	24
1.1. Monochromaticité:	24
1.2. Quasi-parallélisme:	24
1.3. 3. Cohérence :	25
1.4. Forte intensité:	26
2. Les paramètres d'une lumière laser:	26
2.1. La puissance (intensité):	26
2.2. L'irradiance ou densité d'énergie:	26
2.3. La fluence:	27
2.4. La durée d'émission:	27
2.5. La taille du faisceau laser :	28
2.6. La longueur d'onde:	28
3. Effets de la lumière laser sur les tissus :	29
3.1. l'effet photomécanique:	29
3.2. L'effet photoablatif:	29
3.3. L'effet photothermique:	29
3.3.1. Conversion de la lumière en chaleur.	30
3.3.2. transfert de chaleur,	30
3.3.3. Réaction tissulaire dépendante de la température:	30
3.4. l'effet photochimique:	32

4. Interaction laser-tissus :	33
4.1. La réflexion :	33
4.2. La transmission:	33
4.3. La diffusion:	34
4.4. L'absorption:	34
4.5. La profondeur de pénétration dans la peau :	34
4.5.1. Notion de chromophore:	34
4.5.2. La profondeur de pénétration dans la peau:	35
<b>IV. Les différents lasers</b>	<b>36</b>
1. Différents laser en fonction de la longueur d'onde :	36
1.1. Laser excimers (308 nm) :	36
1.2. Laser argon (418nm-514nm) :	36
1.3. Laser KTP (ou laser Nd-YAG doublé en fréquence 532nm):	37
1.4. Laser à vapeur de cuivre (510nm-578nm) :	37
1.5. Laser à colorant pulsé (LCP-585-595nm):	38
1.6. Laser alexandrite (755 nm):	38
1.7. Laser Diodes (810 nm):	38
1.8. Laser diode (940 et 980 nm):	38
1.9. Laser Nd-YAG à impulsions longues (1064nm):	39
1.10. Laser Er-Glass (1320, 1450 et 1550):	39
1.11. 11-Laser Er-YAG (2940nm):	39
1.12. Laser CO2 (10600nm):	40
2. Le matériel:	40
2.1. Moyens de transmission du faisceau laser:	40
2.1.1. Le bras articulé avec miroirs:	40
2.1.2. Les fibres optiques:	41
2.1.3. Le guide-ondes creux:	42
2.1.4. Le tir direct:	43
2.2. Accessoires :	43
2.2.1. Pièces à main :	43

2.2.2. Scanners :.....	43
<b>V. Laser et dangerosité.....</b>	<b>45</b>
1. classification des lasers et dangerosité :.....	45
2. Les dangers liés au laser : .....	46
2.1. le risque pour les yeux :.....	46
2.2. le risque pour la peau : .....	46
2.3. Le risque chimique :.....	47
2.4. le risque électrique : .....	48
2.5. le risque d'incendie : .....	48
3. Prévention des différents risques liés au laser : .....	48
3.1. La protection intégrée : .....	48
3.2. La protection collective :.....	49
3.3. La protection individuelle : .....	49
<b>Deuxième partie : Les applications médicales du laser .....</b>	<b>50</b>
<b>I. Les principales applications médicales: .....</b>	<b>51</b>
1. Les lasers dépilatoires: .....	51
1.1. Appareils utilisés: .....	51
1.2. Chromophore cible : la mélanine: .....	51
1.3. Indications: .....	52
1.4. principe et procédure de l'épilation laser : .....	52
1.4.1. Les candidats idéals: .....	52
1.4.2. Préparation à la procédure: .....	53
1.4.3. Principe et procédure de l'épilation au laser: .....	53
1.4.4. Nombre de séances: .....	54
1.5. Effets secondaires: .....	57
1.6. Résultats de l'épilation au laser: .....	59
2. Prise en charge des cicatrices par laser: .....	61
2.1. Appareils utilisés: .....	61
2.2. indications .....	63

2.2.1. Cicatrices chéloïdes et hypertrophiques: .....	63
2.2.2. Cicatrices érythémateuses: .....	63
2.2.3. Cicatrices hyperchromiques: .....	64
2.2.4. Cicatrices hypochromiques: .....	65
2.2.5. Cicatrices avec anomalies de relief: .....	65
2.2.6. Cicatrices en creux: .....	66
2.2.7. Cicatrices atrophiques chalazodermiques:.....	66
2.2.8. Optimisation précoce des cicatrices chirurgicales:.....	67
3. Les lasers pigmentaires: .....	69
3.1. Appareils utilisés: .....	69
3.2. Principe des lasers pigmentaires: .....	69
3.3. Indications: .....	70
3.3.1. Les lésions pigmentaires:.....	70
3.3.1.1 lentigos actiniques ou les lentigos solaires: .....	70
3.3.1.2 Kératoses séborrhéiques : .....	71
3.3.1.3 cernes périorbitaires : .....	71
3.3.1.4 taches café au lait: .....	72
3.3.1.5 nævus spilus : .....	73
3.3.1.6 hamartome de BECKER : .....	73
3.3.1.7 mosaïcismes pigmentaires: .....	73
3.3.1.8 nævus d'OTTA : .....	74
3.3.1.9 Le mélasma : .....	75
3.3.1.10 lentigines et éphélides: .....	75
3.3.1.11 Dermite ocre: .....	76
3.3.1.12 Pigmentations médicamenteuses: .....	76
3.3.1.13 Naevus congénital: .....	77
3.3.1.14 Pigmentations post-inflammatoires: .....	78
3.3.1.15 Effets secondaires : .....	79
3.3.2. Le détatouage:.....	79
3.3.2.1 Appareils utilisés: .....	79

3.3.2.2	Choix du laser (longueur d'onde) en fonction de la couleur du tatouage: .	80
3.3.2.3	Différents types de tatouages: .....	81
3.3.2.4	Résultats: .....	83
3.3.2.5	Effets secondaires du traitement: .....	84
4.	Les lasers vasculaires: .....	85
4.1.	Principe de fonctionnement: .....	85
4.2.	Appareils utilisés: .....	86
4.3.	Indications: .....	88
4.3.1.	Les angiomes: .....	88
4.3.1.1	Angiome plan (figure49): .....	88
4.3.1.2	Angiome stellaire: .....	91
4.3.2.	Les hémangiomes: .....	92
4.3.2.1	Hémangiomes avec séquelles tardives: .....	92
4.3.2.2	Hémangiomes télangiectasiques étendus (membres): .....	93
4.3.2.3	Hémangiomes ulcérés : .....	93
4.3.3.	L'érythrocouperose: .....	93
4.3.4.	Les télangiectasies: .....	95
4.3.4.1	Les varicosités des membres inférieurs: .....	95
4.3.4.2	Les télangiectasies faciales: .....	97
4.3.5.	les malformations lymphatiques : .....	98
4.3.6.	malformations artério-veineuses : .....	98
4.4.	Les effets secondaires des lasers vasculaires : .....	101
5.	Les lasers ablatifs et fractionnels: .....	101
5.1.	Mode d'action : .....	101
5.2.	Appareils utilisés: .....	102
5.2.1.	Les lasers ablatifs: .....	102
5.2.2.	Les lasers fractionnels: .....	104
5.2.2.1	Les lasers fractionnels non ablatifs: .....	104
5.2.2.2	Les lasers fractionnels ablatifs: .....	105
5.3.	Indications: .....	107

5.3.1. Les lasers ablatifs classiques: .....	107
5.3.1.1 Photo-vieillissement sévère du visage: .....	107
5.3.1.2 Acné active et cicatrices d'acné: .....	108
5.3.1.3 Autres indications: .....	111
5.3.2. 3-2-Les lasers fractionnels:.....	112
5.3.2.1 3-2-1-Lasers fractionnels non ablatifs: .....	112
5.3.2.1.1 Photovieillissement du visage: .....	112
5.3.2.1.2 Autres indications:.....	112
5.3.2.2 Lasers fractionnels ablatifs: .....	113
5.4. Effets secondaires et risques: .....	115
5.4.1. Lasers ablatifs classiques :.....	115
5.4.2. Lasers fractionnels :.....	116
<b>II. Les complications et effets indésirables liées à l'utilisation médicale du laser:119</b>	
1. L'œdème : .....	119
2. L'érythème :.....	119
3. Le purpura : .....	119
4. L'hyperpigmentation : .....	120
5. Une hypopigmentation :.....	120
6. Une épidermabrasion : .....	120
7. Un retard de cicatrisation :.....	121
8. L'hypertrophie .....	121
9. Les cicatrices.....	121
10. Les hyperpilosités paradoxales: .....	121
11. La surinfection: .....	122
12. Allergie : .....	122
<b>III. Les contre-indications générales du laser: .....</b>	<b>123</b>
1. l'observance du patient: .....	123
2. Les demandes et attentes irréalistes du patient en esthétique : .....	123
3. La couleur de la peau: .....	123

4. L'allergie au froid :.....	124
5. Le bronzage:.....	124
6. Les troubles de la coagulation: .....	124
7. Les troubles de cicatrisation chroniques ou récents:.....	124
8. Les affections cutanées aiguës non guéries: .....	125
9. Grossesse: .....	125
10. La prise de certains médicaments dits photo-sensibilisant: .....	125
11. Les maladies provoquant une sensibilisation à la lumière:.....	126
12. Les lésions cancéreuses: .....	127
<b>IV. Autres indications:.....</b>	<b>128</b>
1. La cellulite .....	128
2. Les vergetures .....	129
3. Le psoriasis .....	130
4. Les onychomycoses .....	131
<b>Conclusion.....</b>	<b>133</b>
<b>Résumés.....</b>	<b>136</b>
<b>Références bibliographiques .....</b>	<b>140</b>

# **INTRODUCTION**

Le LASER : Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation, acronyme anglais signifiant amplification de la lumière par émission stimulée de rayonnement.

Le concept du laser a été mis au point par Einstein en 1917, mais il a fallu plus de cinquante ans pour que le premier laser voie le jour, et ce n'est qu'en 1959 que la première machine a été développée par Maiman.

Les longueurs d'onde utilisées au début, été celles des micro-ondes, mais les lasers aujourd'hui couvrent tout le spectre des rayonnements électromagnétiques, des rayons X et ultraviolets, aux ondes infrarouges et micrométriques.

Au départ, l'utilité clinique des lasers médicaux était fortement limitée en raison du petit nombre de systèmes laser qui avaient été mis au point. Au fur et à mesure que de nouvelles longueurs d'onde de lumière laser sont devenues disponibles, les progrès cliniques ont eu tendance à se produire en parallèle en fonction de la nature visible ou invisible du laser.

Au cours des deux dernières décennies, les progrès en technologie laser ont été très remarquables. Son avènement a été d'un apport décisif dans beaucoup de domaines notamment en dermatologie et en esthétique, et des applications nouvelles des lasers sont apparues, ainsi de nombreuses pathologies cutanées, acquises ou congénitales, ont pu être traitées: Les lésions vasculaires et pigmentaires, les tatouages, les cicatrices et les cheveux non désirés peuvent actuellement être éliminé par laser, avec une facilité relative et des effets secondaires minimes.

Il existe de nombreux types de lasers, avec des caractéristiques physiques et des modes d'action différents, et donc des indications différentes.

Ainsi, nous aborderons dans notre travail les différents types de laser, leurs modes de fonctionnement et leurs principales indications en esthétique.

# **HISTORIQUE**

Le principe fondamental du laser a été découvert initialement par Einstein au début des années 1900

**En 1917**, Einstein présente sa théorie de l'émission stimulée, en se basant sur les études de Max Planck, qui a élaboré en 1900 la loi du rayonnement du corps noir, selon laquelle un matériau correctement excité peut émettre de la lumière. Il présente également sa théorie de l'effet photo-électrique, pour laquelle il a reçu le prix Nobel de physique en 1921.

Il a fallu 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.

**En 1951**, Charles Townes a pressenti le premier système maser (ancêtre du laser). Le maser présente les mêmes principes fondamentaux que le laser mais émet une radiation microonde.

**En 1952**, le Français Alfred Castler invente une technique de pompage optique, validé expérimentalement par BROSSEL, KASTLER et WINTER deux ans plus tard.

**En 1953**, Charles Townes, travaillant aux Bell Laboratories, tente de construire des émetteurs de micro-ondes à plus haute fréquence, que ceux utilisés à l'époque. Il construit le premier maser (acronyme de Microwave Amplification by Stimulated Emission of Radiation.) qui émet un rayonnement monochromatique avec longueur d'onde de 1,25 cm. De nombreux autres masers sont fabriqués les années suivantes.

**En 1957**, Townes en collaboration avec Arthur Schawlow, établissent le principe de fonctionnement du maser aux longueurs d'onde de la lumière visible, c'est-à-dire la réalisation du laser. Ils obtiennent finalement le premier brevet de laser, qui ne sera construit que plus tard.

**En 1960**, Théodore Maiman fabriqua Le premier laser fonctionnel (laser Rubis) 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, premier laser à gaz, l'un des plus couramment utilisés aujourd'hui, est inventé par l'Iranien Ali Javan.

**En 1962**, Bernard et Durrafourg, deux physiciens français, proposent la théorie des lasers à semi-conducteurs.

**En 1962**, le laser argon mis au point par Bennett voit le jour et en 1964, Patel fait fonctionner le premier laser CO<sub>2</sub>, ils sont rapidement devenus le centre des recherches sur les lasers cutanés.

**En 1983**, Anderson et Parrish ont postulé la théorie de la photothermolyse sélective (SPTL), c'est à partir de cette théorie que l'utilisation médicale du laser a commencée. Cette théorie a révolutionné la dermatologie laser moderne. C'est grâce à cette théorie que le laser à colorant pulsé a pu être développé.

C'est grâce à Léon Goldman que les applications du laser en dermatologie ont été développées. Ses premiers travaux furent consacrés à l'utilisation du laser rubis dans le traitement des tatouages. En 1968, il s'intéressa au laser argon et son emploi dans le traitement des lésions vasculaires. Les résultats de ses expériences concernant les hémangiomes caverneux et leur traitement par le laser Nd-YAG furent publiés en 1976 et 1977. (1) (2) (3) (4)

# **RAPPEL ANATOMIQUE ET HISTOLOGIQUE**

La peau constitue une interface entre l'organisme et le milieu extérieur, c'est un organe membraneux complexe flexible, souple, résistant et imperméable qui enveloppe toute la surface du corps. Sa coloration est variable en fonction des races et de la région du corps. Son poids est estimé à 16% environ du poids corporel total et sa superficie à 2m<sup>2</sup>. C'est un organe complexe dont les fonctions sont multiples.

## I. Embryologie de la peau : (5) (6)

La peau a une double origine : ectoblastique et mésoblastique.

### 1. L'épiderme:

L'épiderme superficiel est formé à partir de l'ectoderme. A la 4<sup>ème</sup> semaine de la vie intra-utérine, la surface de l'embryon est recouverte par l'épiblaste fait d'une seule assise cellulaire. Au cours du 2<sup>ème</sup> mois de la vie intra utérine, l'épiderme est constitué de 2 couches cellulaires : le périoderme fait d'une couche de cellules superficielles plates qui persistent jusqu'à la 23<sup>ème</sup> semaine puis s'éliminent par la suite, et la jonction dermo-épidermique. A la 10<sup>ème</sup> SA, commencent à se constituer les crêtes épidermiques et les papilles dermiques à l'origine de la jonction dermo-épidermique. A la 24<sup>ème</sup> SA, la couche intermédiaire se dispose en 4 à 5 assises cellulaires et le péri-derme se remplace par la couche cornée.

- **Les kératinocytes** dérivent des cellules ectodermiques durant les premières semaines d'embryogenèse. À 5 semaines de gestation, l'épiderme est différencié en deux couches. À 19 semaines, il est organisé en plusieurs couches de cellules intermédiaires, et à 23 semaines la kératinisation est bien développée.
- **Les mélanocytes** contenant les mélanosomes, proviennent des mélanoblastes qui dérivent de la crête neurale. Les mélanoblastes pénètrent et prolifèrent dans le mésoderme à partir de la 8<sup>ème</sup> semaine, migrent dans l'épiderme et les follicules pileux à la 11<sup>e</sup> semaine, et se différencient rapidement en mélanocytes.
- **Les cellules de Merkel** apparaissent vers la 8<sup>e</sup> et la 12<sup>e</sup> semaine de gestation, et semblent dériver des précurseurs de cellules épithéliales de l'épiderme.
- **Les cellules de Langerhans** apparaissent à la 7<sup>ème</sup> semaine de la vie intra utérine et dérivent de la moelle osseuse.

## **2. Le derme:**

Il est d'origine mésoblastique et dérive de cellules mésenchymateuses qui baignent dans la substance fondamentale et se différencient au cours du 3ème et 4ème mois en un tissu conjonctif. Progressivement apparaissent les fibres de collagène et plus tardivement les fibres élastiques (du 6e mois de gestation jusqu'à après la naissance).

## **3. l'hypoderme :**

Les cellules graisseuses proviennent des cellules mésenchymateuses mésoblastiques et apparaissent dès la fin du 5e mois de gestation.

## **4. les annexes cutanées :**

- Les poils et cheveux apparaissent dès le 4e mois et dérivent de la couche germinative de l'ectoderme. Les glandes sébacées apparaissent en même temps.
- Les glandes sudoripares apocrines apparaissent dès le 4e mois, et les glandes eccrines dès la 13e semaine et proviennent de l'invagination épidermique.

# **II. Structure de la peau :**

La peau est organisée en 4 principales couches, de la superficie à la profondeur : l'épiderme, la jonction dermo-hypodermique, le derme et l'hypoderme.

## **1. L'épiderme :**

L'épiderme représente la couche la plus superficielle protectrice de la peau. C'est un épithélium pavimenteux stratifié, kératinisé, non vascularisé, contenant de nombreuses terminaisons nerveuses, et constitué de quatre types cellulaires : les kératinocytes, les mélanocytes, les cellules de Langerhans, et les cellules de Merkel (figure1).

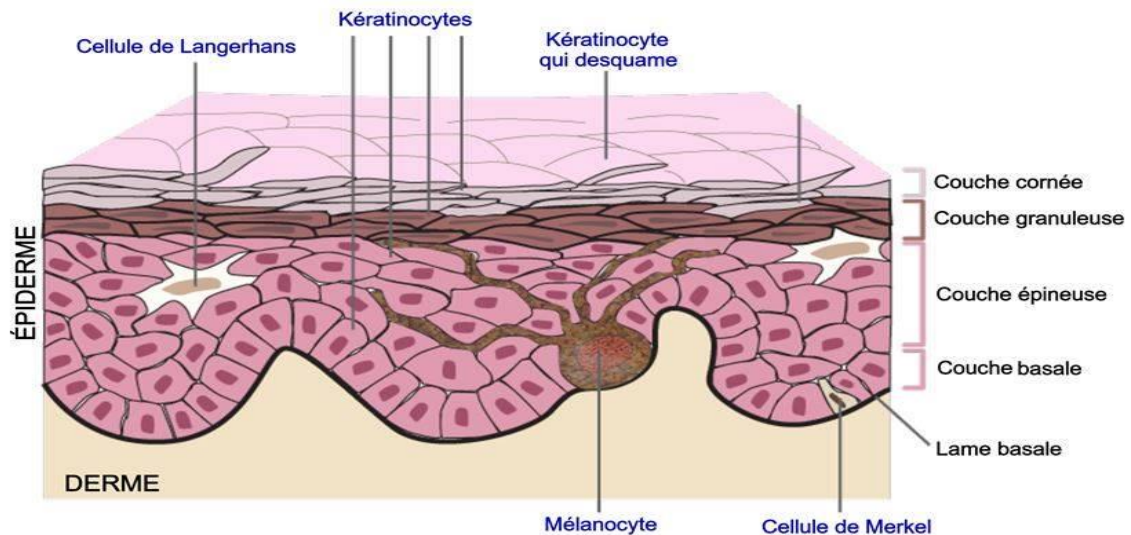


Figure 1 : les différents types de cellules épidermiques (7)

### 1.1. Les kératinocytes :

Ils représentent 95% de la population cellulaire épidermique. Leurs fonctions sont représentés par : la fonction de barrière entre milieu intérieur et extérieur, la protection contre les radiations lumineuses, la cohésion de l'épiderme par leur cytosquelette et systèmes de jonction. Ils sont organisés en 4 à 5 couches, de la profondeur à la superficie (figure2): (8)

- **La couche basale ou stratum germinatum** : la plus profonde faite de cellules germinatives avec une activité mitotique intense à partir desquelles naissent les kératinocytes formant à ce niveau une couche monocellulaire de cellules cylindriques. Les cellules sont reliées les unes aux autres au moyen de desmosomes.
- **La couche de Malpighi ou stratum spinosum** : faite de 5 à 6 couches de cellules polygonales, attachées par un plus grand nombre de desmosomes responsables de cette allure épineuse
- **La couche granuleuse ou stratum granulosum** : formé de 3 couches cellulaires. Les kératinocytes comportent de nombreux grains de kératohyaline.
- **La couche claire ou stratum lucidum** : présente que dans la peau très épaisse (paume des mains et plante des pieds) et faite de 2 à 3 assises cellulaires plates qui ont perdu leurs noyaux.
- **La couche cornée ou stratum corneum** : la plus superficielle, faite de plusieurs assises de cellules aplaties sans noyau complètement kératinisées (les cornéocytes).

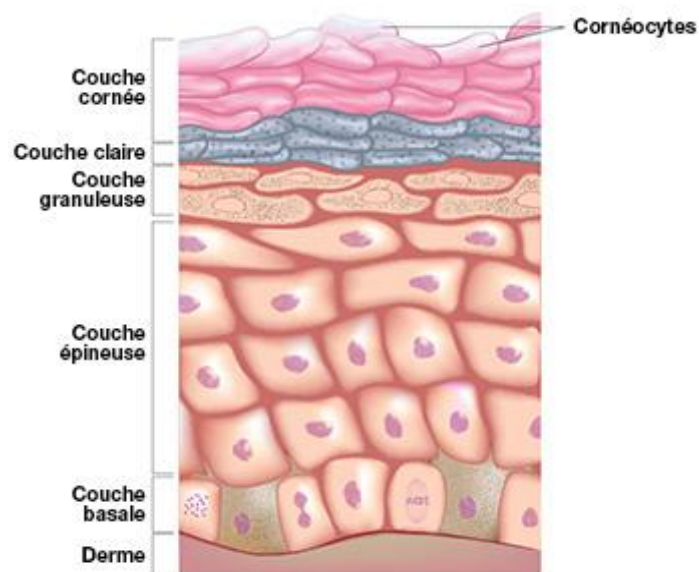


Figure 2 : les différentes couches de l'épiderme (9)

### 1.2. Les mélanocytes :

Se situent dans la couche basale de l'épiderme, mais aussi au niveau des follicules pileux et du corps muqueux de malpighi. Ils contiennent des organites spécifiques, les mélanosomes où se fait la synthèse des mélanines, eumélanines et phéomélanines, responsables de la coloration de la peau. Le principal rôle de la mélanine est la photoprotection. (8)

### 1.3. Les cellules de langerhans:

Elles représentent 2 à 5% de la population cellulaire épidermique et sont plus nombreuses au niveau de la couche épineuse. Elles appartiennent aux cellules dendritiques présentatrices d'antigènes aux lymphocytes T dans les ganglions lymphatiques. Elles ont également un rôle d'endocytose et de phagocytose. (8)

### 1.4. Les cellules de merkel :

Elles constituent la minorité de la population cellulaire épidermique et sont situées dans la couche germinative. Elles ont un rôle neuro-sécrétoire en produisant des neuromédiateurs à partir des granules neuro-sécrétoires qu'elles contiennent, et un rôle neuro-sensoriel responsable du tact épiceritique discriminatif. (8)

## **2. La jonction dermo-épidermique :**

C'est une couche continue s'intercalant entre les cellules de l'épiderme et celles du derme. C'est une ligne ondulée où alternent les saillies de l'épiderme dans le derme, ou « crêtes épidermiques », et les saillies du derme dans l'épiderme, ou « papilles dermiques ». Elle présente des complexes d'ancrage : des hémidesmosomes, des filaments d'ancrage et des fibrilles d'ancrage. (10)

## **3. Le derme :**

C'est un tissu conjonctif de soutien fait d'une substance fondamentale, d'éléments fibreux : des fibres musculaires lisses, des fibres de collagène, et des fibres élastiques, contribuant à son élasticité et à sa résistance, de glycoprotéines, et d'éléments cellulaires : des fibroblastes essentiellement, des leucocytes, mastocytes et macrophages. Il est richement vascularisé et contient des nerfs, des terminaisons nerveuses libres et différents types de récepteurs : des mécanorécepteurs, des thermorécepteurs et des nocicepteurs.

Il est organisé en deux couches :

- une superficielle ou « derme papillaire » fait d'un tissu conjonctif lâche.
- l'autre profonde ou « derme réticulaire » fait d'un tissu conjonctif dense.

Il contient également les annexes cutanées : les glandes sébacées, les glandes sudoripares et les follicules pileux. (10)

## **4. L'hypoderme :**

Fait d'un tissu conjonctif lâche richement vascularisé contenant les cellules graisseuses : les adipocytes, organisés en lobules graisseux séparés par des septums interlobulaires. Son épaisseur est variable en fonction de la région du corps. Ils représentent un réservoir énergétique en stockant les graisses, et participe à la thermorégulation et protège muscles, os et organes des traumatismes. (10)

## 5. Les annexes cutanées : (figure5)

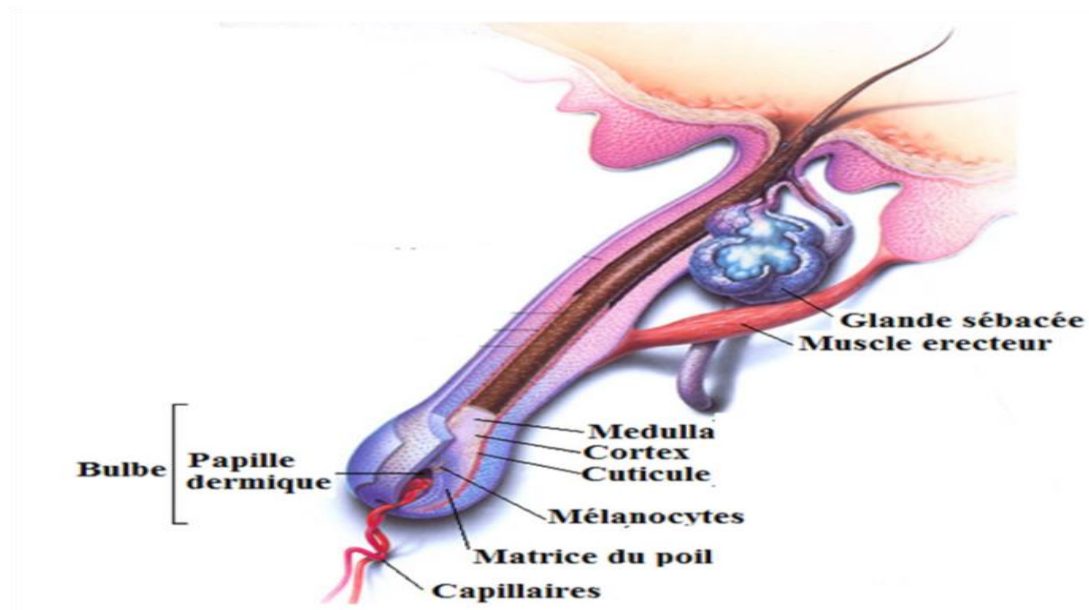
### 5.1. Les follicules pilo-sébacés :

●**Poils** : Les poils représentent une structure kératinisée présentes sur tout le corps sauf au niveau de la paume des mains, plantes des pieds et muqueuses, ils sont formés d'une partie libre visible à la surface, la tige faite de cellules kératinisées qui contiennent de la mélanine, la tige est en continuité avec la racine implantée dans le derme et logée dans le follicule pileux. La partie renflée basale du follicule constitue le bulbe pileux, dont la base est déprimée, c'est la papille dermique richement vascularisée et innervée. Un muscle, le muscle érecteur du poil ou horripilateur, est tendu entre le bulbe pileux et l'épiderme. Sa contraction provoque l'érection du poil (effet chaire de poule). Une glande sébacée est annexée au follicule pileux. (8)

Pour déterminer les cibles à atteindre par la lumière laser, il faut une bonne connaissance de l'anatomie et de la physiologie du cycle de croissance pileux. Ces cibles représentent les sites de prolifération pour la production du poil, en l'occurrence la zone du bulbe et la zone du bulge en phase anagène.

**Zone du bulbe:** Elle se situe profondément dans le derme (3 à 7 mm). À ce niveau, la matrice pileux, zone de division cellulaire active, produit la tige pileux ; les mélanocytes, mêlés aux cellules germinatives, transfèrent les pigments aux futures cellules corticales et médullaires du poil. Le cycle pileux détermine l'activité des mélanocytes : la production du pigment par ces derniers ne se fait que durant la phase anagène. La papille contient vaisseaux et nerfs permettant la nutrition de la matrice pileux.

**Zone du bulge:** Elle se situe à un tiers de profondeur du follicule pileux au niveau de l'insertion du muscle piloérecteur. Elle contient les cellules souches indifférenciées ayant un potentiel prolifératif indéfini avec un cycle cellulaire lent. Ces cellules seraient responsables de la migration du bourgeon pileux en fin de stade télogène vers la papille. (figure3)



**Figure 3 : anatomie du poil (11)**

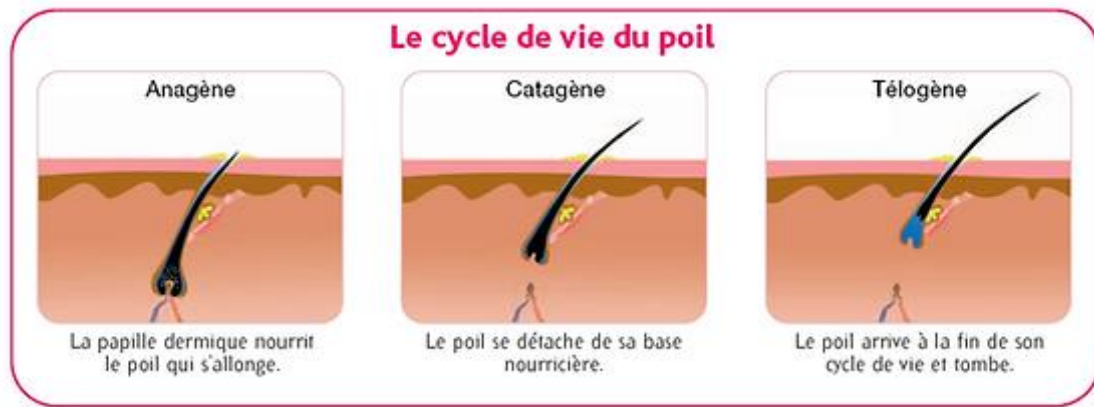
**Cycle de croissance du poil: (figure4) (12)**

**Phase anagène:** c'est la période de croissance du poil, la racine du poil est unie à la papille, la concentration en mélanine est la plus importante, le follicule pileux est complet. Cette genèse détermine à la fois la pigmentation du poil et l'activité du bulbe.

**Phase catagène:** stade de régression. Les cellules cessent de se multiplier, il y a donc arrêt de la kératogenèse et de la pousse du poil ; simultanément, les mélanocytes cessent leur activité. Le bulbe mort et la papille se séparent, mais restent liés par un cordon cellulaire formé par la gaine épithéliale externe entourée de la lame basale. Cette phase se produit suite à un phénomène de mort programmée (apoptose).

**Phase télogène:** la papille disparaît, le bulbe se kératinise et il y a chute spontanée du poil. En même temps, un nouveau cycle pileux est induit.

La durée du cycle pileux varie en fonction de l'âge, du sexe, des saisons, du site pileux, mais aussi en fonction du diamètre du poil et de sa profondeur. Il est important de connaître la durée du cycle pileux propre à chaque localisation de poil, notamment la durée de la phase anagène et le pourcentage de poils dans cette phase (figure4).



**Figure 4 : cycle de croissance du poil (13)**

**Tableau 1 : la durée du cycle pileux et le pourcentage de poil (14)**

ZONE	% TELOGEN	% ANAGEN	DUREE TELOGEN (semaines)	DUREE ANAGEN (semaines)	FOLLICULES/cm <sup>2</sup>	CROISSANCE/j (mm)
LEVRE SUP	35	65	6	16	500	0,3
AISELLES	70	30	12	16	65	0,3
PUBIS	70	30	12	mois	70	0,3
JAMBES & CUISSES	80	20	24	16	60	0,23

● **Les glandes sébacées :** sont annexées aux poils, et dérivent d'un bourgeon de la gaine épithéliale externe du follicule pileux. Ce sont des glandes exocrines qui sécrètent un produit lipidique, le sébum. Elles sont constituées d'une partie sécrétrice formée d'un ou de plusieurs alvéoles, et d'un canal excréteur, unique qui débouche au niveau de la gaine épithéliale du poil. Le sébum lubrifie le poil, protège l'épiderme, et constitue un agent bactéricide. (8)

## 5.2. Les glandes sudoripares :

C'est des glandes exocrines, pelotonnées, sécrétant la sueur, présentes essentiellement au niveau des pieds, des mains, du front et des aisselles. La partie sécrétrice siège dans le derme profond. Le canal excréteur rejoint la surface de l'épiderme par un trajet hélicoïdal. Elles sont de deux types : les glandes eccrines, indépendantes du poil et participent à la thermorégulation, et les glandes apocrines, annexées au follicule pileux et fonctionnent au moment de la puberté sous l'effet d'androgènes. (8)

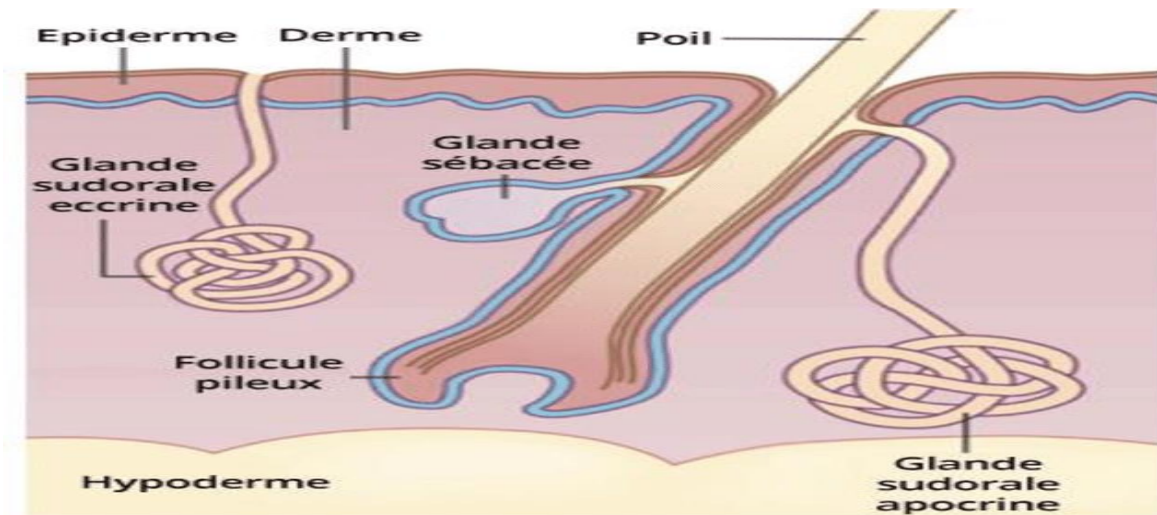


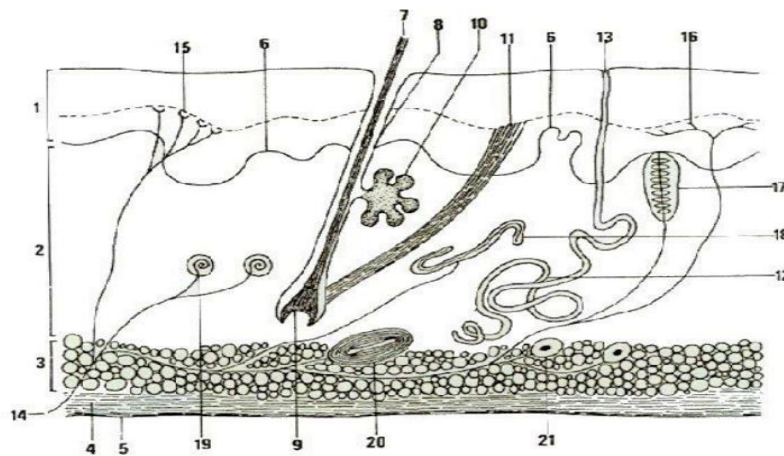
Figure 5 : les annexes cutanées (15)

### III. Rôles de la peau :

La peau est un organe dont les fonctions sont multiples :

- La cicatrisation cutanée
- La protection contre les bactéries, les agressions chimiques, les agressions mécaniques, l'eau et les rayonnements solaires
- La régulation thermique
- L'absorption de certaines molécules
- L'excrétion de déchets, de produits métaboliques ainsi que l'eau
- La sensibilité tactile, nociceptive et thermique
- La synthèse de la vitamine D
- La respiration cutanée

# ANATOMIE ET PHYSIOLOGIE DE LA PEAU NORMALE



**Figure 6 : anatomie et structure de la peau (16)**

**1-épiderme**

**2-derme**

**3-pannicule adipeux**

**4-tissu celluleux sous-cutané**

**5-aponévrose superficielle de revêtement**

**6-papilles dermiques**

**7-poil**

**8-gaine du poil**

**9-bulbe du poil**

**10-glande sébacée s'ouvrant dans la gaine du poil**

**11-muscle arrecteur**

**12-glande sudoripare**

**13-pore sudoripare**

**14-nerf sensitif de la peau**

**15-disque de merkel (tact)**

**16-terminaisons nerveuses libres (douleur)**

**17-corpuscule de meissner (tact)**

**18-corpuscule de ruffini (chaleur)**

**19-corpuscule de krause (froid)**

**20-corpuscule de pacini (pression)**

**21-corpuscule de golgi (pression)**

# **PREMIERE PARTIE : PRINCIPES DE FONCTIONNEMENT DU LASER**

# I. Rappels physiques et énergie laser:

## 1. La lumière:

La lumière constitue le domaine du spectre des ondes électromagnétiques visibles. C'est une bande étroite comprise entre le rouge (0.8micromètre) et le violet (0.4micromètre). Chaque longueur d'onde correspond à une couleur. Une onde de couleur correspond à une fréquence unique, elle est dite monochromatique (figure7). (17)

Image 1

**Correspondance entre couleur et longueur d'onde dans le vide :**

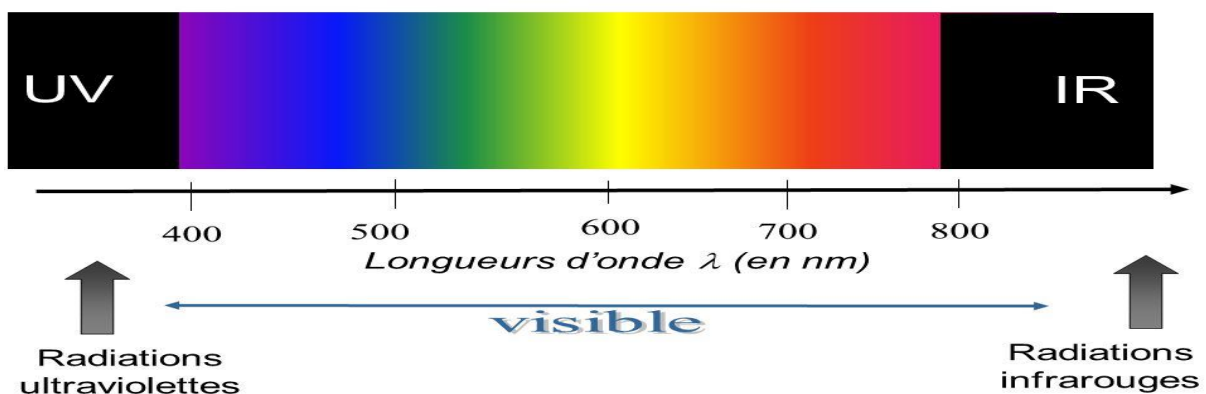


Figure 7 : spectre électromagnétique (18)

## 2. Interaction lumière-matière :

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

### 2.1. Emission spontanée :

L'émission spontanée correspond au passage d'un atome d'un niveau  $N_2$  d'énergie  $E_2$  à un niveau inférieur  $N_1$  d'énergie  $E_1$ , cette perte d'énergie permet ainsi l'émission d'un photon d'énergie propre égale à la différence  $\Delta E$  entre ces deux niveaux, selon le principe de conservation de l'énergie. Le photon émis est caractérisé donc par une longueur d'onde, une fréquence et une couleur. L'énergie des photons est d'autant plus importante que leur longueur d'onde  $\lambda$  est courte (figure8). (19) (20)

(21)

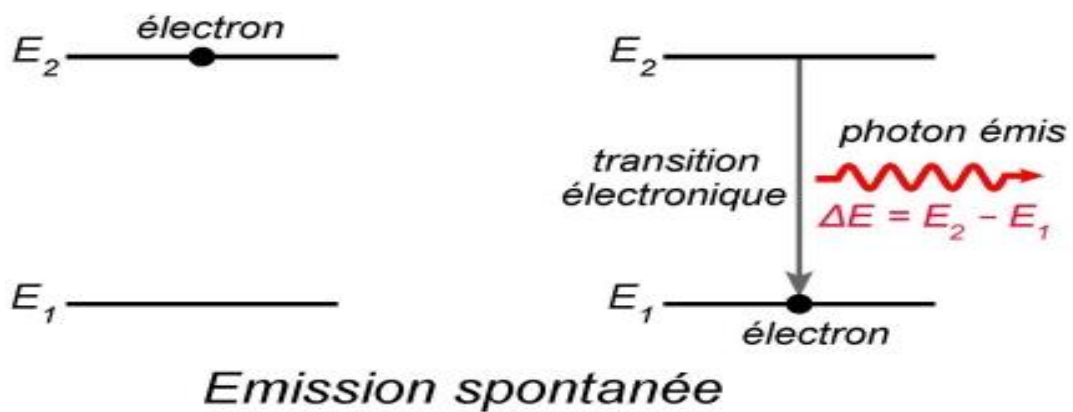


Figure 8 : modélisation de l'émission spontanée (22)

## 2.2. Absorption :

L'absorption est l'excitation d'un atome de son état fondamental d'énergie  $E_1$  à son état excité d'énergie supérieur  $E_2$ , se produit alors un photon d'énergie incident correspondant à la différence entre les deux niveaux d'énergie  $\Delta E$ . L'énergie émise peut dans ce cas être absorbée par l'atome (figure9). (19) (20) (3) (23) (21)

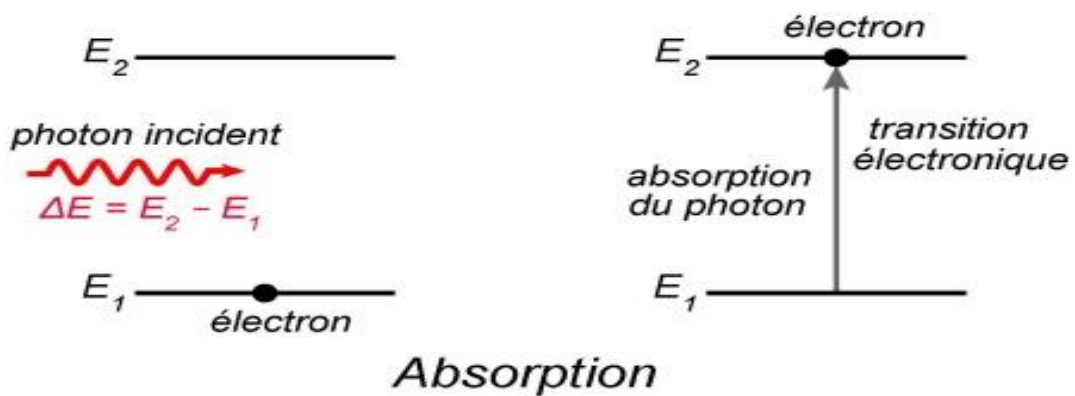


Figure 9 : modélisation de l'absorption (22)

### 2.3. Emission stimulée :

C'est un effet inverse à celui de l'absorption. La désexcitation d'un atome dans l'état  $E_2$  vers son état fondamental  $E_1$  en présence de photon incident, émet spontanément un rayon x. L'onde émise est cohérente, elle est dans le même mode du champ que l'onde incidente (même phase et même direction): celle-ci se trouve donc amplifiée. Les photons incidents peuvent provenir d'une source lumineuse ou suite à la désexcitation d'un atome du milieu. Comme pour l'absorption, ce processus n'est important que si l'énergie du photon est proche de  $\Delta E$  (figure10). (19) (20) (3) (23) (21)

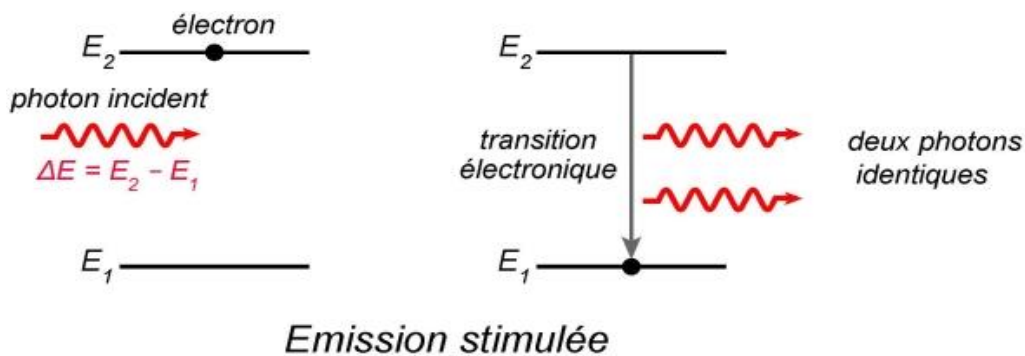


Figure 10 : modélisation de l'émission stimulée (22)

## II. Genèse de la lumière laser :

### 1. Principe général de fonctionnement du laser:

-Le milieu actif est placé dans une cavité résonnante généralement cylindrique, constitué de deux miroirs, chacun caractérisé par un indice de réfraction où  $n_1$  est supérieur à  $n_2$ . La différence entre ces 2 indices permet de diriger la lumière dans un seul sens, après amplification des rayonnements. Les atomes du milieu subissent une excitation grâce au phénomène de pompage, et émettent un photon. Le photon rencontre un autre atome et émet deux photons dans la même direction, c'est l'émission stimulée. Ce phénomène se poursuit jusqu'à ce qu'il n'y a plus d'atomes dans le milieu. Les photons constituent le rayon laser qui sort à travers le miroir semi-transparent. Le laser est donc un amplificateur de lumière, fait essentiellement de trois éléments principaux : le milieu actif, le dispositif de pompage, et enfin la cavité résonnante (figure11). (3)

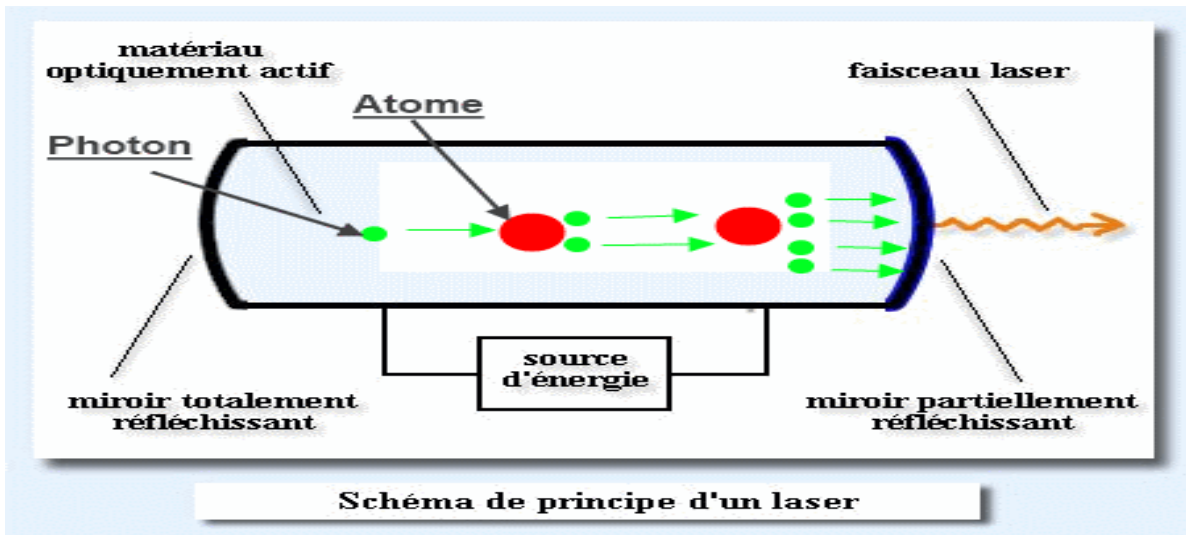


Figure 11 : schéma du principe de fonctionnement du laser (3)

## 2. Éléments constitutifs d'un laser: (24) (25) (26) (23)

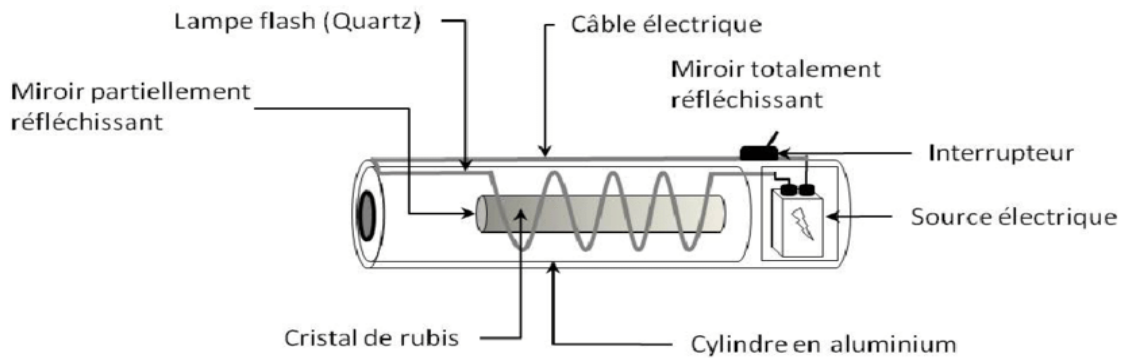
### 2.1. Le milieu actif :

C'est un milieu fait d'une substance contenant les atomes ou les molécules qui vont émettre la lumière. Il peut être solide, liquide ou gazeux, et déterminera la longueur d'onde et donc la couleur du faisceau laser. (4,27)

•**Les lasers solides:** les plus utilisés dans le domaine médical, le milieu actif est constitué de cristaux dopés ou de verres.

Exemples:

- le laser rubis (figure12)
- le laser alexandrite
- le laser saphir
- le laser YAG.



**Figure 12 : schéma d'un laser solide (le laser rubis) (28)**

• **Les lasers liquides:** le milieu d'émission est un colorant organique (rhodamine par exemple) en solution liquide enfermé dans une fiole de verre, permettant d'obtenir une émission de fréquence variable. Ces colorants sont pompés optiquement par un autre laser, plus rarement par lampe flash.

• **Les lasers à Gaz:** le milieu est constitué d'un gaz ou d'un mélange de gaz à basse ou à haute pression, en tube scellé ou à circulation. Ces gaz peuvent être corrosifs, toxiques ou inertes.

**Exemples:**

- He-Ne (633 nm)
- Argon (364 nm, 488 nm, 514 nm)
- krypton (647nm, +autres raies visibles)
- vapeur de cuivre (510 nm, 578 nm)
- CO<sub>2</sub> (10,6 μm)
- Excimères (ArF:193nm, KrF 248nm, XeCl:308nm)

• **Les lasers à semi-conducteur (laser Gallium-Arsenide) :** 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. C'est au niveau de la jonction par recombinaison des trous et des électrons que se produit la lumière. Néanmoins, la lumière émise est en général moins directionnelle et moins «pure» spectralement que celle d'autres types de lasers.

• **Les lasers à fibre:** Le milieu actif est une fibre optique faite d'ions de terres rares. L'ion choisi déterminera la longueur d'onde

**Exemples :**

- Samarium 0,6  $\mu\text{m}$
- Ytterbium 1,05  $\mu\text{m}$
- Erbium 1,55  $\mu\text{m}$
- Thulium 2,1  $\mu\text{m}$

**2.2. Le dispositif de pompage:**

Le pompage consiste à fournir de l'énergie au milieu afin de permettre le mécanisme d'émission stimulée. Les sources d'énergie nécessaires à l'excitation des molécules du milieu actif sont essentiellement de quatre types:

- Pompage optique: l'énergie excitatrice est représentée par une autre source de rayonnement (lampe flash, lampe à arc) ou par un autre laser.
- Pompage thermique.
- Pompage chimique.
- Pompage électrique par décharge électrique.

**2.3. La cavité résonante :**

Le milieu actif est placé entre 2 miroirs, l'un étant semi-transparent permettant l'échappement d'une partie du rayonnement et donc la sortie du faisceau laser. Son objectif est d'augmenter la densité de la lumière, suite au principe de l'émission stimulée: les photons font des allers-retours et interfèrent entre eux, il y a donc amplification des rayons lumineux dans cette cavité.

### III. Interactions laser-tissus

#### 1. Caractéristiques de la lumière laser: (29) (30) (21)

##### 1.1. Monochromaticité:

Le laser n'émet que dans une seule longueur d'onde précise, contrairement à la lumière blanche. On parle de pureté spectrale. La lumière laser a donc une couleur pure bien définie (figure13). Néanmoins, certains lasers peuvent émettre dans plusieurs couleurs séparées les unes des autres (lasers à colorant par exemple). (27)

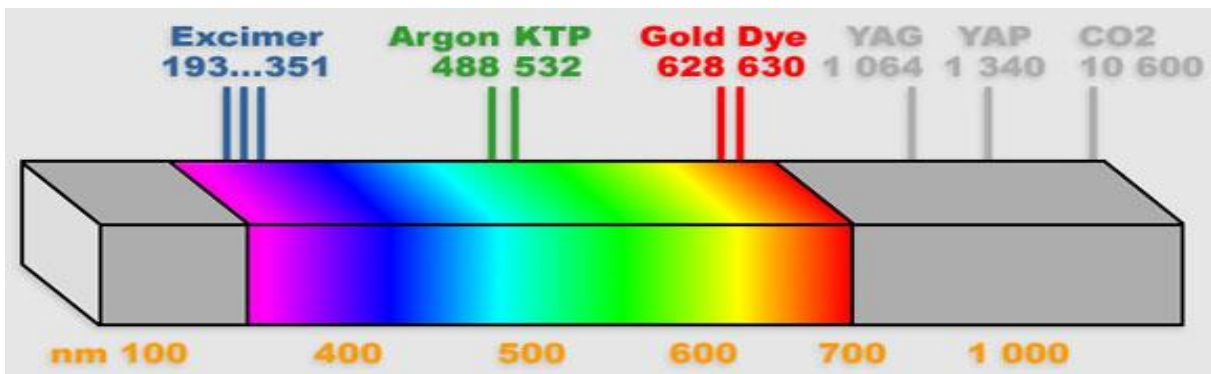


Figure 13 : pureté spectrale (30)

##### 1.2. Quasi-parallélisme:

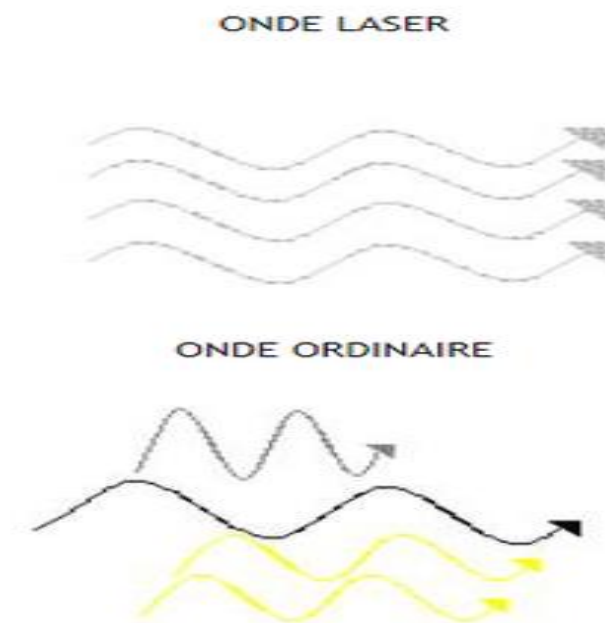
Le faisceau lumineux émit par le laser est très peu divergent, il est quasi-parallèle d'ouverture angulaire très faible, il est cylindrique permettant ainsi de le focaliser de façon très précise afin de transporter une grande quantité d'énergie par unité de surface (figure14).



**Figure 14 : le faisceau laser est cylindrique avec des rayons lumineux quasi-parallèles (31)**

### **1.3. 3. Cohérence :**

Les ondes de la lumière produite par un laser sont coordonnées dans le temps et dans l'espace. Ils ont non seulement la même longueur d'onde et la même direction de propagation, mais aussi la même amplitude et la même phase. Par conséquent, chaque photon qui la compose est émis en même temps, de la même manière (figure15).



**Figure 15 : cohérence des rayons lumineux d'un laser (21)**

### **1.4. Forte intensité :**

Les lasers émettent une lumière très intense, l'énergie lumineuse est concentrée sur une toute petite surface de quelques millimètres carrés (figure11).

## **2. Les paramètres d'une lumière laser: (19) (20) (32)**

Les lasers sont caractérisés par: une longueur d'onde, une puissance (ou intensité), une irradiance (ou densité d'énergie), une fluence, une durée d'émission, et la taille du faisceau laser.

### **2.1. La puissance (intensité): (33)**

Elle est inversement proportionnelle au temps d'émission du laser, elle indique la quantité d'énergie délivrée par unité de temps au point d'impact. L'énergie est mesurée en joules et s'exprime en Watts.

$$P(t) = dE/dt \quad 1 \text{ Watt} = 1 \text{ Joule}/1 \text{ seconde}$$

En mode continu, le laser émet un faisceau d'énergie délivré en continu sans interruption. Les lasers ont une puissance faible de l'ordre de 1 W - 10 W, conduisant soit à un effet thermique, ou à un effet photochimique grâce à un photosensibilisant.

En mode pulsé, Le faisceau laser est émis en une série d'impulsions. La puissance varie entre 100W et 1kW, avec un effet thermomécanique.

Enfin en mode déclenché, la puissance varie entre 1 et 10MW, et conduit à un effet électromécanique. (33) (32)

### **2.2. L'irradiance ou densité d'énergie :**

L'irradiance est représentée par le degré de puissance sur la surface. Elle s'exprime en Watts/cm<sup>2</sup>. Plus la surface au point d'impact est petite, plus l'irradiance est élevée.

$$\text{Irradiance} = P \text{ (watts)} / S \text{ (cm}^2\text{)}$$

### **2.3. La fluence :**

La fluence est l'énergie totale reçue par le tissu. Elle sera d'autant plus importante que le tir est long et que la surface du point d'impact est petite.

$$\text{Fluence} = P \text{ (Watts)} \times t \text{ (secondes)} / S \text{ (cm}^2\text{)}$$

### **2.4. La durée d'émission :**

Les photons émis par une lumière laser peuvent être émis en mode continu, en mode impulsionnel, ou en mode déclenché (figure16).

#### **•en mode continu :**

La durée d'émission est supérieure à 0.2seconde. L'émission laser est continue et le milieu actif est excité d'une façon continue.

#### **•en mode impulsionnel :**

La durée d'émission peut varier d'une dizaine de microsecondes à une dizaine de millisecondes. L'émission laser est donc impulsionnelle à intervalles réguliers.

#### **•en mode déclenché :**

La durée d'émission est de l'ordre de la nanoseconde ou de la picoseconde. L'effet obtenu est une onde de choc mécanique. (32)

## Mode d'émission des lasers

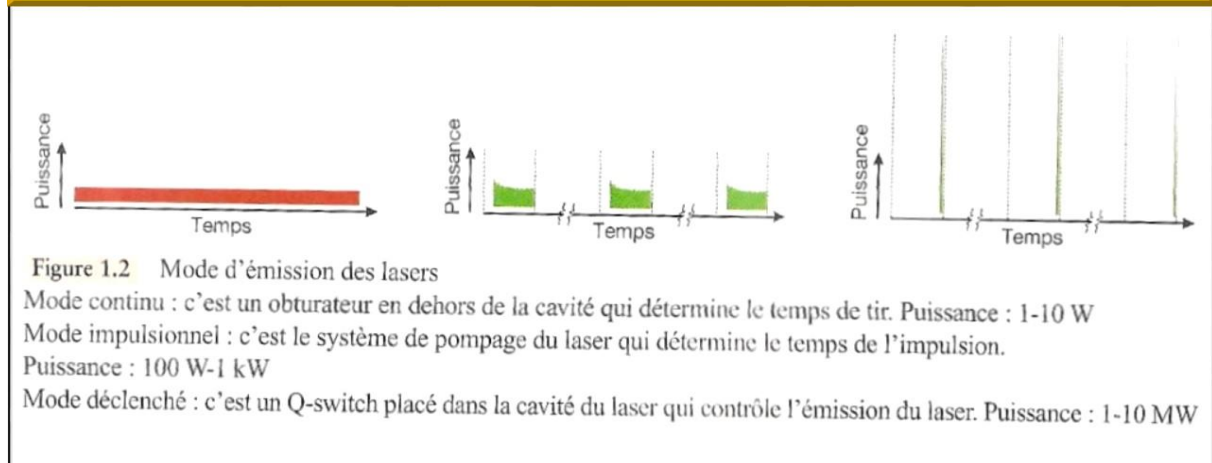


Figure 16 : schéma représentant les modes d'émission des lasers (32)

### 2.5. La taille du faisceau laser :

Les faisceaux de la lumière laser sont des faisceaux parallèles, très peu divergent, permettant ainsi de focaliser la lumière sur la cible. Ceci permet de délivrer des puissances considérables sur des surfaces très faibles.

### 2.6. La longueur d'onde :

Différents lasers émettent dans différentes longueurs d'ondes déterminant ainsi sa couleur (figure 17). La longueur d'onde est dépendante de la source d'émission, qui peut être un cristal (Alexandrite, KTP) un gaz (CO<sub>2</sub>) ou un colorant. La longueur d'onde détermine l'énergie, elles sont inversement proportionnelles. C'est un paramètre important qui détermine la pénétration tissulaire.

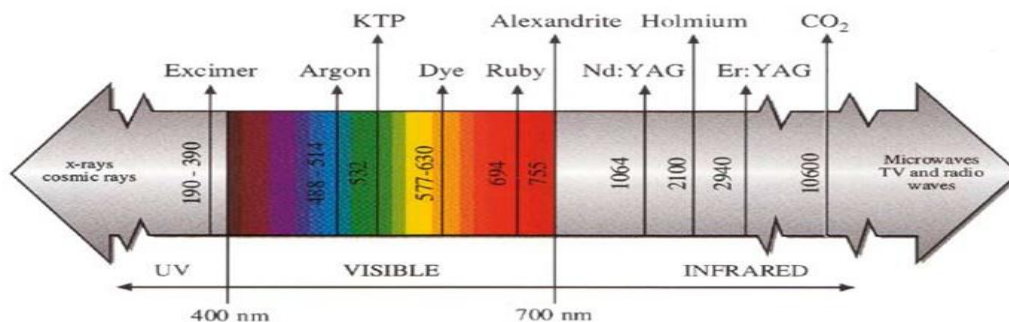


Figure 17 : différentes longueurs d'onde des différents lasers (34)

### **3. Effets de la lumière laser sur les tissus :**

Les applications thérapeutiques des lasers sont classé en 4 types d'effets, et dépendent de: la longueur d'onde, la durée d'exposition, l'énergie déposée, la nature du tissu exposé, et de l'absorption du rayonnement (figure19). On distingue :

#### **3.1. l'effet photomécanique :**

Résulte de temps de pulses laser très courts de l'ordre de la nano ou pico seconde associé à des irradiances élevées ( $10^7$  à  $10^{12}$  W/cm<sup>2</sup>). La cible à traiter reçoit une grande quantité d'énergie qui n'a pas le temps de diffuser. Ceci conduit à une élévation importante de la chaleur et de volume de la cible avec création d'un véritable traumatisme et onde de choc, et par conséquent une rupture mécanique locale de la structure tissulaire, alors que les structures adjacentes restent intactes. Ces propriétés sont utilisées en dermatologie pour détruire des pigments (la mélanine dans la peau pour le traitement des lésions pigmentaires ou des pigments artificiels pour le détatouage). (35) (36) (37) (38)

#### **3.2. L'effet photoablatif :**

Il est le résultat d'impulsions de l'ordre de 10ns à 100ns. Ici c'est le domaine spectral qui est important pour l'effet photoablatif, nécessitant des photons très énergétiques (longueur d'onde < 300nm). C'est un effet situé entre l'effet mécanique et l'effet photothermique. Il peut être comparé à un effet photothermique maximal, délivrant une irradiance importante entraînant une élévation très rapide en température à un niveau qui provoque une vaporisation des tissus. Cet effet est utilisé en médecine pour volatiliser des lésions dermatologiques. Les lasers CO<sub>2</sub> ou Erbium dermatologiques représentent de bons exemples de lasers ablatifs. (35) (36) (37) (38)

#### **3.3. L'effet photothermique :**

Cet effet est obtenu avec des impulsions de 1ms à quelques secondes et des irradiances de l'ordre  $10^1$  à  $10^6$  W/cm<sup>2</sup>. L'absorption du rayon laser a pour conséquence un échauffement de la cible: l'énergie lumineuse est absorbée et transformée alors en énergie thermique. Il se produit (figure18): (35) (36) (37) (38) (39)

### 3.3.1. Conversion de la lumière en chaleur.

### 3.3.2. Transfert de chaleur,

et création d'un gradient de température d'où la notion de temps de relaxation thermique. Ce temps est défini par la durée nécessaire au transfert d'énergie en dehors de la cible, permettant une diminution de 50% de la valeur maximale atteinte au centre de la cible. Ce temps dépend de la taille de la cible (tableau2), de sa capacité à dissiper la chaleur et donc à se refroidir (diffusivité thermique), mais aussi de la géométrie de la cible. Ce transfert de chaleur a pour conséquence un refroidissement de la cible et élévation de la température des tissus adjacents.

**Tableau 2 : temps de relaxation thermique en fonction de la taille de la cible**

Structure biologique	Taille moyenne	Temps de relaxation
Particule carbone/mélanosome	de 1mm	1-10ms
Cellule	3-10mm	10-100ms
Vaisseau	30-300mm	1-100ms
Follicule pileux	0.3-1mm	0.1-1s

### 3.3.3. Réaction tissulaire dépendante de la température:

La connaissance du temps de relaxation thermique pour l'effet photothermique permet de déterminer 3 effets principaux :

- Si la durée d'émission est plus courte que le temps de relaxation thermique: la chaleur n'a pas le temps de diffuser en dehors de la cible. Il se produit une augmentation de la pression de la cible puis **photothethermolyse** (ou action thermomécanique).
- Si la durée d'émission est égale au temps de relaxation thermique: la zone affectée thermiquement est égale au triple 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: il se produit un transfert de chaleur très important entraînant une **photocoagulation importante**. (36)

- En fonction de la durée d'échauffement et de l'élévation de la température de la cible, l'effet obtenu est soit une hyperthermie, une coagulation ou une volatilisation d'un tissu.
- **L'hyperthermie** : l'élévation de la température est modérée (41° à 44°), pendant plusieurs dizaines de minutes, aboutissant à une mort cellulaire retardée par atteinte des processus enzymatiques. C'est un processus difficile à contrôler et donc peu utilisé en pratique.
- **La coagulation** : c'est une nécrose cellulaire irréversible sans destruction tissulaire immédiate. L'élévation de la température est de l'ordre de 50° à 100°, pendant une durée d'une seconde, produisant une dessiccation, un blanchissement, et une rétraction des tissus par dénaturation des protéines et du collagène. Secondairement, les tissus vont être éliminés (détersion) avec par la suite apparition de processus de cicatrisation. La coagulation est utilisée soit dans un but d'hémostase, ou pour détruire des processus tumoraux de petite taille qui seront éliminés lors de la détersion.
- **La volatilisation** : c'est une perte de substance. La température s'élève et dépasse les 100°C, dans un temps de l'ordre du dixième de seconde. Une nécrose de coagulation se produit au niveau des berges de la zone volatilisée car la transition thermique se fait graduellement entre zone volatilisée et zone saine. Cette zone de nécrose de coagulation est celle responsable de l'effet hémostatique. Si la zone volatilisée a une grande surface (quelques millimètres de diamètre), il est possible de détruire des processus tumoraux plus volumineux. Si la zone volatilisée est étroite (100 - 500 µm), l'effet obtenu est un effet d'incision.

**Tableau 3 : effet de la température sur les tissus**

<b>Température</b>	<b>Changement histologique</b>
45°C	Vasodilatation, dommage endothélial
50°C	Dénaturation des protéines
60-70°C	Dénaturation du collagène
80-85°C	Nécrose de coagulation
100°C	Vaporisation des tissus avec coagulation des bords
Supérieur à 100°C	Carbonisation et volatilisation

Cet effet est le fréquemment utilisé dans les différentes applications médicales du laser.

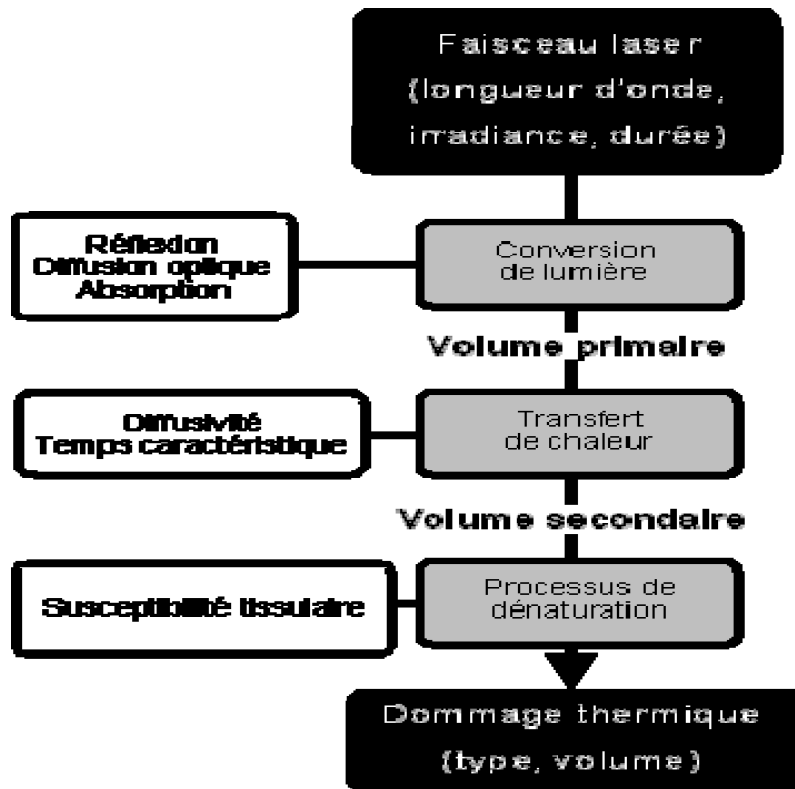


Figure 18 : schéma des 3 étapes de l'action thermique (37)

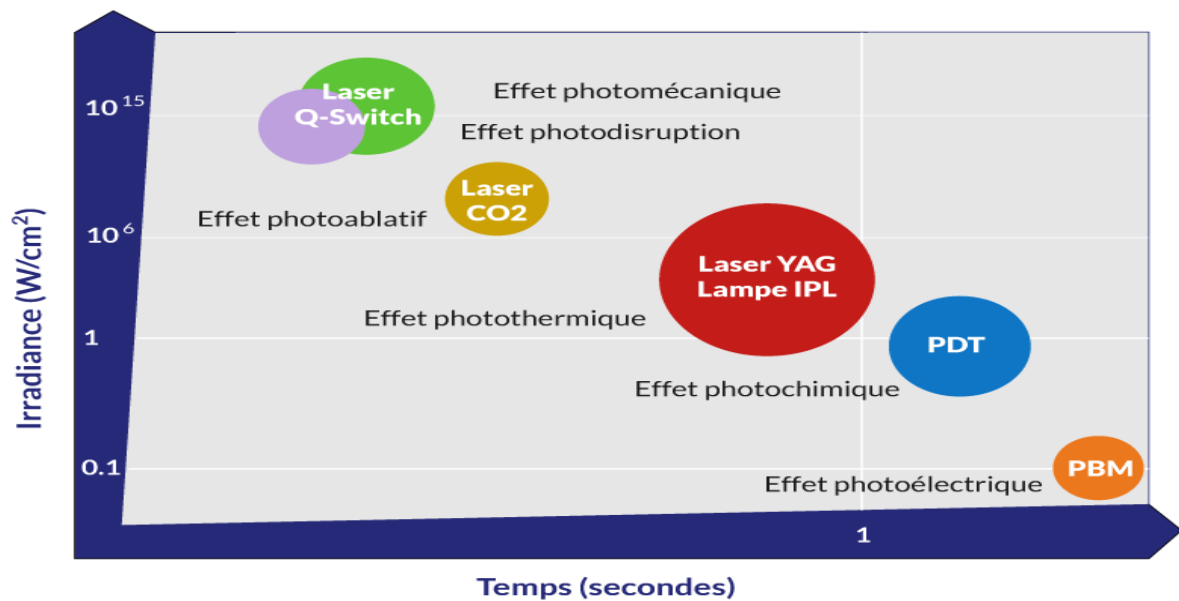
### 3.4. l'effet photochimique:

Cet effet est obtenu grâce à un photosensibilisant, avec des durées d'impulsion généralement longues s'étendant d'une dizaine de secondes à une dizaine de minutes, et des irradiances généralement très faibles. Un photosensibilisant est une molécule qui n'a pas d'activité thérapeutique propre et considéré comme non toxique pour l'organisme. Il est idéalement caractérisé par une fixation ou une rétention élective par les cellules cancéreuses, et par un (ou parfois plusieurs) pic d'absorption lumineuse.

C'est une démarche en deux temps :

- premièrement, l'administration d'un photosensibilisant qui s'accumule de manière variable, dans un délai de quelques heures à trois jours, dans la lésion à traiter.
- secondairement, l'éclairage de la lésion par une lumière de faible intensité, sans effet thermique, dont la longueur d'onde est préférentiellement absorbée par le photosensibilisant.

Ces 2 étapes permettent des réactions oxydatives entraînant la mort cellulaire.



**Figure 19 : les différents effets obtenus avec les lasers sur les tissus biologiques, en fonction de la durée d'émission du laser et de l'irradiance (40)**

#### 4. Interaction laser-tissus :

L'irradiation laser réalise un transfert d'énergie vers le tissu cible, quatre types d'interactions peuvent survenir : la réflexion, la transmission, la diffusion et l'absorption (figure20). (41) (42) (43) (44)

##### 4.1. La réflexion :

Le laser peut-être réfléchi sur la surface de la cible comme dans le cas d'un miroir, soit d'une manière spéculaire ou d'une manière diffuse. (39)

##### 4.2. La transmission:

Le rayon émis peut-être transmis à travers la matière, permettant ainsi de traiter un tissu situé en profondeur, derrière le tissu traversé.

### 4.3. La diffusion:

Il s'agit d'une réflexion particulière. Le photon n'est pas absorbé mais dévié dans le milieu. Les diffusions peuvent être multiples avant l'absorption. Elle est caractérisée par le coefficient de diffusion ( $\mu_s$ ) et par le coefficient d'anisotropie (angle moyen de diffusion).

### 4.4. L'absorption:

Elle se caractérise par  $\mu_a$ , le coefficient d'absorption, caractéristique d'un milieu, et dépendant de la longueur d'onde. Le rayonnement sera absorbé plus rapidement et converti en chaleur si le coefficient d'absorption est grand, et donc la profondeur de pénétration sera moins importante. (39)

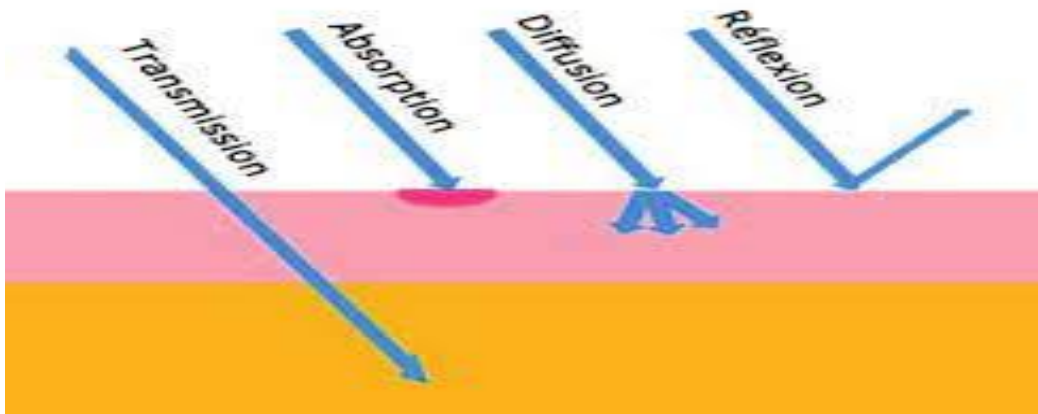


Figure 20 : les types d'interactions laser-tissu cible (45)

### 4.5. La profondeur de pénétration dans la peau :

#### 4.5.1. Notion de chromophore:

Un chromophore est un composant biologique spécifique qui va absorber d'une façon préférentielle les photons émis par le laser en fonction de leur longueur d'onde (couleur lumière). En captant de manière sélective le rayon laser, le chromophore subit des réactions localisées alors que les tissus biologiques environnant sans chromophores restent relativement intact. Dans la peau, il peut s'agir de la mélanine ou de l'oxyhémoglobine, ou bien d'un pigment particulier comme dans le cas d'un tatouage. La cible peut également être l'eau intracellulaire

(figure21). (27)

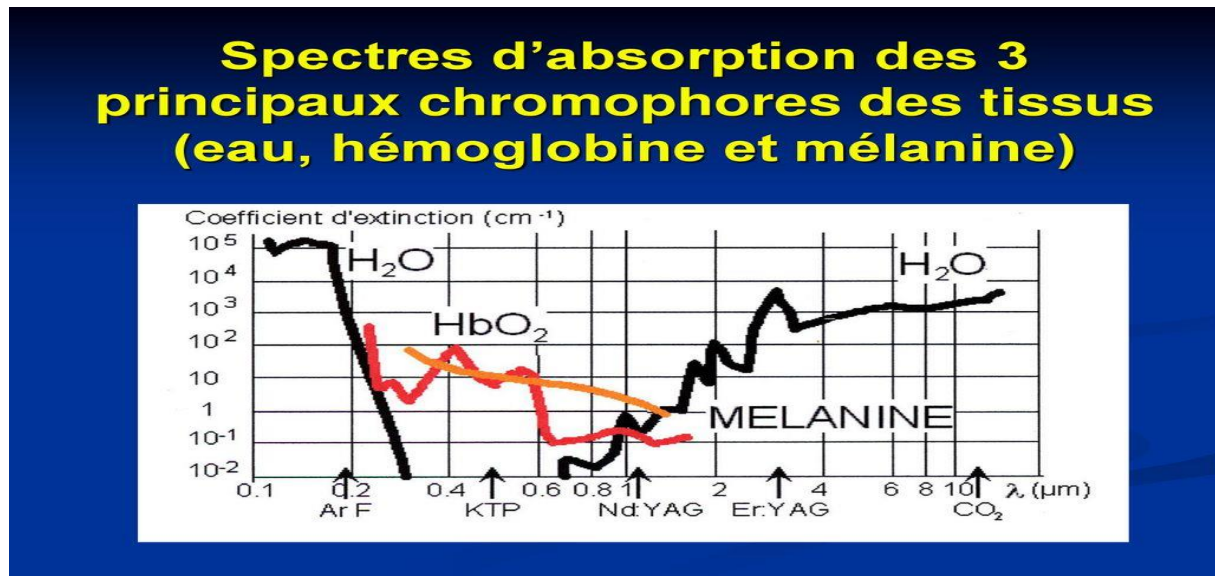


Figure 21 : spectre d'absorption des 3 principaux chromophores des tissus (eau, hémoglobine et mélanine) (46)

#### 4.5.2. La profondeur de pénétration dans la peau:

La profondeur de pénétration de la lumière laser dans la peau varie en fonction de plusieurs paramètres:

- **La longueur d'onde** : pour les lasers non ablatifs, plus la longueur d'onde est importante plus la pénétration est profonde. Les lasers infrarouges pénètrent plus profondément que les lasers émettant dans le domaine du visible. Pour les lasers ablatifs comme les lasers  $\text{CO}_2$  ou erbium, ils sont peu pénétrants à cause de leur affinité pour l'eau présente dès les premières couches de la peau (figure22).
- **La taille du spot** : Pour une même longueur d'onde, les spots plus larges pénètrent plus profondément que les spots plus étroits.
- **La durée du pulse**: plus la durée du pulse laser est allongée, plus la diffusion de chaleur sera importante, et par conséquent, la pénétration en profondeur et en latéral sera augmentée. (27) (47)

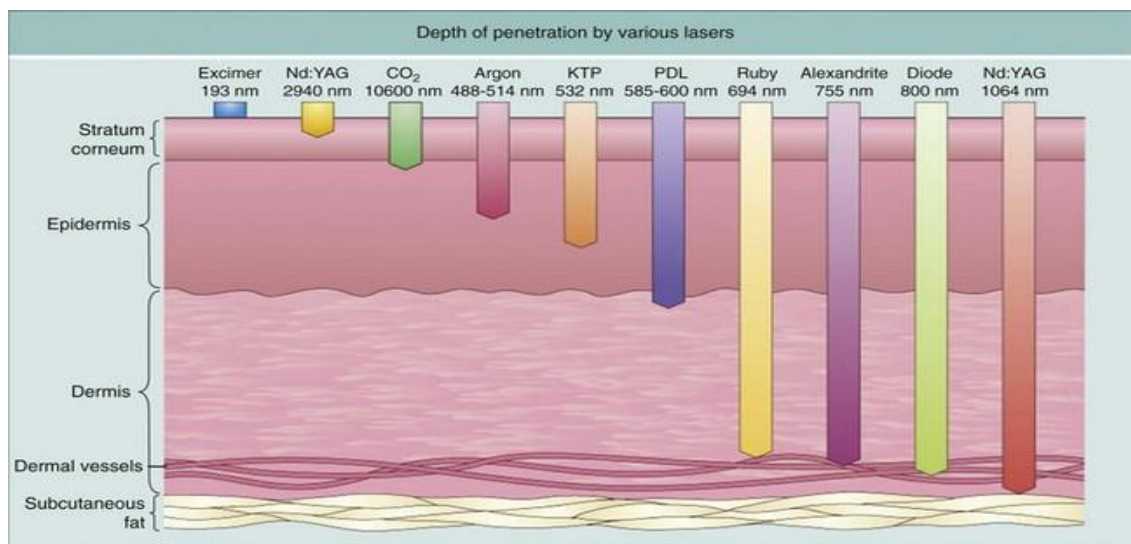


Figure 22 : profondeur de pénétration dans la peau des différents lasers en fonction de la longueur d'onde (48)

## IV. Les différents lasers (27) (26) (25)

### 1. Différents laser en fonction de la longueur d'onde :

#### 1.1. Laser excimers (308 nm) :

La lumière laser est produite par un mélange d'un gaz rare et d'un halogène. Dans ce cas, il s'agit du xénon et du chlore. Ce laser émet des impulsions de quelques nanosecondes à quelques dizaines de nanosecondes avec une fréquence de répétition de l'ordre de quelques hertz à quelques centaines de hertz. L'énergie des impulsions est très variable : de quelques millijoules à quelques joules. Ils évoluant dans le proche UV, les lasers excimers sont utilisés en dermatologie dans la prise en charge des troubles pigmentaires (vitiligo).

#### 1.2. Laser argon (418nm-514nm) :

C'est le plus ancien, la longueur d'onde bleu-verte du laser argon (de 418 nm à 514 nm) étant fortement absorbée par la couleur rouge. Il s'ensuit un effet thermique avec coagulation intravasculaire, et diffusion de l'effet thermique aux structures adjacentes des capillaires (fonctionnement sur un mode continu), ce qui peut entraîner un décollement épidermique avec les phénomènes de cicatrisation habituels. Il a une action spécifique sur les angiomes plans par complémentarité tinctoriale.

### **1.3. Laser KTP (ou laser Nd-YAG doublé en fréquence 532nm):**

C'est un laser vert, visible, à milieu actif solide. Son faisceau est doublé en fréquence par la présence d'un cristal potassium-titanyl-phosphate (KTP). Il émet dans un spectre à 532 nm, proche de celui de l'absorption de l'oxyhémoglobine (540 nm) et agit en mode photocoagulation sélective. Ce laser avec une longueur d'onde plus courte que celle du LCP délivre une énergie plus importante au niveau tissulaire et permet donc de traiter des lésions plus volumineuses. Ces lasers sont indiqués pour traiter des lésions peu profondes, de petite taille, roses à violacées, tels que : les télangiectasies, les couperoses du visage, les petits vaisseaux de l'aile du nez, les angiomes stellaires, certains AP vieillissants, les cicatrices post chirurgicales, les séquelles de radiothérapie, le rajeunissement du visage, l'acné, ainsi que les troubles de pigmentation.

### **1.4. Laser à vapeur de cuivre (510nm-578nm) :**

C'est un laser à gaz, le milieu actif est constitué d'une vapeur métallique dans un gaz rare au repos (hélium ou néon). Un métal (ici le cuivre à 500 °C) est chauffé à haute température. Il existe plusieurs lasers à vapeurs métalliques. Le laser à vapeur de cuivre présente l'avantage majeur d'émettre deux longueurs d'onde particulièrement intéressantes pour la dermatologie : 510 nm (70 %) et 578 nm (30 %) et d'avoir un meilleur rendement que le laser krypton (de l'ordre de 1 %). De plus, le renouvellement ou le refroidissement du gaz actif ne sont pas nécessaires. Au contraire, le réchauffement du gaz rare dans la décharge est utilisé pour élever la température du tube de céramique jusqu'à environ 1500 °C. Mais cette température élevée est aussi un inconvénient majeur de ce laser, tout particulièrement pour une utilisation médicale, car le tube est en four et sa montée en température nécessite beaucoup de temps. Récemment, le bromure de cuivre a remplacé le cuivre. L'intérêt du laser au bromure de cuivre est de fonctionner à une température inférieure (de l'ordre de 900 °C), ce qui accroît son rendement et lui confère donc de nombreux avantages. Ce laser fonctionne uniquement en mode impulsionnel avec des cadences de l'ordre de 5 kHz et des impulsions de l'ordre de 10 à 40ns. Il est assimilé à un laser à émission quasi continue. Il s'agit d'une technologie assez poussée et donc coûteuse, et d'un appareil relativement volumineux. Bien que couplé à l'Hexascan®, ce laser ne peut concurrencer commercialement les autres modèles.

### **1.5. Laser à colorant pulsé (LCP-585-595nm) :**

C'est un laser visible plutôt jaune, dont le milieu actif est un colorant organique : la rhodamine 6G, proches d'un des 4pics d'absorption de l'oxyhémoglobine, expliquant sa spécificité vasculaire. Le mode de production devient alors un mode pulsé, permettant ainsi de délivrer une énergie très importante en un temps extrêmement court, ce qui évite la diffusion d'un effet thermique et, au contraire, la création d'un effet mécanique par « microexplosion » à l'intérieur des capillaires induisant leur rupture avec extravasation sanguine et secondairement oblitération de ces capillaires. C'est le phénomène de photothermolyse sélective. Mais les appareils de dernière génération, avec une durée d'impulsion plus longue, peuvent agir selon le mode de photocoagulation sélective. Ces lasers sont utilisés pour traiter les lésions vasculaires superficielles, angiome plan de l'enfant et de l'adulte, l'acné, les rides et le vieillissement de la peau.

### **1.6. Laser alexandrite (755 nm) :**

C'est un laser solide pompé par lampe flash. Le milieu actif est un cristal (le chrysobéryl dopé au chrome ( $\text{Cr}^{3+}$  ;  $\text{BeAl}_2\text{O}_4$ ). Ces lasers sont dédiés à l'épilation, aux taches pigmentaire, aux AP résistant au LPC et à une moindre mesure au traitement des petites veines des membres inférieurs.

### **1.7. Laser Diodes (810 nm) :**

Ce sont des lasers à capacité dépilatoire mais aussi vasculaire, tant exo-veineux qu'endo-veineux.

### **1.8. Laser diode (940 et 980 nm) :**

Le milieu actif est un cristal semi-conducteur constitué d'atomes neutres arrangés dans un réseau cristallin. Le matériau le plus couramment utilisé pour les lasers à semi-conducteurs est l'arséniure de gallium (GaAs). Ce matériau est associé à d'autres alliages tels que l'arséniure d'indium ou le phosphure d'indium pour obtenir des bandes d'émission qui s'étendent de 750 nm à 2 100 nm. Ce sont des lasers essentiellement vasculaires, utilisés soit en exo-veineux à travers la peau, soit en endo-veineux pour scléroser les grosses veines dont la saphène.

### **1.9. Laser Nd-YAG à impulsions longues (1064nm) :**

C'est un laser solide travaillant dans le proche infrarouge. Il peut être utilisé en mode continu ou impulsionnel. Il émet un faisceau de grande longueur d'onde (1064 nm) permettant une bonne profondeur de pénétration cutanée et donc le traitement de lésions plus profondes que les LCP ou les lasers KTP. Aussi, il est particulièrement indiqué pour traiter des vaisseaux de plus gros calibres et plus profonds au niveau des membres inférieurs, notamment les télangiectasies bleutées et les varices réticulaires. Il est aussi utilisé pour traiter les lésions vasculaires du visage (couperoses à gros vaisseaux, pathologie veineuse oro-faciale, lacs veineux séniles des lèvres), où le laser s'avère moins nocif que la chirurgie dans cette indication. La longueur d'onde 1064 nm possède, en effet, une affinité pour le chromophore hémoglobine. Son affinité pour la mélanine est faible. Ces lasers sont donc capables de réaliser des épilations progressivement définitives, et de traiter les peaux mates ou noires avec un meilleur degré de sécurité que les lasers 755 nm. Enfin, ce laser est capable de chauffer les zones de collagène et de provoquer des phénomènes de remodelage du collagène, recherchés dans les soins de rajeunissement du visage, la prise en charge des cicatrices et de l'acné.

### **1.10. Laser Er-Glass (1320, 1450 et 1550) :**

Sont des lasers solides ou à diode travaillant dans le proche infrarouge. Leurs indications dermatologiques sont essentiellement 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 traitement endo-veineux pour détruire les veines des membres inférieurs.

### **1.11. Laser Er-YAG (2940nm) :**

C'est un laser solide, le milieu actif est constitué par des ions trivalents de terres rares ( $Nd^{3+}$ ,  $Ho^{3+}$ ,  $Tm^{3+}$ ,  $Er^{3+}$ ) entrant en substitution dans le réseau d'une matrice cristalline ablatif. L'intérêt du dopage par les ions de terres rares tient au fait que leurs transitions se situent généralement dans le visible ou le proche infrarouge, autorisant ainsi le pompage par lampes flash. L'Er YAG pompé par flash présente une bonne conductivité thermique, et peut fonctionner à une cadence de 10 à 50 Hz (barreau et lampes avec refroidissement par circulation

d'eau) car le YAG présente une bonne conductivité thermique. Le chromophore cible est l'eau de la peau. Il provoque une photoablation des premières couches de l'épiderme. Il traite plus en superficie et ne coagule pas. Ces lasers n'ont pas d'effet thermique. Récemment, des Erbium fractionnés sont mis au point pour permettre une régénération plus rapide de la peau après une séance.

### **1.12. Laser CO2 (10600nm):**

C'est un laser à gaz de l'infrarouge lointain, dont la cible est l'eau. Il a des propriétés ablatives considérables. Il est utilisé 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. C'est le laser indiqué pour le traitement des rides profondes du visage ou de certaines cicatrices. Des versions CO2 fractionnées sont maintenant disponibles permettant de raccourcir le temps d'éviction sociale.

## **2. Le matériel : (49) (41)**

### **2.1. Moyens de transmission du faisceau laser :**

Le faisceau laser est directif, il doit être orienté sur le tissu cible. Pour cela, il existe trois types de système de transmission: le faisceau direct, la fibre optique et le bras articulé.

#### **2.1.1. Le bras articulé avec miroirs :**

Le bras articulé est en général formé de deux tubes, rigides et légers, de six à sept articulations, sur lequel on peut connecter une pièce à main, un système à balayage ou un scanner. Chaque articulation est composée de deux pièces supportant chacune un miroir plan incliné à 45° par rapport à l'axe de rotation de la pièce. Le faisceau optique se propageant parallèlement à cet axe subit une rotation de 90° dans le plan d'incidence du miroir. Deux articulations associées, voire trois dans le cas de la pièce à main, permettent d'orienter le faisceau laser dans toutes les directions. Il est utilisé pour les lasers dans l'infrarouge lointain (laser CO2) ou dans l'ultraviolet lointain comme les lasers Excimères pour lesquels la transmission par fibre optique est difficile. La focalisation du faisceau à sa sortie est en général obtenue par une optique. L'avantage de ce principe est une perte de puissance minimale, une conservation de la cohérence du rayon et un

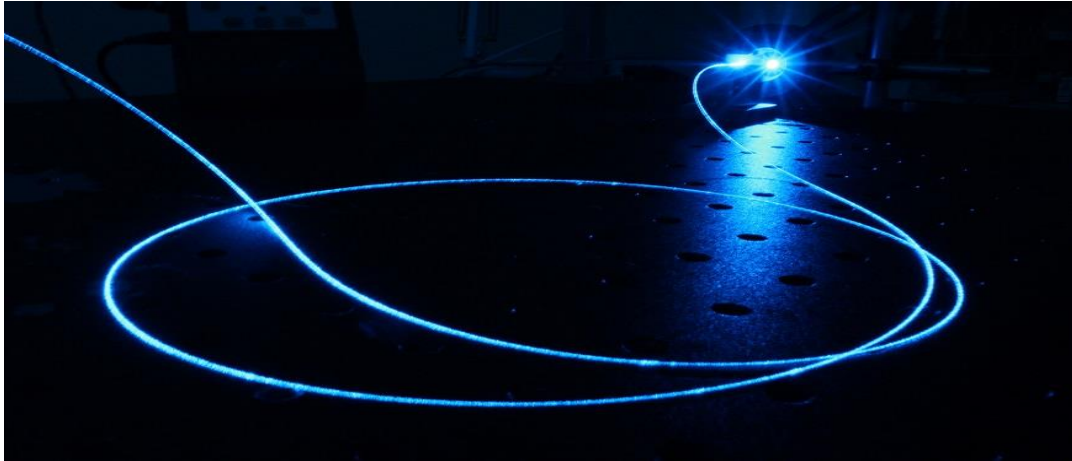
faisceau de haute énergie. Néanmoins, ils sont parfois encombrants, difficiles à manipuler, les miroirs responsables de la transmission lumineuse peuvent se ternir ou perdre leur alignement. Ce matériel coûte cher, nécessite une maintenance importante, et peut être difficile à remplacer (figure23).



**Figure 23 : le bras articulé (49)**

### **2.1.2. Les fibres optiques :**

Elles sont souples, plus flexibles et maniables, de faible diamètre, permettant une transmission très pratique. Elles sont faites d'un cœur conduisant le faisceau, d'une gaine réfléchissante entourant directement le cœur et d'un revêtement mécanique protégeant la fibre. Ce moyen de transmission utilise la réflexion et la réfraction entre deux milieux (le cœur et la gaine). À la sortie de la fibre, le faisceau a perdu de sa cohérence et la lumière est très divergente, il est donc préférable de l'utiliser en mode contact ou sans contact mais il doit être proche de sa cible pour éviter les pertes de chaleur. Il faut donc un autre système optique en sortie pour refocaliser le faisceau. Le proche ultraviolet, le visible et le proche infrarouge représentent le spectre d'utilisation de ces fibres, comme c'est le cas des lasers diode, Nd:YAG, Argon ou Holmium. 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 (figure24).



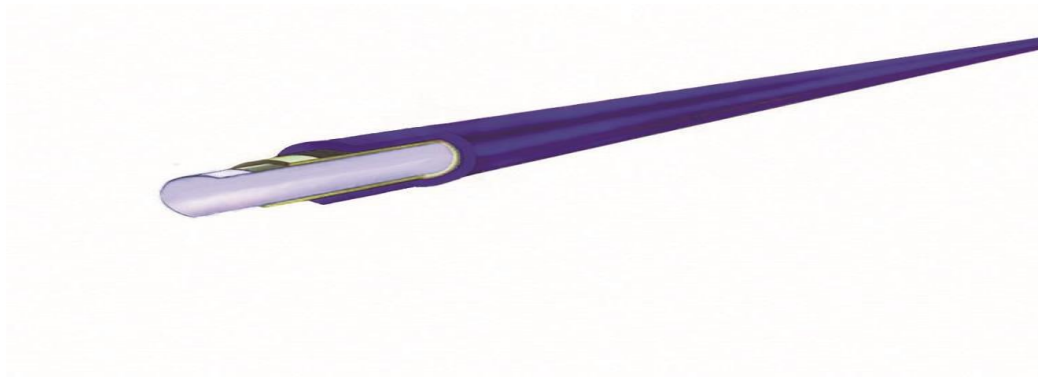
**Figure 24 : la fibre optique (50)**

### **2.1.3. Le guide-ondes creux :**

C'est des tubes, rigides ou souples, permettant la transmission de la lumière par réflexion à l'intérieur de leur surface réfléchissante (figure25). On distingue :

- Les tubes rigides en alumine creux, qui ont la propriété de "guider" la lumière laser sur plusieurs dizaines de cm avec très peu de pertes. Ils ont un diamètre variable de 2 à 5 mm environ. Ils sont bien adaptés à l'utilisation des lasers CO<sub>2</sub> en endoscopie (cœlioscopie, 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.



**Figure 25 : le guide onde-creux (51)**

#### **2.1.4. Le tir direct :**

La tête laser est suffisamment miniaturisée pour être dans la main de l'utilisateur. Certains lasers CO2 sont des exemples.

### **2.2. Accessoires : (26)**

#### **2.2.1. Pièces à main :**

Les pièces à main sont conçues pour permettre de focaliser le faisceau et de faciliter le geste du praticien. Elles sont adaptées à chaque laser et à chaque type de transmission. Ces pièces à main sont différentes 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, le choix d'une pièce à main de focale plus courte permettra d'obtenir un impact de plus petit diamètre. Les pièces à main sont généralement dotées d'un doigt de positionnement qui précise très exactement la distance idéale pièce à main-tissu.

#### **2.2.2. Scanners :**

Le scanner désigne un appareil qui assure le déplacement automatique et programmable d'un faisceau laser. Un scanner assure les fonctions suivantes :

- Premièrement, le déplacement doit être reproductible pour permettre un recouvrement homogène de la zone à traiter.
- Ensuite, une fois le spot laser est fixe (faisceau laser collimaté ou distance maintenue constante) et donc l'irradiance ( $W/cm^2$ ) connue, il est possible d'appliquer une dose de

lumière (fluence en J/cm<sup>2</sup>) constante tout en contrôlant le temps d'exposition.

Ces deux fonctions permettent alors un traitement plus rapide et plus fiable de différentes surfaces élémentaires selon le type de scanner: carré, hexagone, rectangle, ligne, triangle, etc. Les spots peuvent être superposés ou jointifs, et leur espacement variable à l'intérieur d'un motif géométrique détermine la densité de recouvrement.

### **2.2.3. Dispositifs de refroidissement : (26)**

Toutes les machines lasers produisent de la chaleur, qui peut entraîner l'apparition de douleur au niveau de la zone traitée. Elles doivent donc être couplées à un mécanisme de refroidissement, qui aide aussi à renforcer l'action du laser. Premièrement, le refroidissement réduit les risques de dyschromie en diminuant la température obtenue au niveau de la mélanine contenue dans le derme. Deuxièmement, ce refroidissement permet d'avoir une énergie plus importante, pouvant être plus efficace au niveau d'un vaisseau ou d'un poil. Enfin, le refroidissement aide à réduire la douleur, et apporte donc un confort pour le patient et pour l'opérateur. Certains de ces systèmes contribuent à une meilleure efficacité du laser peuvent en améliorant le couplage optique.

#### **Différents procédés sont disponibles :**

- la méthode la plus simple consiste à poser un cube de glace quelques secondes sur la peau avant le traitement.
- un gel refroidi peut également être utilisé.
- des systèmes plus sophistiqués font souvent appel à un dispositif optique dans lequel circule un liquide de refroidissement. Ils sont maintenus au contact du tissu pendant le traitement laser. La température du liquide est généralement de l'ordre de 3 à 4 °C.
- spray de gaz cryogénique (le plus souvent du chlorodifluorométhane ou du tétrafluoroéthane). Le délai entre l'émission du spray et le début du tir laser et la durée du spray (de l'ordre de 30 à 50 ms) 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.

- un dispositif thermoélectrique qui génère du froid par l'application d'un courant électrique est également proposé par certaines sociétés.
- Enfin, il est aussi possible de souffler de l'air refroidi directement sur la peau, au moyen d'un « climatiseur » modifié.

## V. Laser et dangerosité

### 1. classification des lasers et dangerosité :

Les différents lasers sont classés selon 4 grands types en fonction du risque des dommages biologiques :

- **Classe1** : lasers sans danger, à condition de respecter les conditions prévisibles. Pas d'exigences de sécurités spécifiques pour cette classe.
- **Classe2** : lasers de faible puissance (inférieur à 1 mW) émettant dans le visible. Le réflexe palpébral assure la protection de l'œil. Ne pas regarder le faisceau.
- **Classe3A** : lasers de moyenne puissance (inférieur à 5mW). La vision directe est dangereuse si elle dépasse 0.25sec ou à travers un instrument d'optique. Ne pas regarder le faisceau avec l'œil nu ou avec un instrument d'optique. Dangereux pour les yeux.
- **Classe3B** : lasers de puissance élevée (inférieur à 500mW) dont la vision directe est toujours dangereuse. La vision de sources diffuses est sans risque si la durée ne dépasse pas 10sec. Exposition au faisceau dangereuse. Toujours dangereux pour les yeux.
- **Classe4** : lasers de puissance très élevée (supérieur à 500 mW) dont la vision directe ou diffuse est toujours dangereuse entraînant des lésions cutanées et oculaires. Exposition dangereuse au rayonnement direct ou diffus pour la peau et l'œil. (52) (27)

**Tableau 4 : classification des lasers (53)**

Etiquetage européen	Etiquetage américain	Puissance typique en milliwatt (mW)	Exemples d'applications
Classe 1	Classe I	< 0,4 mW	scanners de caisse, lecteurs DVD
Classe 2	Classe II	< 1 mW	Pointeurs laser
Classe 3R	Classe IIIa	< 5 mW	Lasers de spectacles
Classe 3B	Classe IIIb	< 500 mW	Lasers de spectacles
Classe 4	Classe IV	> 500 mW	Lasers de spectacles

## 2. Les dangers liés au laser : (54) (55) (56)

### 2.1. Le risque pour les yeux :

Un passage du rayon laser sur l'œil, accidentel ou intentionnel, direct ou réfléchi, peut causer des lésions de la cornée, la conjonctive, l'iris, le cristallin ou la rétine. Différents lésion peuvent être observées :

- Des brûlures de la rétine
- Des lésions irréversibles pouvant entraîner une perte visuelle définitive
- Une brulure, une irritation et une inflammation de la conjonctive
- Une inflammation, des brûlures ou des opacifications de la cornée (lasersUV, IR...)
- Cataracte par atteinte du cristallin suite à des expositions répétées ou prolongées
- Des déformations cornéennes, de l'iris et du cristallin.

### 2.2. le risque pour la peau :

Le rayonnement laser a un effet thermique qui peut être dangereux pour la peau. Des dommages cutanés sont observés selon le type d'exposition (longueur d'onde, durée, énergie...), ou en cas d'exposition accidentelle : rougeur, lésions comparables à des coups de soleil, cloques, brûlures, vieillissement prématuré de la peau, mutations cellulaires irréversibles pouvant provoquer des cancers de la peau.

**Tableau 5 : les causes de brûlures laser (27)**

<p><b>Provenant de la machine/lasériste</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Mauvais réglages de paramètres</li> <li>-Erreur du au phototype</li> <li>-Stacking des impacts (empilement)</li> <li>-Panne ou inactivation du refroidissement</li> <li>-Dérive dans l'étalonnage machine (non entretien)</li> <li>-Optique de calibration sale trompant la calibration</li> <li>-Réglage du froid trop fort sur certains phototypes foncés</li> <li>-Echauffement anormalement important de la pièce à main touchant la peau</li> <li>-Crayon de tracé agissant en chromophore (crayon noir par exemple)</li> </ul>
<p><b>Provenant du patient</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Bronzage/UV/autobronzant</li> <li>-Cosmétique/fond de teint</li> <li>-Tatouage/maquillage permanent</li> <li>-Inclusion cutanée de poudre/matériel inflammable</li> <li>-Médicament photo-sensibilisant</li> <li>-Maladie photo-sensibilisante</li> <li>-Poil trop long</li> </ul>

### **2.3. Le risque chimique :**

Certains lasers utilisent des produits pouvant être toxiques, et doivent être manipulés avec précaution : les liquides et gaz de refroidissement, les déchets produits lors de l'émission laser, les vapeurs des produits utilisés pour la désinfection.

## **2.4. Le risque électrique :**

Certains lasers utilisent des tensions élevées et contiennent une énergie importante dans des condensateurs. Seuls des professionnels qualifiés peuvent entretenir ou réparer un matériel défectueux. Il ne faut pas 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.

## **2.5. Le risque d'incendie :**

Certains lasers puissants (surtout ceux qui émettent dans l'infrarouge) peuvent produire une combustion des matériaux inflammables (bois, plastiques ...). Des mesures de précautions devront être prises.

## **3. Prévention des différents risques liés au laser :**

La prévention des accidents qui peuvent survenir au cours d'un traitement laser comporte 3 volets principaux:

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

### **3.1. La protection intégrée :**

Les essais techniques ont pour but de s'assurer de la conformité du laser aux normes en vigueur. Un laser marqué CE ou homologué peut donc être considéré comme non dangereux, sauf faute délibérée lors de son utilisation. Il conviendra cependant de rester prudent. Il faut suivre les instructions recommandées par le constructeur et appliquer ses conseils pour l'entretien du laser.

### **3.2. La protection collective :**

Elle concerne l'organisation du travail et l'agencement de la salle de traitement. Des recommandations sont à respecter :

- la possibilité d'utiliser un laser est indiquée par une affiche portant le logo international des lasers accrochée sur la porte d'entrée de la salle. Lors de l'utilisation du laser, une lumière rouge à l'entrée de la pièce est généralement utilisée.
- pour les lasers émettant dans le proche ultraviolet, le visible ou le proche infrarouge, les fenêtres situées dans la DNRO (la distance nominale du risque oculaire) doivent être opaques ou diffusantes. Il est recommandé d'étendre ces mesures à toutes les fenêtres de la pièce, vu la difficulté de mesure de cette DNRO.
- la porte d'entrée ne doit pas être située dans la DNRO. La pièce est donc conçue en forme de « L » pour permettre cela.
- un aspirateur de fumée est obligatoirement utilisé lors de la volatilisation des tissus par laser qui permet d'aspirer la fumée au niveau de son émission. Une ventilation de la pièce est aussi prévue.

### **3.3. La protection individuelle :**

Elle vise à protéger les individus malades et personnels soignant contre les risques optiques et les fumées tissulaires incomplètement éliminées par l'aspirateur de fumées. On recommande donc le port de lunettes, masques chirurgicaux et gants. En cas d'accident, la consultation d'un ophtalmologiste est nécessaire.

## **DEUXIEME PARTIE : LES APPLICATIONS MEDICALES DU LASER**

# **I. Les principales applications médicales:**

## **1. Les lasers dépilatoires:**

L'application de la technologie des lasers dans le domaine de l'épilation est récente, et constitue une des procédures esthétiques les plus convoitées. Les résultats sont prometteurs, mais pas encore définitifs. La difficulté de cette technologie réside dans la complexité de la structure et de la physiologie pileuse. Pour maîtriser cette nouvelle indication des lasers, il est nécessaire d'avoir une bonne connaissance de la physiologie du follicule pileux, de la physique des lasers et des interactions entre lasers et tissus. L'épilation laser est basée sur le principe de photothermolysse sélective, entraînant une nécrose de coagulation thermique du follicule pileux. Les cibles du laser sont les zones du bulbe et du bulge, le chromophore spécifique est la mélanine, la phase du cycle pileux cible est la phase anagène où il y a croissance du poil. (57)

### **1.1. Appareils utilisés: (58) (59)**

Les effets des lasers utilisés dans l'épilation sont uniquement l'effet thermique et l'effet électromécanique:

Les lasers produisant un effet thermique sont représentés par les lasers Rubis long pulse qui ont perdus actuellement leurs places, les lasers Alexandrite long pulse, les lasers Diodes long pulse, les lasers Nd:YAG long pulse.

Les lasers produisant un effet électromécanique sont les lasers Nd:YAG Q-switchés avec ou sans chromophore exogène.

Ces techniques sont peu douloureuses, sans effets secondaires préjudiciables, certaines plus rapides que d'autres.

### **1.2. Chromophore cible : la mélanine: (12)**

La mélanine se trouve dans la corticale et la médullaire de la tige pileuse, dans les mélanocytes de la matrice au sommet de la papille et aussi dans les mélanocytes épidermiques. Son spectre d'absorption se situe entre 600 et 800nanomètres.

L'épilation laser ne s'avère efficace que sur le poil en phase anagène, lorsqu'il contient le plus de mélanine et qu'il est toujours rattaché au bulbe dont il s'extirpe. Une fois cette phase terminée, l'énergie 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. Ceci permet de comprendre pourquoi plusieurs séances de laser sont nécessaires afin de parvenir à une épilation totale et définitive car tous les poils ne poussent pas à la même vitesse et ne se retrouvent pas en phase anagène en même temps.

### **1.3. Indications: (58)**

- **Indications esthétiques:** Toute partie du corps peut être traitée sauf les sourcils ou les zones où il y a risque de simulation, traitement des pili incarnati, pseudo-folliculite de la barbe (phototype VI).
- **Indications médicales:** hirsutisme, hypertrichose, hamartomes pileux, naevus de becker, folliculites après épilation manuelle, folliculites décalvantes, pili incarnati, acné chéloïdienne de la nuque, hydrosadénite suppurative (maladie de verneuil), kyste du sinus pilonidal.

### **1.4. Principe et procédure de l'épilation laser :**

#### **1.4.1. Les candidats idéals: (60)**

Il ne faut oublier que l'énergie lumineuse sera absorbée par n'importe quel type de pigment. Pour de meilleurs résultats, les poils doivent être plus foncés que la peau. C'est pourquoi les individus de phototype clair avec des poils noirs sont de meilleurs candidats pour l'épilation laser que les sujets de phototype foncé et les cheveux pâles. Si la peau est foncée, le pigment de la peau absorbera une partie de l'énergie lumineuse qu'émet le laser. Par conséquent, les follicules peuvent absorber moins d'énergie et la peau peut être endommagée par le laser. Dans ces circonstances, le médecin peut choisir de réduire le niveau d'intensité du laser. Si les poils sont pâles, les follicules ont moins de pigments. Et par conséquent, les follicules n'absorberont pas l'énergie du laser aussi bien que ceux qui ont des pigments plus foncés. Dans ces deux cas, le recours à plusieurs traitements est possible afin de d'obtenir les résultats désirés.

### **1.4.2. Préparation à la procédure: (60)**

Avant le début de la procédure, le médecin peut raser les poils de la région qui sera épilée. Les patients doivent être prévenus de n'épiler la zone à traiter ni à la pince ni à la cire (4- 6 semaines avant le traitement et après). Pendant cette période, le rasage est autorisé. L'exposition récente au soleil ou aux UV, l'utilisation de lotions auto-bronzantes ou d'activateurs de bronzage retardent le traitement laser. Le bronzage peut entraîner une brûlure de la peau s'il est récent puisqu'il détourne une partie de l'énergie lumineuse du laser suite à la forte concentration de peau en mélanine.

Le médecin utilise souvent un gel de refroidissement sur la région qui sera épilée, ou peut utiliser un laser avec un bout de refroidissement, pour ne pas endommager la peau avec la chaleur. Pour les patients sensibles à la douleur, ou pour certaines zones du corps qui sont sensibles, on peut utiliser une anesthésie locale. Des lunettes pour protéger les yeux sont généralement utilisées. La durée de l'épilation au laser dépend de la région à traiter.

### **1.4.3. Principe et procédure de l'épilation au laser: (60)**

Au cours de l'épilation laser, un laser orienté sur la région à traiter, émet une énergie lumineuse qui diffuse à travers la peau et sera absorbée par la mélanine (pigment) présente dans le follicule et la manche du cheveu. Les pigments sont les substances qui donnent la couleur aux cheveux et à la peau. Le principe du laser repose sur la thermolyse sélective, l'énergie lumineuse est absorbée de façon sélective par les endroits riches en pigments. Les follicules de cheveux qui sont en phase anagène, contiennent plus de pigment mélanique, et absorbent l'énergie lumineuse du laser. Cependant, les follicules qui sont en phase catagène ou télogène sont moins pigmentés, n'absorbent pas l'énergie lumineuse et la croissance de cheveux n'est pas entravée. L'énergie lumineuse convertie en énergie thermique endommage les follicules, ainsi les cheveux qui étaient dans les follicules au moment du traitement tombent et la croissance de cheveux sera entravée. Puisque les poils ne croissent pas tous au même moment, plusieurs procédures seront nécessaires pour épiler définitivement la région. La diffusion de la lumière laser dépend de plusieurs facteurs: ceux concernant le follicule pileux (profondeur, taille, qualité et quantité de mélanine), ceux concernant la capacité des structures anatomiques du

follicule pileux à diffuser la chaleur, ceux concernant les caractéristiques du laser (longueur d'onde, taille de l'impact ou spot, fluence [J/cm<sup>2</sup>], durée de l'impact laser).

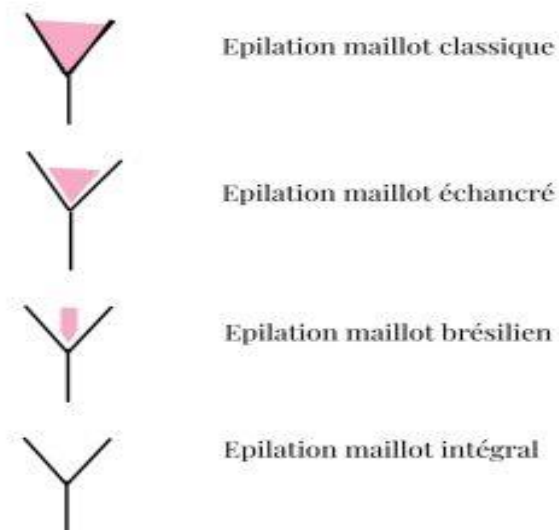
#### 1.4.4. Nombre de séances: (27)

Le nombre de séances nécessaire est assez difficile à estimer en épilation laser, de nombreuses variantes entrent en jeu : le terrain hormonal, le type de pilosité, l'âge, la couleur du poil et de la zone. Seuls les poils en phase de croissance au moment du traitement disparaîtront de façon définitive, soit environ 25 à 30 % des poils. Ces séances doivent être espacées de 4 à 6 semaines, puis 6 à 8 semaines, puis crescendo en fonction de la repousse des poils. Par contre, certaines personnes auront besoin de plus de séances que d'autres. Les poils traités peuvent persister parfois et ne disparaissent qu'après plusieurs semaines, il faut prévenir le patient et lui expliquer que ces poils finiront par être éliminés. Une réduction d'environ 20% de la pousse des poils est notée 4 à 8 semaines après chaque intervention.

**Tableau 6 : estimation du nombre de séance en fonction de la zone à traiter chez les femmes (27)**

<b>Mains</b>	7 à 10
<b>Bras</b>	7 à 10
<b>Avant-bras</b>	7 à 10
<b>Seins complets</b>	>10 (stimulation ++)
<b>Mamelons</b>	>10 (stimulation +++)
<b>Épaules</b>	stimulation +++
<b>Ligne abdominale</b>	7 à 10
<b>Cuisses complètes</b>	7 à 10
<b>½ jambes</b>	4 à 7(genou moins réceptif)
<b>Aisselles</b>	4 à 7
<b>Fesses</b>	8 à 10(stimulation possible)
<b>Sillon inter fessier</b>	5 à 7(si fin d'entrée, risque d'efficacité partielle)
<b>Maillot (figure26)</b>	5 à 10(face interne grandes lèvres difficiles)
<b>Front</b>	Stimulation+++
<b>Cou</b>	Stimulation+++
<b>Nuque</b>	6 à 10
<b>Mandibule (angle)</b>	> 10 (stimulation possible)
<b>Pattes (cheveux)</b>	4 à 6

<b>Tempes</b>	> 8
<b>Pommettes/joues</b>	> 10 (stimulation possible)
<b>Menton</b>	7 à 10
<b>Sourcils</b>	4 à 6
<b>Lèvre supérieure</b>	7 à 10



**Figure 26 : les différents types d'épilation laser du maillot**

- Épilation maillot classique : épilation des poils dépassant du sous vêtement
- Épilation maillot échancré : épilation échancrée du pubis et bord du maillot
- Épilation maillot brésilien : épilation très échancrée du pubis, et épilation des lèvres
- Épilation maillot intégral : épilation totale qui inclue le sillon inter-fessier

**Tableau 7 : estimation du nombre de séance en fonction de la zone à traiter chez les hommes (27)**

<b>Fesses</b>	8 à 10
<b>Sillon inter fessier</b>	8 à 12
<b>Maillot</b>	6 à 8
<b>Pieds</b>	6 à 10
<b>½ jambes</b>	6 à 10
<b>Cuisses</b>	7 à 10
<b>Épaules</b>	8 à 12
<b>Dos</b>	8 à 12
<b>Mains</b>	7 à 10
<b>Avant-bras ou bras</b>	8 à 12
<b>Flans</b>	8 à 12
<b>Abdomen</b>	7 à 10
<b>Torse</b>	7 à 10
<b>Oreilles</b>	6 à 8
<b>Nez</b>	6 à 8
<b>Nuque</b>	8 à 10
<b>Cou</b>	7 à 10
<b>Tempes</b>	6 à 8
<b>Sourcils</b>	5 à 7
<b>Favoris</b>	5 à 8
<b>Moustache</b>	7 à 10
<b>Barbe</b>	7 à 10

**Tableau 8 : efficacité des lasers et zones (27)**

<b>Zones plutôt difficiles</b>	<p>Zones à duvet (visage+++)</p> <p>Poils fins et/ou clairs</p> <p>Terrain hormonal perturbé</p> <p>Flancs, mandibules, cou, joues, front, seins, fesses, scrotum</p>
<b>Zones plutôt faciles</b>	<p>Poils terminaux</p> <p>Poils gros et foncés</p> <p>Aisselle, maillot</p> <p>Phototype 3 et plus foncé</p> <p>Post ménopausique</p>

## **1.5. Effets secondaires: (12)**

### **Dans les suites immédiates:**

- Une rougeur ou une irritation de la peau peut survenir, mais qui disparaît généralement après une ou deux journées. L'utilisation d'un médicament topique pour protéger la peau durant sa guérison, ainsi que l'écran solaire pour quelques semaines seront fortement recommandés après la procédure. Les produits qui pourraient irriter la peau comme des acides alphas hydroxylés ou des astringents intenses devront être évités. Un œdème périfolliculaire est habituel.
- Une sensation de chaleur et de picotements peut se voir. Une légère douleur chez certains individus. -Des petits décollements bulleux peuvent apparaître et témoignent de brûlures superficielles généralement dus à des paramétrages mal adaptés sur des phototypes élevés ou des peaux bronzées.

### **Dans les suites tardives:**

- Petites croûtelles (figure27), rares, qui disparaissent généralement sans séquelle (application de pommades émollientes).
- Hypopigmentation généralement réversible et se voit surtout sur phototypes élevés et peaux bronzées (figure29).
- Hyperpigmentation très rarement, et est toujours réversible.
- Repousse paradoxale (figure28) : c'est-à-dire apparition de poils sur des zones qui en étaient dépourvus ou aggravation d'une pilosité préexistante, c'est une transformation des duvets invisibles en poils visibles. Les facteurs de risques sont à reconnaître pour éviter cette repousse : instabilité hormonale liée à l'âge ou par hyperandrogénie, les phototypes foncés IV ou V, présence de duvets au sein des poils terminaux, certaines zones plus à risque : chez la femme, les joues, les régions maxillaires et sous-mentonnières, chez l'homme, la nuque, les pommettes, les épaules, les bras et le dos.
- Pas de cicatrice, ni de folliculite. L'épiderme est intact.



**Figure 27 : fine crouelles après épilation laser (j15) (12)**



**Figure 28 : stimulation pilaire (58)**



**Figure 29 : hypochromie après brulure laser sur peau bronzée (58)**

### **1.6. Résultats de l'épilation au laser :**

Des poils sur la surface de la peau seront remarqués sept à dix semaines après le traitement. C'est normalement ceux qui sont tombés des follicules endommagés durant la procédure. Cependant, de nouveaux cheveux poussent après quelques semaines, car les follicules de cheveux qui n'étaient pas actifs au cours du traitement seront de nouveau en phase de croissance. Pour cette raison, plusieurs traitements seront nécessaires et doivent être espacés de quatre à huit semaines en fonction de la repousse des poils. Le résultat de l'épilation au laser dépend du teint de la peau, du type de cheveu, et la phase de croissance des poils qui seront épilés. La croissance des cheveux n'est pas définitivement entravée par l'épilation laser, ceci dit être expliqué au patient. Cependant, elle peut réduire de façon importante la croissance de cheveux, donnant au fil du temps l'apparence lisse de la peau désirée. (60)



**Figure 30 : aspect clinique avant/après une séance d'épilation laser (à 2mois) et après 3séances (à 6mois) du dos (61)**



**Figure 31 : épilation laser des aisselles: aspect avant/après une séance de traitement laser (à 2mois) (62)**

## 2. Prise en charge des cicatrices par laser :

La cicatrice est définie comme une lésion du derme dépourvue de stries et d'annexes cutanées. La cicatrisation cutanée est un processus biologique complexe. C'est le résultat d'un traumatisme ou de toute effraction complète du derme. Cette marque peut être non visible et bien intégrée sur la peau, mais le plus souvent, elle est dystrophique (épaissie ou déprimée) ou dyschromique (trop blanche, pigmentée ou avec un érythème résiduel signant une inflammation résiduelle). Une cicatrice est considérée comme pathologique par hyperplasie tissulaire (hypertrophique ou chéloïdienne) ou défectueuse par malfaçon ou en raison d'un défaut de maturation du tissu cicatriciel. La correction d'une cicatrice n'est pas un acte isolé : celui-ci s'intègre dans une démarche médicale globale.

Les différents types de cicatrices sont :

- **Les cicatrices blanches ou plates** (lisses et discrètes, parfois presque invisibles)
- **Les cicatrices atrophiques ou déprimées** (en creux qui signifient un manque de derme lors de la cicatrisation, souvent présent sur les cicatrices d'acné).
- **Les cicatrices hypertrophiques** ou chéloïdes (un relief sur la peau dû à trop de collagène).
- **Les cicatrices hyper pigmentées** (plus foncées que la peau originelle)
- **Les cicatrices dépigmentées** (concernent les cicatrices profondes)
- **Les cicatrices étirées** (courantes pendant la grossesse)

### 2.1. Appareils utilisés : (63)

Les lasers vasculaires sont utilisés pour traiter les cicatrices érythémateuses et chéloïdes.

Les cicatrices hyperchromiques sont la cible des matériels à émission photonique (MEP) pigmentaires.

Les lasers photoablatifs impulsionnels et fractionnés ainsi que les lasers fractionnés non ablatifs sont plutôt privilégiés pour la prise en charge des anomalies de relief.

**Tableau 9 : les types de lasers pour les cicatrices (27)**

Type	Caractéristiques	Indications
KTP-532-diode	Vasculaire-vert-faible profondeur de pénétration	Cicatrices hypertrophiques Cicatrices chéloïdes Cicatrices à composante vasculaire Cicatrices à composante pigmentaire
KTP-532-laser solide	Vasculaire-vert-faible profondeur de pénétration	Cicatrices hypertrophiques Cicatrices chéloïdes Cicatrices à composante vasculaire Cicatrices à composante pigmentaire
Colorant pulsé-590/595nm	Vasculaire-jaune-faible à moyenne profondeur de pénétration	Cicatrices hypertrophiques Cicatrices chéloïdes Cicatrices à composante vasculaire
Diode 810nm-diode 940nm-diode 980nm	Remodelage/vasculaire-infrarouge-importante profondeur de pénétration	Cicatrices en cratère (type acné)
Nd-YAG-1064nm-laser solide	Remodelage/vasculaire-infrarouge-importante profondeur de pénétration	Cicatrices type cratère
Q-switché Nd-YAG Q-switché alexandrite	Pigmentaire-infrarouge	Cicatrice à composante hyper-pigmentée
Erbium glass-1320nm, 1450nm, 1550nm	Remodelage-infrarouge-importante profondeur de pénétration	Cicatrices visages Cicatrices acné d faible profondeur (cratère)
Erbium 2940nm	Ablatif-infrarouge	Cicatrices en relief (aplanissement ablatif) Cicatrices visage (effet tenseur-remodelage)
CO2 fractionné-10600nm	Ablatif-infrarouge	Cicatrices en relief (aplanissement ablatif) Cicatrices visage (effet tenseur-remodelage)
CO2 classique-10600nm	Ablatif-infrarouge	Cicatrices en relief (aplanissement ablatif) Cicatrices visage (effet tenseur-remodelage)

## 2.2. Indications :

### 2.2.1. Cicatrices chéloïdes et hypertrophiques :

Une cicatrice chéloïde est une cicatrice en relief avec une coloration variant entre le blanc, le rose, le rouge et le brun, et peut s'étendre au-delà de la région traumatique/lésionnelle, évoluant depuis plus de 18 à 24 mois. Ce type de cicatrice nécessite un traitement précoce et par extension l'ensemble des cicatrices inflammatoires, cicatrices hypertrophiques comprises. La distinction entre ces deux formes est souvent difficile, car ces dernières ne s'étendent pas au-delà de la zone initiale lésée et ont généralement tendance à régresser spontanément (délai de deux ans). L'efficacité du laser à colorant pulsé est plus importante lorsqu'il est combiné à une compression cicatricielle ainsi qu'une injection intra lésionnelle de corticoïdes. Il réduit l'érythème cicatriciel, les télangiectasies, et aide à la stabilisation du résultat médical. Les lasers fractionnés ablatifs sont également utilisés et favorisent la pénétration d'un corticoïde d'action retard injectable, appliqué dans les minutes suivant le passage du laser (technique de dermoporation) (figure32). (64) (65) (66)

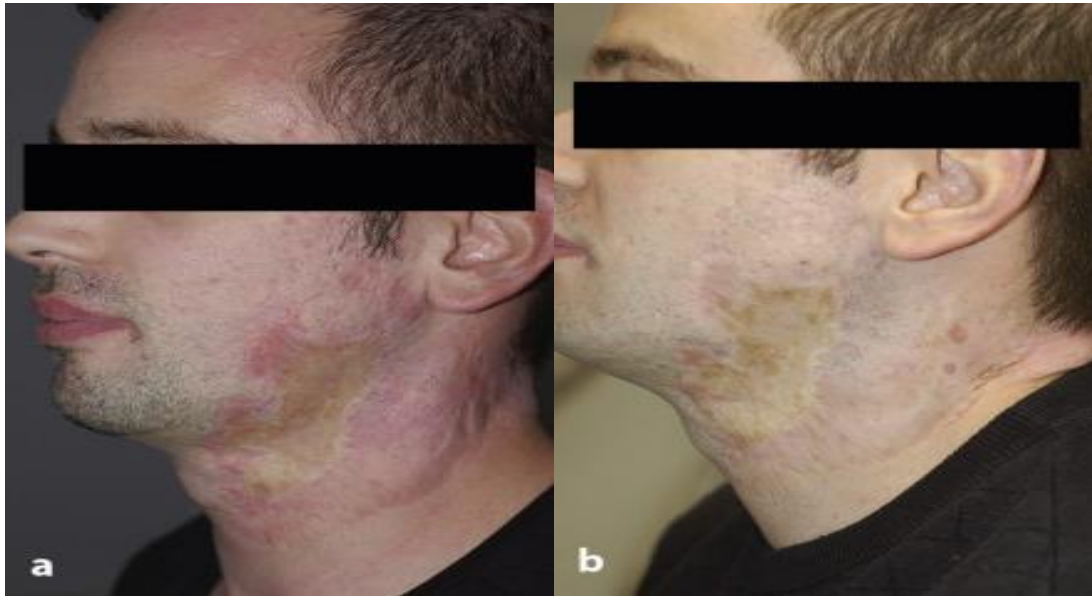


**Figure 32 : cicatrice profonde de la joue : résultats obtenus après 4 séances de laser Fraxel non-ablatif**

### 2.2.2. Cicatrices érythémateuses :

La disparition des séquelles érythémateuses persistantes est accéléré par un traitement précoce par laser vasculaire après une à deux séances à un intervalle d'au moins deux mois. Le laser de référence est le laser à colorant pulsé (figure33). Un laser KTP ou un laser Nd:YAG 532 nm peuvent également, à défaut, être proposés. Pour les phototypes supérieurs à 4, il est plus

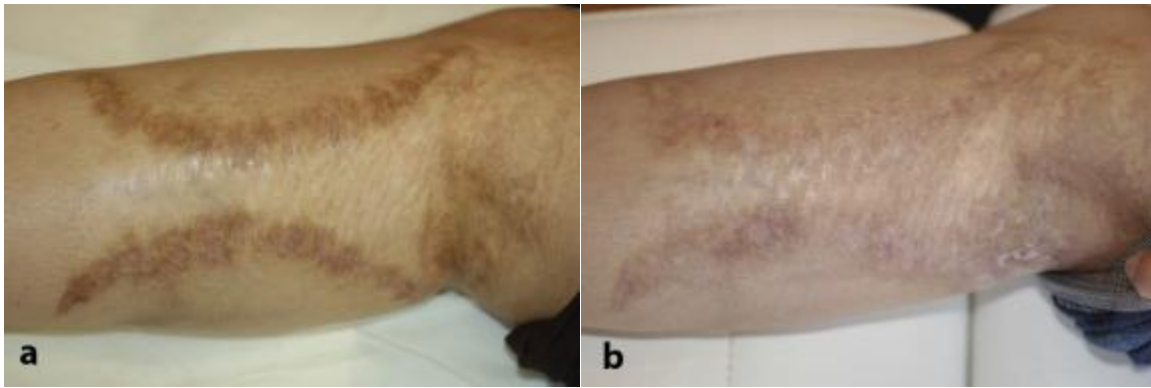
judicieux d'utiliser des lasers vasculaires : la mélanine épidermique entre en compétition avec l'oxyhémoglobine des vaisseaux dermiques, limitant la pénétration photonique en entraînant un effet thermique épidermique indésirable. (64)



**Figure 33 : cicatrice érythémateuse latéro-cervicale: aspect avant/après 4séances de traitement par laser à colorant pulsé (64)**

### **2.2.3. Cicatrices hyperchromiques:**

L'hyperpigmentation post-inflammatoire a généralement tendance à régresser en quelques mois. Elle survient surtout à partir du phototype 4, mais peut aussi toucher des phototypes plus clairs. Les dépigmentants topiques (type trio de Kligman) doivent être proposés en première intention. Secondairement seront proposés les lumières pulsées (figure34), plus efficaces que les lasers pigmentaires Q-switched. Dans certains cas, les lasers fractionnés ablatifs peuvent également être utilisés. (64)



**Figure 34 : cicatrice hyperchromique (64)**

**a. cicatrice hyperchromique stable**

**b. résultat après traitement par lumière pulsée(2séances)**

#### **2.2.4. Cicatrices hypochromiques:**

Pour les cicatrices achromiques, les lampes et lasers ultraviolet B (UVB) dits “à excimères, entraînent une repigmentation au moins partielle, uniquement si des mélanocytes “réservoirs” dermiques et folliculaires n’ont pas été détruits dans le traumatisme initial, et ceci après une dizaine de séances voir plus.(67) (64) (68)

#### **2.2.5. Cicatrices avec anomalies de relief:**

Les lasers impulsionnels photoablatifs sont privilégiés pour le visage: (figure35)

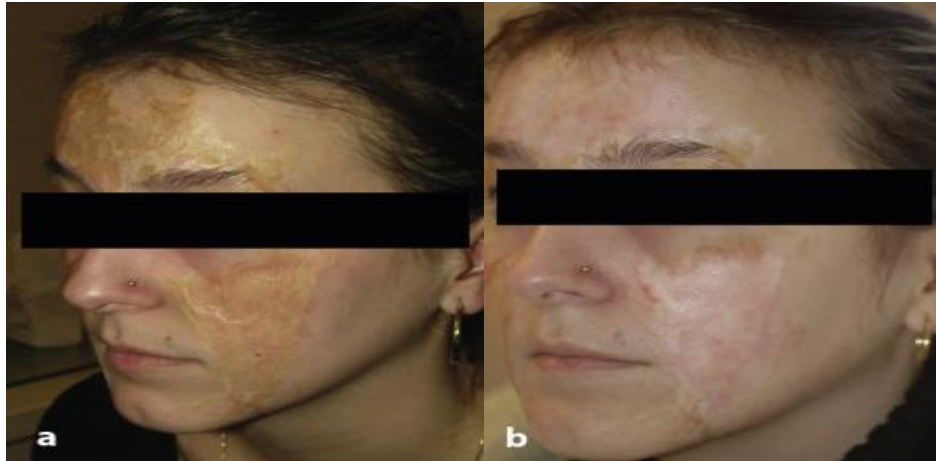
- Le laser erbium-YAG pour le nivellement des reliefs cicatriciels pour lesquels on ne recherche pas d’effet tenseur (figure34);
- Le laser CO2 impulsionnel quand un lissage et un redrapage associé est recherché.

La durée de cicatrisation est souvent allongée de quinze jours à trois semaines par rapport aux peaux normales suite à une raréfaction des annexes sur ces peaux cicatricielles.

Pour les cicatrices faciales, l’abrasion sera progressive, tout en contrôlant la profondeur de traitement et en restant prudent sur des zones cicatricielles dépourvues d’annexes (brûlures profondes). Garder à l’esprit qu’un second traitement sera toujours préférable à une abrasion trop profonde.

Lorsque les lasers impulsionnels ne pourront pas être utilisés, on pourra proposer les lasers fractionnés, ablatifs ou non.

Pour les localisations extra faciales, le traitement fait appel aux lasers fractionnés. Par contre les lasers impulsionnels photoablatifs sont déconseillés du fait des suites qui sont lourdes. (64)



**Figure 35 : cicatrice avec anomalie de relief (séquelles de brûlures): aspect avant/après traitement par laser Erbium de relissage (64)**

#### **2.2.6. Cicatrices en creux:**

Les cicatrices déprimées doivent initialement bénéficier d'une correction chirurgicale. De même pour les cicatrices d'acné ou de varicelle, un relèvement chirurgical au bistouri circulaire est réalisé avant l'emploi du laser. Ce n'est qu'après ces révisions que les lasers photoablatifs sont utilisés afin de compléter la fusion dans la peau normale adjacente. Pour les cicatrices de grande taille, la dermabrasion par laser sera essentiellement concentré sur les berges de la cicatrice. L'emploi d'acide hyaluronique permet souvent d'optimiser les résultats. (64)

#### **2.2.7. Cicatrices atrophiques chalazodermiques:**

La cicatrice séquellaire d'hémangiome est l'exemple type (figure36). La peau est fine et laisse apparaître une pseudo-hernie de l'hypoderme sous-jacent ou bien délimite une dépression. Le traitement laser permet d'induire un épaissement dermique restaurant la fonction de soutien cutané. Ce type de cicatrice constitue l'une des meilleures indications des lasers fractionnés, ablatifs ou non, dont l'effet thermique induit la production collagénique. L'utilisation d'un laser CO2 en complément est parfois nécessaire dans certains cas, l'effet est spectaculaire.(69) (64)



**Figure 36 : cicatrice chalazodermique d'hémangiome (64)**

**a. Cicatrice d'hémangiome**

**b. Mise en évidence de l'atrophodermie après contraction de l'orbiculaire**

**c. Après traitement associant laser CO2 et Erbium\_Yag**

**d. Redrapage dermique à la mimique.**

### **2.2.8. Optimisation précoce des cicatrices chirurgicales:**

Plusieurs études ont montré que l'application précoce du laser à colorant pulsé ou du laser fractionné sur des cicatrices chirurgicales, dès l'ablation des sutures, améliore la qualité de la cicatrice finale. Les séances sont répétées trois à quatre fois à quinze jours d'intervalle. Une réduction de la visibilité de la cicatrice est obtenue en optimisant la phase de remodelage cicatricielle précoce.(70) (64) (71)

**Tableau 10 : arbre décisionnel des cicatrices (27)**

<p><b>La cicatrice est-elle rouge?</b></p>	<p>Cicatrice rouge: laser à colorant pulsé-1 séance mensuelle</p> <p>Cicatrice non rouge: compression et/ou corticoïdes</p>
<p><b>La cicatrice est-elle pigmentée?</b></p>	<p>Cicatrice pigmentée: laser KTP, alexandrite, Qswitché, CO2 fractionné</p> <p>Cicatrice dépigmentée: stimulation des mélanocytes (UV, Excimer UV), résultats mauvais</p>
<p><b>La cicatrice est-elle en relief?</b></p>	<p>En relief et absence d'hypertrophie/chéloïde: lasers ablatifs (Erbium/CO2)</p> <p>Hypertrophique/chéloïde: lasers vasculaires (laser à colorant pulsé)</p>
<p><b>La cicatrice est-elle en creux?</b></p>	<p>Oui, plutôt cratère à fond plat, peu profond: laser de remodelage non ablatif ou laser fractionné</p> <p>Oui, plutôt pics à glace, profond: CO2 associé à d'autres techniques non laser</p>

### **3. Les lasers pigmentaires:**

Les lasers pigmentaires, encore appelés lasers déclenchés ou lasers Q-Switched, ont constitué une avancée majeure dans la prise en charge des troubles pigmentaires ainsi que des tatouages, qui constituent aujourd'hui une source d'une importante demande thérapeutique.

#### **3.1. Appareils utilisés:**

Ce sont les lasers déclenchés ou Q-switched, qui émettent des impulsions délivrées sur une durée très courte de l'ordre de la nanoseconde ou de la picoseconde. Le faisceau lumineux délivré possède généralement une des longueurs d'ondes suivantes:

- Le laser rubis 695 nm (rayon rouge): n'est plus utilisé.
- Le laser Q-switched alexandrite 755 nm (rayon rouge): la durée d'impulsion est d'environ 100ns
- Le laser Q-switched Nd-YAG 1064 nm (rayon infra-rouge): avec une impulsion très courte de 10 ns et une longueur d'onde de 1064 nm qui permet une pénétration profonde pour le traitement des tatouages et des pigmentations dermiques. Il peut être doublé de fréquence en 532nm, et permet de traiter les pigmentations épidermiques et dermiques superficielles. (26)

#### **3.2. Principe des lasers pigmentaires:**

Le fonctionnement des lasers pigmentaires est fondé sur le principe général de la photothermolyse sélective. La durée d'impulsion de ces lasers est au moins dix fois moins longue que le temps de relaxation thermique de la cible, permettant d'obtenir cet effet. Ce temps est proportionnel à la taille de la cible (mais dépend aussi de la forme et de la diffusivité de celle-ci). Pour les troubles pigmentaires d'origine mélanique, la cible des lasers est le mélanosome, organite spécifique des mélanocytes, au sein duquel est fabriquée la mélanine. On distingue 2 principaux types de mélanine: les eumélanines, pigment brun noir photoprotecteur, et les phaéomélanines, pigment brun roux non photoprotecteur. Au cours de leur maturation, les mélanosomes se chargent en mélanine puis se distribuent aux kératinocytes voisins. Le mélanosome mesure environ 1  $\mu\text{m}$ . Son temps de relaxation thermique est en moyenne de 1 à

10  $\mu$ s. La durée d'impulsion du laser devra donc être inférieure à 100 ns. Par conséquent, les lasers utilisés en pathologie pigmentaire sont des lasers dits déclenchés (Q-switched) dont la durée d'émission varie généralement entre 10 et 100 ns. La localisation du pigment dans le derme ou l'épiderme détermine en partie le choix de la longueur d'onde. Ainsi, les pigmentations au niveau dermique seront essentiellement traitées par des lasers Nd:YAG dont la longueur d'onde (1064nm) va pénétrer plus profondément dans le tissu cutané. Ces lasers seront également préférés pour les personnes aux phototypes élevés car l'interaction avec la mélanine située dans les couches superficielles de l'épiderme sera moins importante. Le type de pigment est également pris en compte, ainsi la phaéomélanine constitue une cible de choix pour les lasers Nd:YAG à 532 nm alors qu'elle constitue une cible moins intéressante pour les lasers à 694, 755 et surtout 1064 nm. La couleur du pigment est aussi un facteur important dans le choix du laser.(72) (33)

### **3.3. Indications:**

#### **3.3.1. Les lésions pigmentaires:**

Les anomalies pigmentaires sont nombreuses, congénitales ou acquises, il peut s'agir d'anomalies quantitatives ou qualitatives des mélanocytes et aussi des mélanosomes, de défauts du transfert des mélanosomes aux kératinocytes, ou encore la présence anormale de mélanine au sein du derme. On distingue les hypermélanoses dermiques ou épidermiques (augmentation de la quantité de mélanine sans élévation du nombre de mélanocytes) et les hypermélanocytoses dermiques ou épidermiques (augmentation du nombre de mélanocyte).

##### **3.3.1.1 lentigos actiniques ou les lentigos solaires:**

Ils constituent la principale revendication en matière de laser pigmentaire. Ils correspondent à une hypermélanocytose épidermique, liée au photovieillissement induit par les expositions chroniques aux UV. Leur traitement par lasers déclenchés est efficace en un à deux passages (figure37). Les lésions les plus claires répondent mieux au laser déclenché Nd:YAG 532 nm. Au moindre doute, faire une biopsie (mélanome de dubreuilh).(72)



Figure 37 : a.lentigos actiniques chez une femme de 50ans  
 b.aspect 10jours après traitement par laser 532nm  
 c.aspect après 6semaines  
 d.aspect après 12semaines (73)

### 3.3.1.2 Kératoses séborrhéiques :

Les kératoses séborrhéiques correspondent à des lésions superficielles épithéliales souvent pigmentées et verruqueuses, mais parfois papuleuses lisses. Les kératoses débutantes et planes sont souvent difficiles à distinguer cliniquement des lentigos. Elles répondent aussi bien à des traitements classiques, azote liquide, qu'au laser CO2, Erbium et QS si la kératinisation est discrète. Le traitement est efficace en un passage, mais la cryothérapie reste cependant le traitement retenu dans la majorité des cas.(72) (74)

### 3.3.1.3 cernes périorbitaires :

C'est un groupe hétérogène de pathologies entraînant un assombrissement de la région sous-orbitaires. Les lasers pigmentaires, utilisés seuls ou associés à un relissage par laser Er- YAG, peuvent améliorer cette pigmentation. Il est conseillé de réaliser un traitement d'une zone test et d'en apprécier les résultats, car les suites du traitement seraient susceptibles d'entraîner un

important œdème réactionnel. Le traitement nécessite l'utilisation systématique de coques de protection bulbaires, du fait de la disposition du pigment, allant au contact du rebord ciliaire. (72) (75)

#### **3.3.1.4 taches café au lait:**

C'est un groupe hétérogène associant parfois une hypermélaninose épidermique à une hypermélanocytose épidermique. Des macromélanosomes, sont fréquents dans les neurofibromatoses, mais exceptionnelle dans les formes idiopathiques. Les taches café-au-lait peuvent être traitées par de nombreux lasers pigmentaires (figure38), mais la réponse à ces traitements est très variable. Aucun laser n'a montré de supériorité par rapport à l'autre, et la réponse au traitement ne dépend pas ni de l'aspect clinique ni histologique de ces lésions, elle est variable allant de l'effacement complet en 2 à 5 séances à l'hyperpigmentation réactionnelle. Il faut donc bien expliquer au patient que sa lésion peut régresser mais aussi foncer ou récidiver après traitement. Ainsi, il est conseillé de traiter une zone test avant le traitement des taches café-au-lait de grande taille, et de revoir le patient après un été afin de juger de l'efficacité de la réponse.(72) (74)



**Figure 38 : taches café au lait: aspect clinique avant/après 3séances de traitement par laser Q-switched Nd-YAG 532nm (76)**

### **3.3.1.5 nævus spilus :**

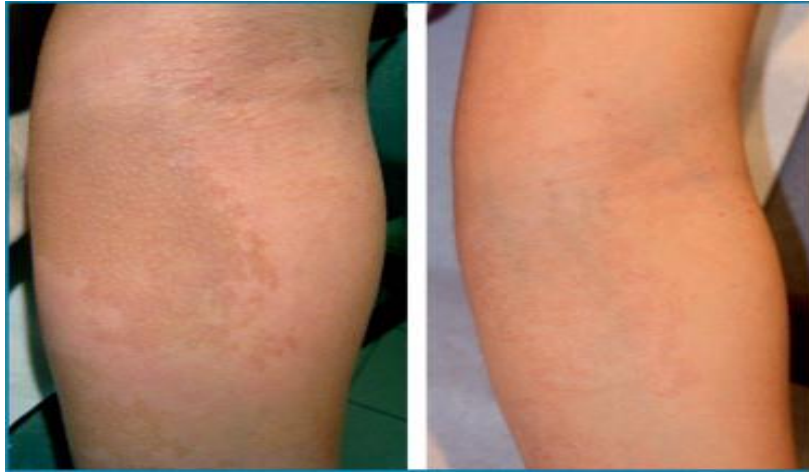
Ils sont définis histologiquement par des taches café au lait sur lesquelles sont disséminées des nævus nævocellulaires, des lentigines ou des nævus bleus. Plusieurs lasers pigmentaires ont montré leur efficacité, notamment les lasers rubis et alexandrite. L'éclaircissement de ces lésions peut atteindre jusqu'à 90 %, mais le risque d'aggravation ou de récurrence est toujours présent après traitement. Un bon résultat sur une zone test n'est évalué qu'après une exposition solaire, afin de déterminer sa tenue dans le temps. (72) (77)

### **3.3.1.6 hamartome de BECKER :**

Il associe une hypermélaninose et une hypermélanocytose épidermique à une hyperacanthose et une hyperpapillomatose. Il s'agit d'une plaque discrètement papuleuse aux contours irréguliers, pigmentée, habituellement pileuse localisée au niveau de la région scapulo-humérale. La composante pilaire peut être traitée avec les lasers dépilatoires avec généralement une bonne réponse au traitement. La composante pigmentaire peut également être traitée avec atténuation de la pigmentation, mais les récurrences ne sont pas rares. Les poils foncés sont détruits avec la longueur d'onde 1064 nm, puis la composante pigmentaire est traitée avec des longueurs d'ondes à 532 nm. Plusieurs séances sont souvent nécessaires pour obtenir des résultats esthétiquement satisfaisants. Là aussi est conseillé de réaliser une zone test avant de traiter les grandes lésions. (72) (74)

### **3.3.1.7 mosaïcismes pigmentaires:**

Les études concernant le traitement des mosaïcismes pigmentaires par laser sont quasi inexistantes. Une séance test avec différentes longueurs d'ondes est proposée avant le traitement, vu l'hétérogénéité de ces lésions et la différence de réponse au traitement entre chaque patient. Des récurrences sont observées mais elles ne sont pas constantes et des résultats satisfaisants sont parfois obtenus (figure39). (72)



**Figure 39 : mosaïcisme pigmentaire du bras: aspect cliniques avant/après 2séances de laser déclenché alexandrite 755nm (78)**

### **3.3.1.8 nævus d’OTTA :**

C'est une hypermélanocytose dermique dendritique située dans le derme réticulaire et papillaire, surmontée par un épiderme normal. Il se manifeste le plus souvent par une hyperpigmentation grise bleutée, voire brunâtre, localisée dans la région périorbitaire, et se rencontre souvent chez des sujets d'origine asiatique. Les lasers rubis, alexandrite et Nd:YAG déclenchés sont tous efficaces. On utilise surtout la longueur d'onde 1064 nm vu la situation profonde du pigment (figure40). Plusieurs séances sont nécessaires ainsi que des fluences importantes. Les facteurs prédictifs à une meilleure réponse au traitement sont: l'âge (le traitement chez l'enfant a montré de meilleurs résultats que chez l'adulte), la couleur de la pigmentation (les lésions bleu gris diminuent en moyenne d'au moins 75 % en 6 séances tandis que les pigmentations plus brunes mettraient moitié moins de séances pour parvenir à ce même résultat). Une éviction sociale de quelques jours est obligatoire. (72) (74) (79)



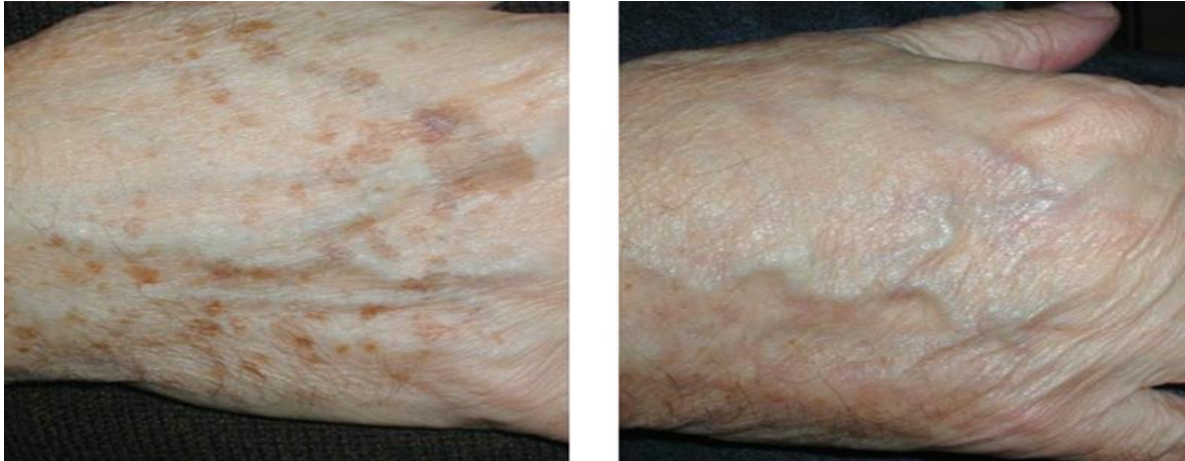
**Figure 40 : nevus d'otta: aspect clinique avant/après 4séances de traitement par laser QS (74)**

### **3.3.1.9 Le mélasma :**

Ce sont des hyperpigmentations acquises des zones photo-exposées de la face. Elles constituent généralement une mauvaise indication des lasers déclenchés. Les récurrences sont très fréquentes, et parfois on observe une aggravation de l'hyperpigmentation. (72)

### **3.3.1.10 lentigines et éphélides:**

Plusieurs lasers ont montré leur efficacité dans le traitement des lésions lentigineuses (figure41), même à localisations labiales et ceux s'intégrant dans le cadre d'une atteinte systémique (syndrome de Peutz-JeghersTouraine). Les lasers sont également efficaces sur les éphélides (hyperpigmentation localisée de l'épiderme) (figure42). Les récurrences ne sont cependant pas rares. Les éphélides sont riches en phaeomélanine, le choix de la longueur d'onde devra donc se porter en priorité vers le 532 nm. (72) (80)



**Figure 41 : aspect clinique avant/après traitement laser de lentiginos (81)**



**Figure 42 : aspect avant/après traitement des éphélides par laser Qswitched (82)**

### **3.3.1.1 Dermite ocre:**

La dermite ocre est une coloration brune de la peau et correspond à des dépôts d'hémosidérine au niveau dermique. Le traitement par lasers déclenchés ou lampes pulsées semble être très efficace.(72)

### **3.3.1.12 Pigmentations médicamenteuses:**

Certaines pigmentations induites par les médicaments (tels que les cyclines, les antipaludéens de synthèse ou l'amiodarone) répondent efficacement au traitement par lasers déclenchés. La pigmentation est dermique, le choix se portera donc sur les lasers rubis à 694 nm, alexandrite 755 nm et surtout Nd:YAG 1064 nm. (72) (83) (84)

### 3.3.1.13 Naevus congénital :

Les naevi congénitaux présentent un préjudice esthétique majeur lorsqu'ils sont de grandes tailles, sans oublier le risque de développer un mélanome. Le laser CO2 ou Er : YAG parfois couplée à un laser pigmentaire peut permettre une réduction considérable de la pigmentation. Une réduction de la pigmentation est obtenue par destruction sélective du pigment par laser rubis, Alexandrite ou Nd:YAG déclenchés, ainsi qu'une diminution des poils et parfois une amélioration de la texture cutanée (figure43). Mais le risque de repigmentation souvent partielle est fréquent et les études histologiques confirment la persistance des naevocytes, notamment dermiques après le traitement laser. L'utilisation des lasers dans cette indication doit donc être prudente. Une surveillance prudente des enfants est recommandée. (72) (85) (86)

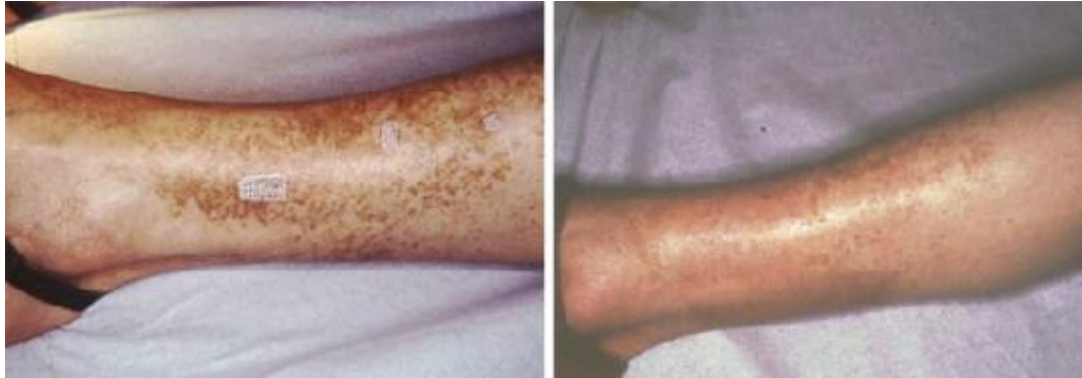


**Figure 43 : a.naevus congénital en pélerine avant traitement**

**b.résultat 7mois après curetage, persistance d'une collerette naevocytaire périphérique**  
**c.résultat 7mois après traitement de la collerette périphérique au laser CO2 (86)**

### 3.3.1.14 Pigmentations post-inflammatoires:

Elles sont secondaires à des incontinences pigmentaires : dermite ocre, pigmentation résiduelle suite à une maladie de la peau (psoriasis, lichen, eczéma). Ces pigmentations sont traitées par laser QS, mais également par des lasers vasculaires et Erbium qui donnent des résultats intéressants (figure44). (72) (74)



**Figure 44 : aspect clinique avant/après traitement laser de pigmentations post-inflammatoires (74)**

**Tableau 11 : les types de lasers pigmentaires et leurs indications (27)**

Type	Caractéristiques	Indications
KTP-532nm-long pulse	Laser utilisé pour bruler la lésion-mécanisme de photothermolyse sélective sur la mélanine	Photovieillissement solaire (pigmentation diffuse) Lentigos solaires Taches de rousseur (récidive++)
Alexandrite-755nm-long pulse	Laser utilisé pour bruler la lésion-mécanisme de photothermolyse sélective sur la mélanine	Photovieillissement solaire (pigmentation diffuse) Lentigos solaires Taches de rousseur (récidive++)
Alexandrite-755nm-Qswitché	Mécanisme photomécanique-fragmentation du pigment	Photovieillissement solaire (pigmentation diffuse) Lentigos solaires Tatouages
Rubis-694nm-Qswitché	Mécanisme photomécanique-fragmentation du pigment	Photovieillissement solaire (pigmentation diffuse) Lentigos solaires Tatouages
KTP-532nm-Qswitché	Mécanisme photomécanique-fragmentation du pigment	Détatouage des pigments rouges Taches café au lait
Nd-YAG-1064nm-	Mécanisme photomécanique-	Photovieillissement solaire

Qswitché	fragmentation du pigment	(pigmentation diffuse) Lentigos solaire Tatouages noirs Naevus d'Ota
CO2 fractionné-10600nm	Mécanisme ablatif et micro points	Photovieillissement solaire (pigmentation diffuse) Lentigos solaire

### 3.3.1.15 Effets secondaires :

Les lésions cicatricielles sont rares et sont généralement dues à des fluences trop élevées. Les pigmentations post-inflammatoires sont fréquentes et surviennent essentiellement chez des phototypes III et IV, elles ont tendance à régresser spontanément en quelques semaines à quelques mois. Le risque d'hypochromie est plus rare, elle est transitoire mais parfois des séquelles prolongées sont décrites.(72)

### 3.3.2. Le détatouage:

Les tatouages sont des inclusions de pigment dans le derme ou l'hypoderme, d'origine accidentelle, esthétique, ou médicale. Le détatouage au laser est une demande de plus en plus fréquente, et constitue aujourd'hui la technique la plus efficace pour retirer un tatouage, malgré des durées de traitement très longues et des résultats souvent incomplets. Le choix du laser se fera en fonction de la densité et la profondeur du pigment à traiter, ainsi que sa couleur.

#### 3.3.2.1 Appareils utilisés: (87) (88)

Les lasers de détatouage fonctionnent selon le principe photomécanique entraînant une photothermolyse sélective. Le rayon émis provoque une onde de choc sur le chromophore cible (pigment). Cette action entraîne une fragmentation du pigment en particules qui seront phagocytés ensuite par les macrophages. On peut avoir recours aux:

- Lasers pigmentaires cités précédemment
- Lasers picosecondes avec une durée d'impulsion très courte (dans les picosecondes), c'est-à-dire mille fois plus rapides. Leurs avantages : ils sont moins douloureux, l'effet thermique est moindre et donc les suites sont plus simples, ils permettent une guérison plus rapide, et leur efficacité sur les tatouages multicolores a été démontrée. Cependant,

une efficacité supérieure face aux lasers Qswitched nanosecondes reste à démontrer, même si elle est évoquée dans quelques études observationnelles.

- Lasers ablatifs, notamment le laser CO2 fractionné qui émet dans les infrarouges à 10 600 nm, entraîne une destruction par vaporisation non sélective des tissus. L'utilisation du laser CO2 peut s'avérer utile en association au laser Q-switched pour photovaporiser de petites étendues de pigments, mais il n'est pas utilisé généralement en première intention.

### 3.3.2.2 Choix du laser (longueur d'onde) en fonction de la couleur du tatouage:

Le choix du laser se fera en fonction de la couleur du pigment (cible thérapeutique du rayon laser), sa densité ainsi que sa profondeur.

- Les tatouages noirs répondent efficacement à l'ensemble des lasers pigmentaires déclenchés.
- Le laser QSwitched Rubis agit sur les couleurs vertes, bleue, mauve, violet, et parfois, de façon paradoxale, sur la couleur rouge.
- Les lasers Q switched Nd : Yag 1064 nm pour les tatouages bleus et marrons, ceux doublés en fréquence émettant à 532 nm pour les pigments rouges et oranges.
- Le laser Qswitched Alexandrite pour les tatouages, verts et bleus et moins sur les rouges. (89)

**Tableau 12 : choix du laser en fonction de la couleur du tatouage (87)**

<b>Laser</b>	<b>Noir</b>	<b>Bleu</b>	<b>Vert</b>	<b>Rouge</b>
<b>Nd-YAG 1064nm</b>	X	X		
<b>Nd-YAG 532nm</b>				X
<b>Alexandrite 755nm</b>	X	X	XX	
<b>Ruby 694nm</b>	X	X	X	

### 3.3.2.3 Différents types de tatouages : (87)

- **Tatouage noir professionnel ou amateur :**

Pour les tatouages amateurs noirs, le pigment peut être déposé aussi bien dans le derme superficiel, profond que l'hypoderme. Le nombre de séance nécessaire est généralement entre 4 à 6, les séances sont espacées de 8 semaines. Certains patients affirment une amélioration après plus de 3 mois. Un tatouage amateur est généralement plus facile à retirer qu'un tatouage professionnel.

Pour les tatouages professionnels, le pigment est déposé dans le derme superficiel, mais peut parfois atteindre le derme profond. Ils peuvent être monochromes ou polychromes. Le laser Qswitched Nd : YAG 1064 nm est considéré comme le laser de référence pour les tatouages noirs monochromes (figure45), mais s'avère moins efficace sur les tatouages verts et bleus. Dans ce type de tatouage, on peut aller jusqu'à 15 séances.

Le nombre de séances dépend de la densité du pigment, sa profondeur et la capacité de phagocytose de chaque patient. (90)

**Tableau 13 : tableau comparatif entre tatouage pro/tatouage amateur (27)**

<b>Tatouage pro</b>	<b>Tatouage amateur</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 détatouer	Habituellement moins de 10 séances pour détatouer



**Figure 45 : tatouage professionnel :aspect avant/après traitement par laser Q-switched (20séances) et après traitement par laser picoseconde (5séances) (91)**

- **Tatouage traumatique:**

Les tatouages traumatiques sont de compositions variables (plantes, charbon, encre, caoutchouc, poudre d'armes à feu, etc). Ils répondent au traitement par laser Q-switched Nd-YAG 1064nm. Ceux qui sont profonds sont plutôt traités chirurgicalement. Le retraitement des tatouages par poudre d'armes à feu est contre-indiqué car il existe un risque de micro-explosions avec aggravation et cicatrices. (90)

- **Tatouage cosmétique :**

Les tatouages cosmétiques sont de 2 types : le maquillage permanent et le maquillage semi-permanent qui s'estompe généralement au bout de 3-5ans. Ils sont difficiles à détruire par laser pigmentaire, et leurs couleurs chair, brunes ou blanches ont tendance à virer au noir par réduction chimique des pigments ferriques. Toujours prévenir le patient de ce risque. De nombreuses séances sont nécessaires pour obtenir un estompage progressif du tatouage, mais dans certains cas les praticiens se dirigent vers les lasers ablatifs ou non ablatifs fractionnés pour permettre une disparition plus rapide des dyschromies induites. (50) (92)

- **Tatouage en couleur :**

Les tatouages couleurs (vert, bleu, jaune et rouge) sont plus difficiles à traiter (figure46). En effet, il existe un risque de cicatrice hétérochrome. Si le tatouage est polychrome avec des encres noires, on traite initialement comme un tatouage noir. Parfois, on peut même observer une régression des encres de couleurs voisines. Par la suite, on traite les pigments restants avec d'autres longueurs d'onde. Les lasers de dernière génération proposent 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. Informer ces patients que ce type de tatouage présente plus de risques, plus de difficulté et un coût financier plus important. Pour les patients très exigeant, ce traitement n'est pas envisagé. (93) (90)



**Figure 46 : tatouage en couleur: aspect avant/après détatouage au laser (94)**

#### **3.3.2.4 Résultats :**

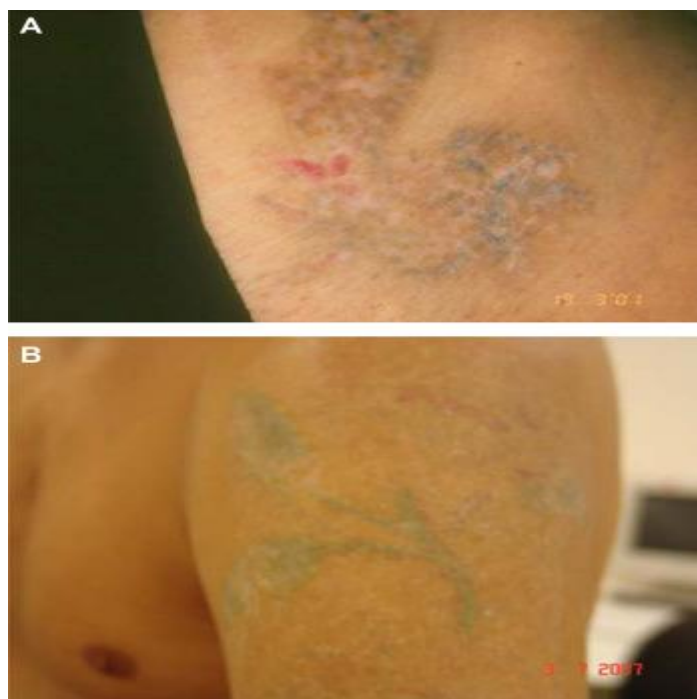
La réponse au traitement dépend de nombreux facteurs: le nombre et la qualité des pigments, la profondeur du pigment au sein du tissu cutané, la couleur du pigment, le phototype, l'ancienneté du tatouage, le type de laser utilisé et la variabilité individuelle. De nombreux lasers ont prouvé leur efficacité dans le traitement des tatouages. Une diminution d'au moins 75 % du tatouage a été observée chez plus de 50% des sujets traités. Les tatouages qui répondent au mieux au traitement sont ceux de couleur noir et bleu ainsi que les tatouages cosmétiques. Les tatouages polychromes nécessitent plus de traitement que les monochromes. Les tatouages professionnels sont plus difficiles à traiter que les tatouages amateurs. La réponse des tatouages accidentels est en fonction du type de pigment : les grains de métaux et de bitume sont plus résistants de même que les fragments de tailles élevées. Un délai minimum de 2 mois doit être respecté entre 2 séances, cela permet l'élimination des pigments fragmentés mais surtout de diminuer les risques cicatriciels. (50)



**Figure 47 : aspect avant/après 1séance et 3séances de détatouage au laser (95)**

### **3.3.2.5 Effets secondaires du traitement :**

- Un érythème localisé et une sensation de chaleur sont observés.
- Les pigmentations post-inflammatoires sont la complication la plus fréquente, et se voient surtout chez les phototypes III et IV (d'où l'intérêt d'une photoprotection après une séance laser). Elles ont tendance à régresser après quelques semaines ou mois.
- Des lésions cicatricielles qui sont rares et témoignent généralement de l'utilisation de fluences trop élevées.
- L'hypochromie par perte des mélanocytes représente un risque plus faible, mais constitue la complication la plus redoutée. Elle s'observe surtout chez des phototypes foncés. Elles sont généralement transitoires et rarement persistantes même si certaines séquelles hypochromiques prolongées sont décrites, essentiellement avec les lasers rubis à 694 nm (figure48).
- Changement de couleur des pigments. Le traitement d'une petite zone test est alors indispensable avant de traiter tout le tatouage. Il faut prévenir le patient de cette possibilité. Dans ce cas, un nouveau traitement en changeant si besoin de longueur d'onde permet généralement de faire disparaître le tatouage.
- Des infections à Mycobactéries dans les suites d'une séance de détatouage (8jours) ont été rapportées chez des patients s'étant baignés en piscine.
- Des réactions granulomateuses, des « koebnérisations » de dermatoses sur la zone traitée, des réactions allergiques et des syndromes sont beaucoup plus rares. (96)



**Figure 48 : détatouage incomplet résistant et séquelles dyschromiques après traitement par laser QS nanoseconde (96)**

#### **4. Les lasers vasculaires :**

Les lasers vasculaires sont indiqués dans la prise en charge de lésions vasculaires. Ils émettent des longueurs d'ondes absorbées préférentiellement par l'hémoglobine et faiblement par les autres chromophores de l'épiderme. Ils détruisent sélectivement les vaisseaux tout en épargnant les tissus avoisinants. Leur fenêtre d'activité se situe dans le spectre d'absorption de l'hémoglobine, entre 490 et 600 nanomètres.

##### **4.1. Principe de fonctionnement :**

Les lasers vasculaires fonctionnent selon le mode de photothermolyse sélective ou de photocoagulation sélective. La durée d'impulsion du laser est le principal paramètre qui va déterminer le type d'interaction entre le laser et le tissu cible:

- Une durée d'impulsion inférieure au temps de relaxation thermique entraîne une photothermolyse sélective. La chaleur s'élève brutalement et pendant un temps très court au niveau des globules rouges, sans diffusion thermique en dehors de cette cible, ce qui

provoque ainsi une hyperpression brutale aboutissant à l'éclatement du vaisseau.

- Une durée d'impulsion supérieure au temps de relaxation thermique va entraîner plutôt une photocoagulation sélective. La chaleur va diffuser vers la paroi du vaisseau qui sera nécrosée et définitivement obturée. Si la durée d'impulsion est trop longue, la chaleur va diffuser en dehors du vaisseau et s'étend à tout le derme et l'épiderme, l'effet n'est plus sélectif, entraînant des lésions du derme (cicatrices). (76)

#### **4.2. Appareils utilisés :**

- Le laser à colorant pulsé (LCP : 585—595 nm) : c'est l'appareil de référence. Il permet une photo-thermolyse sélective avec de brefs temps d'impulsion limitant ainsi son effet thermique. Il entraîne une rupture vasculaire pseudo-mécanique avec lésion de la paroi vasculaire.
- Le laser KTP (Nd-YAG-KTP Yag doublé de fréquence-532 nm): il fonctionne selon le principe de photo-coagulation sélective.
- Le laser Nd:YAG à impulsions longues (LP)-1064 nm: il est moins bien absorbé que les précédents par la mélanine et l'hémoglobine, et est moins sélective que les précédents. Il doit être utilisé avec précaution.
- Le laser bi-longueur d'onde: Il associe un LPC et un laser Nd:YAG-LP dont les tirs sont délivrés successivement. L'effet du LPC aboutit à un chauffage sanguin permettant la conversion de l'hémoglobine en méthémoglobine, qui absorbe beaucoup mieux (5 à 7 fois plus) que l'hémoglobine l'énergie du tir à 1 064 nm par le laser Nd:YAG-LP. Ceci permet théoriquement une efficacité meilleure du traitement, mais demande à être confirmé par des études.
- Lasers Alexandrite 755 nm: Certains les utilisent dans les cas d'AP résistant au LPC en raison de leur importante profondeur de pénétration. Mais les fluences doivent être correctement ajustées afin d'éviter le risque cicatriciel. (97) (76) (98)

**Tableau 14 : les types de lasers vasculaires et leurs indications (27)**

<b>Type</b>	<b>Caractéristiques</b>	<b>Indications</b>
KTP-532nm-diode	Vasculaire-vert-faible profondeur de pénétration	Spider angiomas Taches rubis/spot de morgan Télangiectasies fines Télangiectasies superficielles Erythrosis coli Couperose-érythrose Vx de l'aile du nez
KTP-532nm-laser solide	Vasculaire-vert-faible profondeur de pénétration	Spider angiomas Taches rubis/spot de morgan Télangiectasies fines Télangiectasies superficielles Erythrosis coli Couperose-érythrose Vx de l'aile du nez
Colorant pulsé-590/595nm	Vasculaire-jaune-faible à moyenne profondeur de pénétration	Spider angiomas Taches rubis/spot de morgan Télangiectasies fines Télangiectasies superficielles Erythrosis coli Couperose-érythrose Vx de l'aile du nez Angiomes plans+++
Diode810nm-diode940nm- diode980nm	Vasculaire-infrarouge- importante profondeur de pénétration	Vx de l'aile du nez Taches rubis Télangiectasies moyennes Télangiectasies pourpres ou bleues Lac sanguin veineux Vx des membres inférieurs
ND-YAG-1064-laser solide	Vasculaire-infrarouge- importante profondeur de pénétration	Vx de l'aile du nez Taches rubis Télangiectasies moyennes Télangiectasies pourpres ou bleues Lac sanguin veineux Vx des membres inférieurs

## **4.3. Indications :**

### **4.3.1. Les angiomes : (99)**

Les angiomes sont des malformations du système vasculaire superficiel. C'est une lésion congénitale qui se manifeste par une déformation des structures vasculaires. Deux types d'angiomes sont traités par laser: les angiomes plans et les angiomes stellaires.

#### **4.3.1.1 Angiome plan (figure 49) : (100) (101)**

Présent dès la naissance, c'est une tache plane rosée, rouge ou pourpre, il pâlit durant le premier mois, et peut devenir hyperplasique à l'âge adulte. Il peut rentrer dans le cas d'un syndrome (syndrome de Sturge-Weber-Krabbe, syndrome de Klippel-Trenaunay) ou s'associer à d'autres anomalies vasculaires. Il constitue un préjudice esthétique surtout s'il est localisé au niveau du visage, du tronc et des membres ou s'il est extrêmement étendu. Les LPC représentent le traitement de référence des angiomes plans, et entraînent une photothermolyse sélective. Les lasers continus ou semi-continus entraînent une photocoagulation sélective. (97)



**Figure 49 : angiome plan du bébé (102)**

#### **a- Déroulement du traitement:**

- Réalisation d'une consultation préalable avec prise de photos initiales.
- Réalisation d'une séance test afin d'apprécier la réponse de l'angiome et d'adapter les paramètres si nécessaire.
- Information du déroulement du traitement qui est long et difficile avec des résultats

souvent imprévisibles et incomplets.

- S'assurer de l'absence de contre-indications : faux AP, hémangiomes télangiectasiques de la lèvre supérieure.
- Discuter l'indication thérapeutique: AP très étendus, AP médio faciaux transfixiants (peu de réponse au traitement), syndrome de Sturge-Weber-Krabbe, AP très pâles. (98)

#### **b- Procédure:**

Quelques différences sont présentes au cours de la procédure de traitement chez l'enfant et chez l'adulte :

##### **•Chez l'enfant:**

- un traitement précoce est conseillé et ce pour différentes raisons : surface de l'AP réduite et d'épaisseur faible, capacité de restauration cutanée plus importante, risque de récurrence moins important, impact psychologique moindre.
- l'anesthésie: il peut s'agir d'une anesthésie de contact, mais très souvent c'est une anesthésie générale, surtout chez le petit enfant.
- Le nombre de séances est difficile à déterminer, il varie d'un patient à l'autre, et dépend de la profondeur de l'angiome, sa localisation, sa couleur initiale, sa taille et de l'âge de traitement, généralement plusieurs séances sont nécessaires (6 à 10) espacées de 2mois.
- En l'absence d'amélioration après deux passages successifs avec des paramètres corrects, l'AP est considéré comme résistant. Le traitement est alors stoppé. (figure50) (98)



**Figure 50 : angiome plan de l'enfant: aspect clinique avant/après 7séances de traitement par laser combiné colorant pulsé et Nd-YAG (76)**

•**Chez l'adulte:** deux principales différences:

- Pas d'anesthésie, voir une anesthésie de contact, ou parfois tronculaire.
- Le choix de la technique est plus ouvert que chez l'enfant (figure51). (98)



**Figure 51 : angiome plan de l'adulte: aspect avant/après traitement par laser vasculaire (98)**

**c- les suites :**

- Un purpura et un œdème sont généralement observés mais sont transitoires.
- Des petites croûtes ou phlyctènes sont exceptionnelles et régressent spontanément en quelques jours.
- Le palissement de l'angiome est graduel, l'efficacité de la séance n'est appréciée qu'au bout du 6<sup>ème</sup> mois.
- Des soins locaux sont à faire et une protection solaire après la séance est indispensable afin d'éviter le risque d'hyperpigmentation. (103)

**d-complications :**

- Les hyperchromies ou hypochromies sont généralement transitoires en quelques mois.
- En cas d'utilisations de fluences trop élevées, des cicatrices sont décrites.
- La prise d'aspirine est déconseillée 15 jours avant et après le traitement pour éviter tout risque hémorragique.
- Une protection solaire est indispensable et les médicaments photosensibilisants sont proscrits pour limiter les complications pigmentaires. (104)

#### **e- Résultats:**

Le traitement ne peut entraîner une disparition complète de l'angiome. Les résultats les plus satisfaisants aboutissent à un effacement suffisamment significatif toléré esthétiquement au prix d'un maquillage très léger. Les AP foncés répondent mieux que les pâles, le visage mieux que les membres, les localisations V1 et V3 mieux que V2, les membres supérieurs mieux que les membres inférieurs et les AP proximaux mieux que les distaux. Globalement, il apparaît qu'environ 1/3 des angiomes sont bons répondeurs, avec un effacement quasi total (légère ombre rosée persistante à la limite de visibilité), par comparaison à l'état initial. 1/3 sont des répondeurs moyens avec un degré d'effacement variable de 20 à 70 % de la couleur initiale, en sachant que l'évaluation est difficile en l'absence d'échelle chromatographique ou d'un test objectif mesurable. Enfin, 1/3 des angiomes plans sont considérés comme mauvais ou non répondeurs, un nombre de passages conséquent (> 5 ou 6) n'ayant pas abouti à une amélioration notable de la couleur de départ. L'efficacité des résultats peut être améliorée par l'utilisation, après la séance, de molécules inhibant la néoangiogénèse. Le risque de récurrence fait l'objet d'études contradictoires : évalué à 7,5 à 16 % pour certains, il serait diminué par un traitement précoce. (76)

#### **4.3.1.2 Angiome stellaire:**

Petites taches de couleur rouge rubis, constituées de capillaires dilatés en forme d'étoile et centré par un vaisseau central dilaté. Il est gênant sur le plan esthétique et peut être traité par le laser LPC et le laser KTP.

**a-Rythme des séances:** Une séance peut suffire, parfois deux séances espacées de 6 à 8 semaines (figure52). Environ 30% de ces angiomes ne partiront pas ou récidiveront après quelques mois.



1 traitement avec Nd:YAG

Avec l'aimable autorisation du Prof. Michael Drosner, MD - Allemagne

**Figure 52 : angiome stellaire :aspect avant/après une séance de traitement par laser YAG (105)**

### **b-suites et complications:**

Elles sont généralement moins importantes que celles de l'angiome plan, vu que la surface à traiter et les fluences utilisées sont réduites.

### **4.3.2. Les hémangiomes: (106) (101)**

C'est une forme d'angiome, caractérisé par une prolifération de cellules endothéliales formant des capillaires de cause inconnue. Il existe plusieurs formes cliniques. Ils ont tendance à régresser spontanément, néanmoins certaines indications de traitement par laser, LPC essentiellement, peuvent être discutés: (97) (76)

#### **4.3.2.1 Hémangiomes avec séquelles tardives:**

Les séquelles tardives d'hémangiomes reste actuellement l'indication la plus indiscutable de traitement par le LPC dans les hémangiomes (lacs résiduel rouge ou violette, nappe parfois un peu atrophique de toute intensité possible, du rose au rouge). Ce traitement peut avoir aussi un effet lissant sur la composante un peu fripée du tégument post-angiomateux. Les résultats obtenus sont le plus souvent excellents et durables. Ainsi l'indication du laser diffère selon la gravité des hémangiomes et leurs localisations (figure53).

#### **4.3.2.2 Hémangiomes télangiectasiques étendus (membres):**

Les formes télangiectasiques ou tubéreuses superficielles traitées précocement par LPC réalisent une indication intéressante, et aboutissent à des résultats satisfaisants. Mais dans certaines formes télangiectasiques superficielles d'extension rapide, peuvent se voir des phénomènes d'ulcération spontanée. Le rôle du traitement par LPC dans le déclenchement de cette complication est discuté.

#### **4.3.2.3 Hémangiomes ulcérés :**

Les hémangiomes ulcérés notamment au niveau des régions péri orificielles : labiales et périnéales, vulvaires ou périanale. Ces ulcérations apparaissent en général précocement (avant le 3e mois) et sont souvent très douloureuses. Les résultats sont très prometteurs, permettant une cicatrisation rapide et un effet antalgique immédiat. Vu l'efficacité d'autres thérapeutiques locales, cette indication est réservée au second plan.



**Figure 53 : hémangiome infantile résiduel: aspect clinique avant/après 3séances de traitement par laser Nd-YAG (76)**

#### **4.3.3. L'érythrocouperose: (107) (99) (108)**

L'érythrocouperose est une rougeur du visage mais sans vaisseaux sanguins visibles (figure54). La couperose se caractérise par une dilatation visible des petits vaisseaux sanguins intradermique du visage. Elle se manifeste par des rougeurs et des papules localisés au niveau des joues, nez, menton, front, mais peuvent aussi atteindre le cou et le décolleté (figure55). L'érythrocouperose apparait bien avant la couperose. (98)



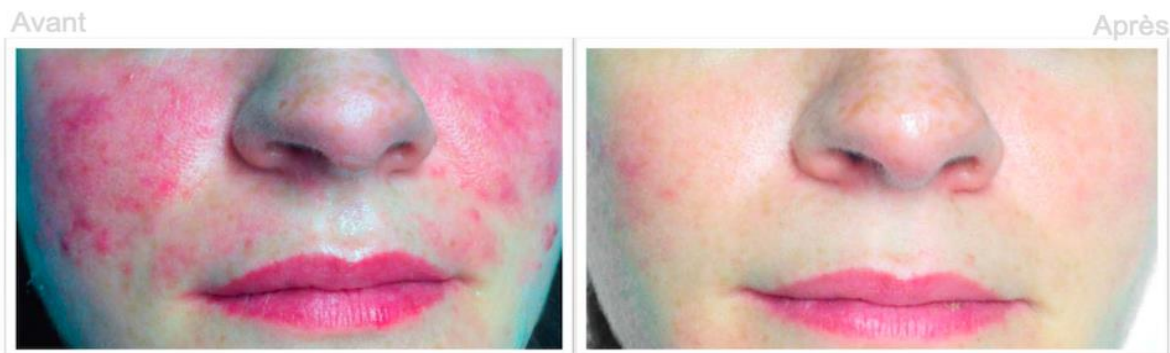
**Figure 54 : érythrose du visage (109)**



**Figure 55 : couperose du visage (110)**

**a-Appareils utilisés:**

- Le laser LPC s'adresse aux érythrozes et couperoses avec des vaisseaux de calibre fin ou moyen. C'est l'indication de choix avec de bons résultats en 1 à 2 séances (figure56). On peut traiter selon le principe de photothermolyse sélective, avec une excellente tolérance au prix d'un purpura, sinon en mode photocoagulation sélective, qui n'entraîne pas de purpura mais plutôt un œdème.
- Le laser Nd:YAG-KTP est efficace au stade de la couperose (figure57). Le traitement est simple, avec un œdème et un érythème peu marquées.
- Au stade d'érythrocouperose, le choix se fera entre LPC et KTP selon la prédominance du réseau vasculaire ou de l'érythrose. L'idéal est d'utiliser les deux.
- Le laser Nd:YAG LP s'adresse plutôt aux télangiectasies de gros calibre ou bleutées, notamment sur les ailes du nez.(98) (108)



3 traitements avec les applicateurs PR 530 et VL 555  
Avec l'aimable autorisation de Eduardo Lauzurica, MD - Espagne

**Figure 56 : érythrose du visage: aspect avant/après traitement par laser LPC (111)**



**Figure 57 : couperose du visage: aspect avant/après traitement par laser vasculaire KTP (112)**

#### **b-Rythme des séances :**

Selon la lésion à traiter, son importance et le laser utilisé, le traitement nécessite 1 à 5 séances espacées de 6 à 8 semaines. Une protection solaire est indispensable un mois avant la séance et idéalement une protection permanente pour éviter et minimiser les récurrences. Des séances d'entretien seront nécessaires afin de traiter de nouvelles lésions.

#### **4.3.4. Les télangiectasies:**

##### **4.3.4.1 Les varicosités des membres inférieurs: (113) (99)**

C'est une dilatation et tortuosité des veines suite à une insuffisance du système veineux superficiel par altération des parois et valvules de la veine.

### **a-indications :**

La sclérothérapie reste la méthode thérapeutique de référence, cependant certaines indications constituent une cible de traitement par laser vasculaire:

- varicosités ascendantes progressives essentielles des jambes (syndrome des chaussettes rouges) ;
- varicosités non cathétérissables par l'aiguille de sclérothérapie (vaisseaux de diamètre inférieur à celui d'une aiguille de 30 gauges)
- matting ;
- zones à risques de la sclérothérapie (malléoles) ;
- échecs de la sclérose ou patients phobiques de l'aiguille.
- allergie aux produits sclérosants

Les télangiectasies en rapport avec une veine réticulaire ou ceux alimentées par une perforante ne sont pas une indication de laser.

Le choix du laser est en fonction du type de vaisseaux :

- Les lasers Nd-YAG-KTP et LPC sont réservés pour les varicosités rouges fines et superficielles de diamètre inférieur à 0,3 mm, et de profondeur comprise entre 0,2 à 0,4 mm
- Le Nd-YAG LP et le laser bi-longueur d'onde sont destinés aux varicosités superficielles bleutées ou rouges de plus grand calibre.

### **b-rythme des séances, complications et résultats :**

Le traitement nécessite plusieurs séances espacées de 6 à 8 semaines. Les principales complications sont la dyschromie (notamment hyperpigmentation) et les cicatrices. Les résultats sont variables et dépendent 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 (figure58). (97) (98)



**Figure 58 : varicosités des membres inférieurs: aspect avant/après une séance de traitement par laser Nd-YAG (114)**

#### **4.3.4.2 Les télangiectasies faciales: (115)**

Leur traitement fait appel essentiellement au laser LCP, surtout en cas de couperose (télangiectasies fines de 0,3 mm maximum). Si les lésions sont un peu plus profondes et volumineuses (violacées) ou si bouffées vaso-motrices de la rosacée, on peut avoir recours au laser Nd-YAG 532nm et proposer 2 séances espacées de 6 à 8 semaines. Pour le traitement des télangiectasies de gros calibre, bleutées, notamment celles des ailes du nez, il repose sur le laser Nd-YAG à impulsions longues, adapté aux vaisseaux de plus gros diamètre (figure59). (97)



**Figure 59 : télangiectasies cervico-faciales : (97)**

- a: télangiectasies après irradiation du décolleté avant traitement laser KTP**
- b: purpura observé lors de la 1re séance de laser KTP sur télangiectasies du décolleté**
- c: résultats après 2 séances de laser KTP sur télangiectasies du décolleté (à 3 mois)**
- d : des télangiectasies de l'aile du nez avant traitement**
- e: résultat dans les 30 secondes après un traitement par laser KTP**

### 4.3.5. Les malformations lymphatiques :

Les malformations lymphatiques peuvent être microkystiques superficielles, macrokystiques profondes ou mixtes. Leur évolution est imprévisible et leur traitement repose essentiellement sur la sclérothérapie± chirurgie. Le traitement laser est indiqué lorsque la chirurgie est impossible ou incomplète, et fait souvent appel au laser CO2, mais on a recourt également au laser Nd-YAG, le LCP, le KTP et les diodes. Le traitement par laser offre des avantages tels que : une réduction des complications hémorragiques, une douleur moins importante, et l'absence de préjudice esthétique après le geste. Son indication est surtout intéressante pour le traitement des malformations lymphatiques endo-buccales. (97)

### 4.3.6. Malformations artério-veineuses :

Les lasers vasculaires s'avèrent inefficaces sur ce type de lésions voir dangereux pouvant entraîner des poussées évolutives douloureuses. Ce groupe de lésions constitue une contre-indication au laser. (97)

**Tableau 15 : traitement vasculaire du visage: arbre décisionnel (27)**

Lésion	Type de laser	Protocole (orientation)	End point
Télangiectasies faciales superficielles et/ou rouges	Laser à colorant/laser KTP	Plusieurs séances espacées de 2 à 4 semaines. Temps de pulse court (10 à 15 msec). En balayage global ou en suivant le tracé du vaisseau	Effacement du vaisseau initial Possible reperméabilisation
Télangiectasies faciales moyennes ou profondes et/ou bleutées	Laser à colorant/laser Diode ou YAG	Plusieurs séances espacées de 2 à 4 semaines. Temps de pulse allongé (30 à 60msec)-suivi du tracé du vaisseau	Effacement du vx initial Disparition
Angiome araignée/spider angioma/angiome stellaire	Laser à colorant/laser KTP/Diode ou YAG	Plutôt laser à colorant ou KTP en cas de lésions superficielles et petites	Effacement de la lésion, contemporain du traitement

		(temps de pulse court 10 à 20msec. Plutôt Diode ou YAG en cas de coloration plus foncée et diamètre plus important (temps de pulse court sup à 30msec. Traitement centrifuge par balayage. 1 à 3 séances habituellement	
Angiome plan	Laser à colorant (éventuellement KTP scanné)	Entre 3 et 10 séances espacés de 2 à 4 semaines-deux modes dont un préférentiel : purpura (temps de pulse très court-3msec)	Purpura en mode agressif
Vaisseaux de l'aile du nez	Laser à colorant/laser Diode ou YAG	1 à 3 séances avec des lasers assez pénétrants-récidive fréquente-suivi du tracé du vx, temps de pulse plutôt élevé (40 à 50 msec)	Effacement de la lésion, contemporain du traitement
Érythroscouperose	Laser à colorant/laser KTP	1 à plusieurs séances, espacement de 2 à 4 semaines-méthode de balayage ou scanner-temps de pulse plutôt court (15 à 20 msec)	Érythème post traitement et effacement progressif des lésions
Lac veineux lèvre	Laser Diode ou YAG	1 à 2 séances-fluences fortes, temps de pulse long sup à 60 à 80msec	Noircissement de la lésion ou effacement

**Tableau 16 : traitement vasculaire du corps et membres inférieurs: arbre décisionnel (27)**

<b>Lésion</b>	<b>Type de laser</b>	<b>Protocole (orientation)</b>	<b>End point</b>
Taches rubis/spot de morgan	Laser à colorant/laser KTP/laser Diode	Une séance habituellement- plusieurs sur les grosses taches	Noircissement de la lésion-effacement à j+15
Télangiectasies faciales superficielles et/ou rouges	Laser à colorant/laser KTP	Plusieurs séances espacées de 2 à 4 semaines. Temps de pulse court (10 à 15msec). En balayage global ou en suivant le tracé du vaisseau	Effacement du vaisseau initial. Possible reperméabilisation
Télangiectasies faciales moyennes ou profondes et/ou bleutées	Laser à colorant/laser Diode ou YAG	Plusieurs séances espacées de 2 à 4 semaines. Temps de pulse allongé (30 à 60 msec). Suivi du tracé des vaisseaux	Effacement du vaisseau initial disparition
Varicosités des membres inférieurs bleutées	Diode ou YAG	Plusieurs séances espacées de 2 à 4 semaines. Temps de pulse allongé en fonction du calibre du vx-volontiers sup à 60msec-coopération avec l'angiosclérose à l'aiguille	Effacement initial du vaisseau

#### **4.4. Les effets secondaires des lasers vasculaires :**

Des effets secondaires peuvent être observés suite à l'application des lasers vasculaires :

- Des dyschromies : les hyperpigmentations sont fréquentes et se voient surtout sur les peaux foncées et au niveau des membres inférieurs. Elles sont généralement transitoires en quelques semaines ou mois. Le risque d'achromie est lié à l'utilisation de fluences trop élevées qui entraîne une destruction du contingent mélanocytaire. Elles peuvent régresser comme elles peuvent persister.
- Des cicatrices atrophiques et hypertrophiques.
- Des croutes et bulles épidermiques.
- Un botriomycome.
- L'herpès.
- Une poussée de psoriasis ou d'eczéma par effet Koebner. (98)

#### **5. Les lasers ablatifs et fractionnels :**

Les lasers ablatifs entraînent une photocoagulation et une photoablation épidermique et dermique accompagnée d'un dommage thermique initiant le processus de néocollagénèse. L'indication principale reste le photovieillissement cutané mais ils peuvent être utilisés dans d'autres indications (cicatrices, gènodermatoses). Cette technique est invasive mais les résultats sont cependant très satisfaisants.

##### **5.1. Mode d'action :**

La cible de ces lasers est l'eau située dans les couches superficielles de la peau. L'effet obtenu est un effet de relissage cutané (laser resurfacing) suite à une double action : action immédiate par l'abrasion des tissus endommagés : aplanissement des reliefs, atténuation des cicatrices et rides, éclaircissement et uniformisation du teint ; action tardive mais essentielle qui induit une néocollagénèse non cicatricielle. Il en existe deux grands types : le laser CO2 qui représente 80 % des utilisations et le laser Erbium YAG.

Les lasers ablatifs détruisent complètement l'épiderme et le derme superficiel par photothermolyse, mais ne doivent pas dépasser ces couches sous peine de provoquer une

hypochromie définitive ou des cicatrices. La cicatrisation (environ 5 à 10 jours) dont la durée est en fonction du type de laser utilisé, se fait à partir des cellules souches localisées au niveau du bulge des follicules pilo-sébacés et des berges de la plaie (figure59).

Les lasers fractionnels produisent des spots de petite taille, en laissant des intervalles de peau saine, permettant ainsi une cicatrisation rapide, surtout pour les lasers non ablatifs.

Les lasers ablatifs et fractionnels ne sont pas opposés mais constituent chacun des indications différentes. (116) (117)

**Tableau 17 : Les principales différences entre laser ablatif CO2 et laser fractionné.**

<b>Laser ablatif total CO2</b>	<b>Laser fractionné</b>
Ablation de la totalité de la surface cutanée	Traitement de zones microscopiques espacées de peau saine
Traitement du visage uniquement	Zones extra faciales possibles
Respect stricte des zones anatomiques	Respect souhaitable des zones anatomiques
Phototypes foncés exclus	Phototypes foncés possibles
1 seule séance difficilement renouvelable	Souvent plusieurs séances
Effets secondaires majeurs	Effets secondaires réduits
Risques : dyschromies, cicatrices	Risques minimisés
Démarcation fréquente	Effet final naturel

## **5.2. Appareils utilisés :**

### **5.2.1. Les lasers ablatifs :**

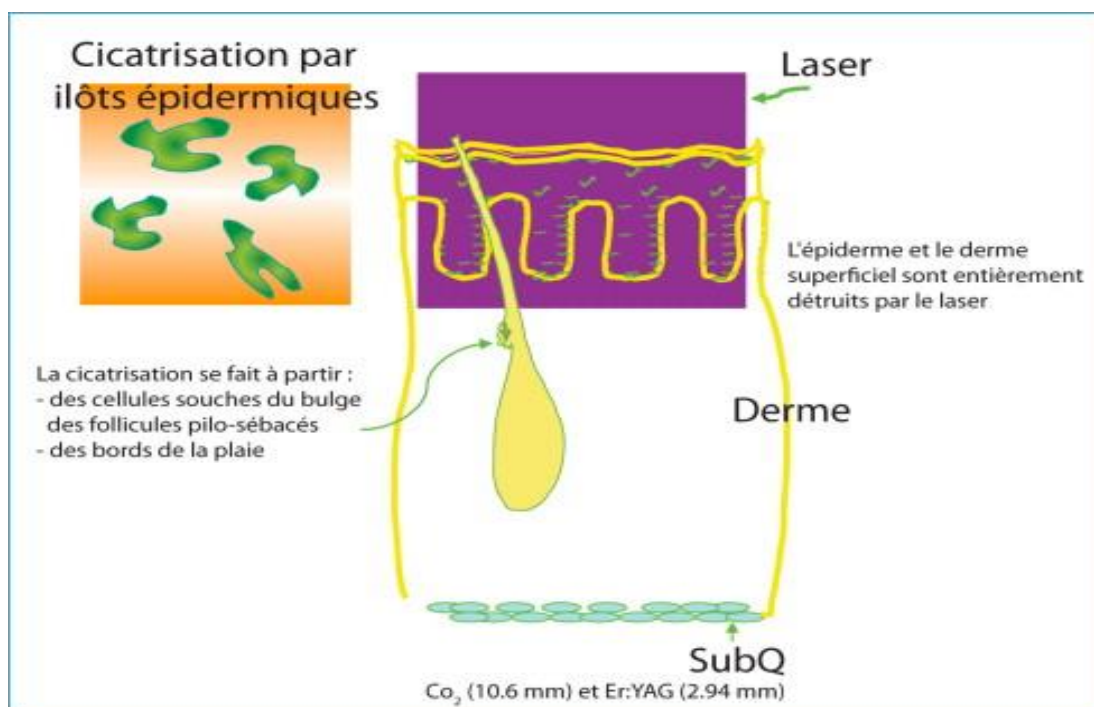
Les lasers pulsés impulsionnels, CO2 (10 600 nm) et Erbium (2940 nm) provoquent une photothermolyse de couches superficielles de peau (épiderme et derme), accompagnée d'un dommage thermique faible et donc un risque cicatriciel moindre (figure60). Il est indiqué dans le traitement des rides du visage et des cicatrices atrophiques d'acné. (118)

Les lasers CO2 scannérisés ou ultrapulsés produisent des impacts très brefs, inférieurs au temps de relaxation cutané entraînant un double effet ablatif et coagulant, avec un dommage thermique résiduel, nécessaire pour la néocollagénèse dont dépend la qualité du résultat et la supériorité

des lasers CO2 sur le laser Erbium classique, mais doit être bien maîtrisé afin d'éviter le risque cicatriciel. Ces lasers sont essentiellement indiqués dans un photovieillissement assez marqué. (118) (119)

Le laser Erbium-YAG pulsé est purement ablatif et provoque un dommage thermique résiduel minime. La néocollagénèse est donc moins importante par rapport aux lasers CO2. Il est donc moins efficace. Par contre, la cicatrisation est plus rapide. Ce type de laser est plutôt indiqué dans un photovieillissement moins marqué, et semble intéressant dans la correction des cicatrices. (120)

Un appareil plus récent, le laser ErbiumYAG double mode, associant une impulsion intense et très courte ablatif à une impulsion longue de faible énergie provoquant à la fois un effet ablatif et un effet coagulant évitant le saignement et induisant un dommage thermique nécessaire pour l'initiation de la néocollagénèse qui reste cependant moins importante qu'avec un laser CO2 impulsif. (120)



**Figure 60 : principe des lasers ablatifs (117)**

## 5.2.2. Les lasers fractionnels: (121) (122) (123)

### 5.2.2.1 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 très minuscules (environ 100  $\mu$  de diamètre), réparties par un scanner. Là, on n'a pas d'effet ablatif. L'énergie utilisée conditionne le diamètre des impacts et leur profondeur (un tir à 10mj, atteindra une profondeur de 850  $\mu$  et un spot de 80  $\mu$  de diamètre; un tir à 70 MJ, atteindra une profondeur de 1400  $\mu$  et un spot de 250  $\mu$  de diamètre). Pour atteindre une densité moyenne de 2000 MTZ/cm<sup>2</sup>, plusieurs passages seront nécessaires par séance (pour le traitement des rides ou des cicatrices, il faut une densité plus faible 1500 à 2000 si l'énergie est élevée, au contraire pour les lésions superficielles traitées à faible énergie, comme des troubles de la pigmentation, il faut une densité plus élevée, jusqu'à 2500 MTZ). Le respect de la peau entre ces très petits impacts permet une cicatrisation directe et rapide en 24 heures, d'autant plus qu'il n'y a pas d'effraction de l'épiderme. La partie épidermique des microzones traitées, s'élimine vers le 14e jour, alors qu'une néocollagénèse s'établit lentement au niveau de colonnes dermiques photocoagulées (figure61). Le Fraxel représente le chef de file de ces lasers, avec lequel ont été faites la plupart des études, mais d'autres appareils sont actuellement disponibles : Nd:YAG 1440 nm, Erbium-Glass 1540 nm. (120)

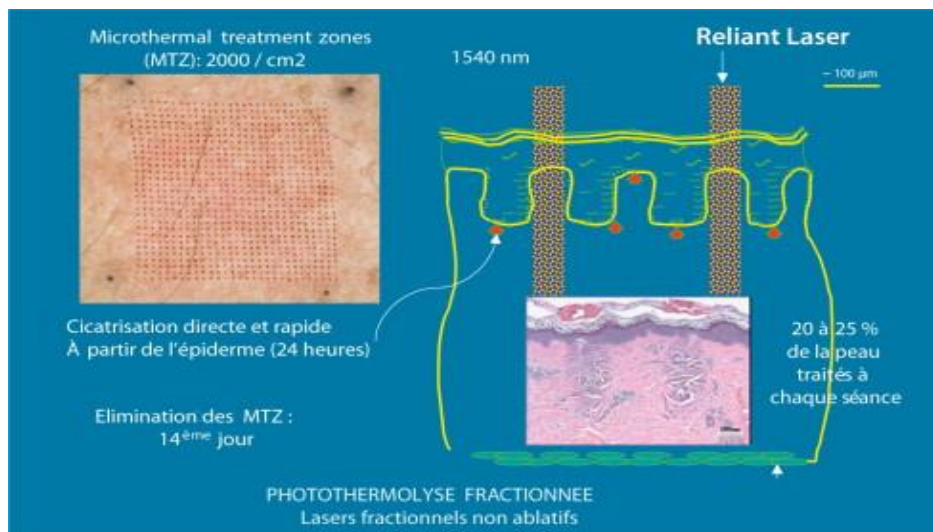


Figure 61 : principe des lasers fractionnels non ablatifs (117)

### 5.2.2.2 Les lasers fractionnels ablatifs :

Ces lasers fractionnels ablatifs CO<sub>2</sub> 10600 nm, Erbium 2940 nm et YSGG 2790 nm ont ensuite été mis au point en espérant une efficacité supérieure à celle des lasers non ablatifs dans la correction du vieillissement cutané. Leur principe est basé sur la photovaporisation des lésions avec des impacts nettement plus larges (120 à 1300 µm) 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 1600 µm (Figure62). Il y a donc, comme avec les lasers ablatifs classiques, mais uniquement au niveau des impacts, une zone d'ablation qui est vaporisée et au-dessous une zone de dommage thermique qui se répare sur place. Ces actions tissulaires sont conditionnées 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. (120)

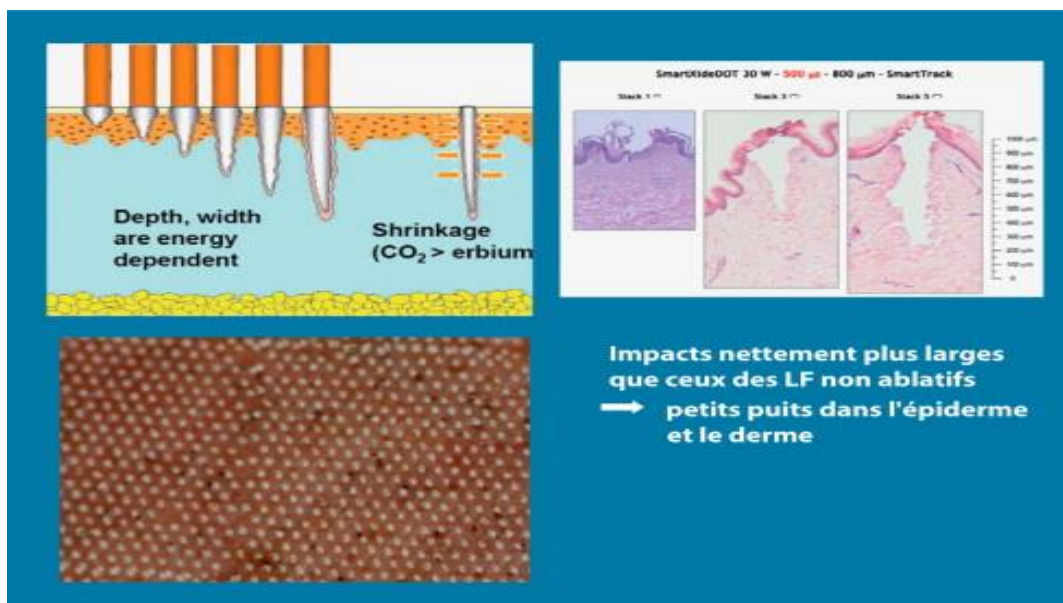


Figure 62 : principe des lasers fractionnels ablatifs (117)

**Tableau 18 : les types de lasers pour rajeunissement et leurs indications (27)**

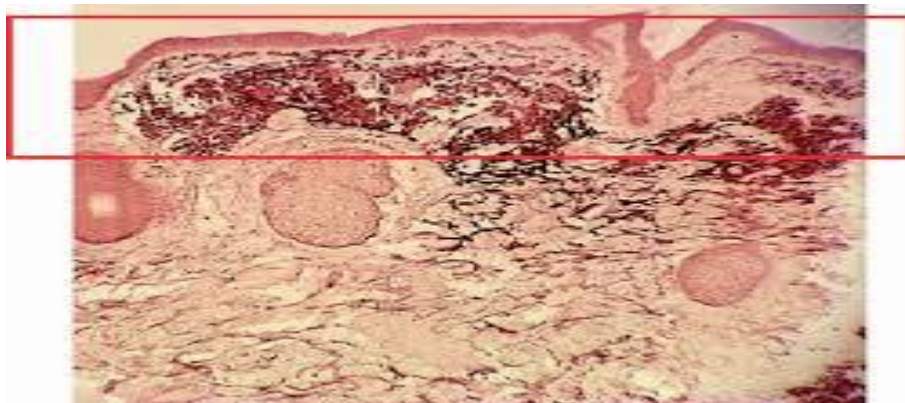
<b>Type</b>	<b>Caractéristiques</b>	<b>Indications</b>
KTP-532nm-diode	Vasculaire-vert-faible profondeur de pénétration	Vieillessement à composante vasculaire Vieillessement à composante pigmentaire Pores dilatés
KTP-532nm-laser solide	Vasculaire-vert-faible profondeur de pénétration	Vieillessement à composante vasculaire Vieillessement à composante pigmentaire Pores dilatés
Colorant pulsé- 590/595nm	Vasculaire-jaune-faible à moyenne profondeur de pénétration	Vieillessement à composante vasculaire Vieillessement à composante pigmentaire Pores dilatés
Alexandrite 755nm- solide	Pigmentaire-rose/violet- profondeur de pénétration moyenne	Vieillessement à composante pigmentaire
Diode 810nm-diode 940nm-diode 980nm	Remodelage/vasculaire- infrarouge-importante profondeur de pénétration	Stimulation de synthèse de collagène Restauration de l'élasticité de la peau Rides fines
Nd-YAG-1064nm-laser solide	Remodelage/vasculaire- infrarouge-importante profondeur de pénétration	Stimulation de synthèse de collagène Restauration de l'élasticité de la peau Rides fines
Nd-YAG-1064nm- Qswitché	pigmentaire-infrarouge- importante profondeur de pénétration	Vieillessement à composante pigmentaire
Erbium glass-1320nm, 1450nm, 1550nm	Remodelage-infrarouge- importante profondeur de pénétration	Stimulation de synthèse de collagène Restauration de l'élasticité de la peau Rides modérées à moyennes
Erbium 2940nm fractionnel	Abatif-infrarouge	Lissage de la peau Stimulation de la synthèse de collagène Rides modérées à moyennes
Co2 fractionné-10600nm	Ablatif-infrarouge	Lissage de la peau Stimulation de la synthèse de collagène Rides modérées à moyennes
Co2 classique-10600nm	Ablatif-infrarouge	Relissage non ablatif Rides profondes, moyennes et fines

### **5.3. Indications :**

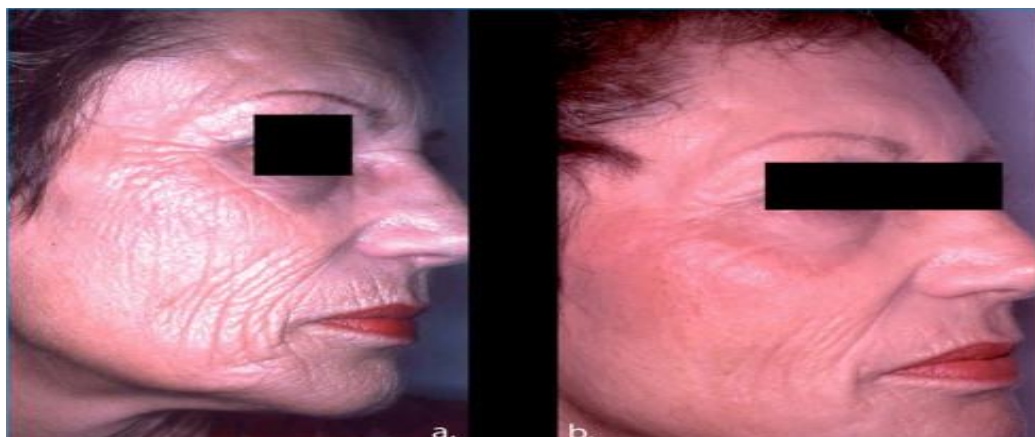
#### **5.3.1. Les lasers ablatifs classiques :**

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

Le photovieillessement constitue une très bonne indication aux lasers ablatifs. Les lésions actiniques à corriger correspondent exactement au niveau d'action de ces lasers représenté par l'épiderme et le derme papillaire (figure63). L'effet est excellent et immédiat, et nettement plus satisfaisant que celui des lasers fractionnels: uniformisation de la couleur de la peau qui devient rosée, effacement des lentigos solaires, atténuation voir disparition des kératoses actiniques (effet préventif de leur risque de cancérisation). L'atrophie épidermique se corrige progressivement. La néocollagénèse du derme superficiel, essentielle à la qualité du résultat se fait plus tardivement (du 1er au 6e mois), et remplace l'élastose actinique détruite par le laser ou la repousse en profondeur si sa destruction a été incomplète (figure64). Pour juger de l'efficacité d'un laser ablatif, il faut donc attendre un délai de 6 mois. Les résultats sont 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. (117) (119)



**Figure 63 : niveau d'action des lasers ablatifs correspondant aux zones altérées au cours du photovieillessement (épiderme et derme papillaire) (117)**



**Figure 64 : photovieillissement marqué avec élastose actinique majeure et rides profondes: résultat après traitement par laser ablatif CO2 ultrapulsé (117)**

### **5.3.1.2 Acné active et cicatrices d'acné: (124)**

Le but du traitement à base de lumière est la réduction du nombre de *Propionibacterium acnes* et la diminution de la sécrétion des glandes sébacées. Une action sur la microvascularisation ainsi que des propriétés anti-inflammatoires sont observés. Différentes sources de lumière sont utilisées : les sources de lumière à bande étroite, les appareils IPL (lumière intense pulsée à large bande), diverses lumières de couleur orange/ rouge (610-635 nm), les lasers à colorant pulsé (585-595 nm), les lasers KTP (532 nm) (figure65). Les cibles de cette lumière sont représentées par :

**-Première cible** : *Propionibacterium acnes*. Cette bactérie produit des porphyrines (protoporphyrine, uroporphyrine, et coproporphyrine III) qui sont absorbés par des longueurs d'onde comprises entre le bleu et le rouge (400 et 700nm). L'absorption de la lumière excite les porphyrines, induisant la formation de singulets d'oxygène réactif et de radicaux libres. Les radicaux d'oxygène entraînent des dommages de la paroi cellulaire lipidique de la bactérie similaires à ceux induits par des agents antibactériens conduisant à la destruction du microorganisme. L'efficacité peut être renforcée par l'utilisation d'un photosensibilisateur.

**-Seconde cible** : la microvascularisation. Différents lasers : laser à colorant pulsé, les lasers KTP, la lumière rouge, la lumière intense pulsée, ont une action sur la microvascularisation dermique. Les lasers à colorant pulsé auraient également une action anti-inflammatoire cytokinique, en augmentant le TGF- $\beta$ .

**-Troisième cible** : la glande sébacée. La taille et la sécrétion des glandes sébacées peuvent être réduites en utilisant les infrarouges proches (1 064 nm) et moyens (1320- 1540 nm). Cette action est renforcée par l'action d'un photosensibilisant comme l'ALA. La glande sébacée constitue la cible privilégiée du laser diode 1450nm dans le traitement de l'acné.



**Figure 65 : aspect de cicatrices d'acné avant/après 6séances de traitement par laser CO2 (125)**

**Tableau 19 : les types de lasers pour l'acné et leur mécanisme d'action (27)**

<b>Acné active</b>	<b>Mécanisme d'action</b>	<b>Protocole</b>
Laser KTP/colorant pulsé	Action de la chaleur sur P.acnes Action sur érythème	3 à 5 séances, 1 à 2 séances par mois Nécessité d'entretien (6 à 12 mois) Association à LED bleues possible- association à traitement médicamenteux classique (précaution vis-à-vis de la photosensibilisation) Pas d'éviction sociale
Laser Nd-YAG 1064 Laser Er:Glass 1320 à 1550 nm	Action de la chaleur sur P.acnes Action de remodelage des cicatrices d'acné	3 à 5 séances, 1 à 2 séances par mois Nécessité d'entretien (6 à 12 mois) Association à LED bleues possible- association à traitement médicamenteux classique (précaution vis-à-vis de la photosensibilisation) Pas d'éviction sociale
Cicatrices d'acné	Mécanisme d'action	Protocole
Laser Nd-YAG 1064 Laser Er:Glass 1320 à 1550 nm	Action de remodelage des cicatrices d'acné Action associée sur P.acnes	3 à 5 séances, 1 à 2 séances par mois Pas d'éviction sociale ou faible
Laser Erbium/COP2 ablatifs		1 à 2 séances Éviction sociale -8jrs en fractionnel Pas d'éviction sociale-12jrs en non fractionnel CO2

### 5.3.1.3 Autres indications :

- Cicatrices : surtout celles du visage avec des résultats variables.
- Séquelles chalazodermiques d'hémangiome.
- Affections génétiques :
  - sclérose tubéreuse de Bourneville : très bons résultats (figure66).
  - naevus épidermiques : résultats variables. Souvent nécessité d'utiliser le laser CO2 continu pour détruire les lésions épaisses, puis compléter par le laser CO2 ultrapulsé afin de relisser.
- Réduction et remodelage du rhinophyma (CO2 continu + CO2 ultrapulsé) : très bons résultats.
- Carcinomes basocellulaires superficiels, maladie Bowen : bons résultats. Mais il faut s'assurer que la profondeur est assez suffisante pour détruire 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 ont actuellement perdu leur place dans cette indication face à la photothérapie dynamique. (117)



**Figure 66 : sclérose tubéreuse de bourneville avec une atteinte importante du visage:aspect clinique avant/après traitement par laser CO2 continu et laser CO2 ultrapulsé (117)**

## **5.3.2. Les lasers fractionnels: (121)**

### **5.3.2.1 Lasers fractionnels non ablatifs:**

#### **5.3.2.1.1 Photovieillissement du visage:**

L'efficacité de ces lasers reste largement moindre à celle des lasers ablatifs classiques, notamment dans les zones présentant des rides profondes comme au pourtour de la bouche. Il n'y a pas ou très peu d'effet tenseur. Malgré son efficacité assez moyenne, l'indication peut intéresser des patients présentant un photovieillissement modéré et souhaitant un traitement aux suites très légères, sans éviction sociale (figure67). Le résultat global peut être amélioré en association avec d'autres techniques, notamment la radiofréquence. Si l'on dispose des deux types d'appareils, Il est possible de réaliser 3 séances de laser fractionnel non ablatif et de terminer par une séance de laser fractionnel ablatif pour obtenir un effet tenseur. (117) (126)



**Figure 67 : aspect clinique avant/après traitement d'un photovieillissement du visage par laser fractionnel non ablatif Fraxel (117)**

#### **5.3.2.1.2 Autres indications: (117) (127) (69)**

- Photovieillissement du cou, du décolleté et du dos des mains : ces zones extra-faciales moins riches en annexes pilo-sébacées sont à risque cicatriciel plus important. Leur traitement par lasers ablatifs n'était pas possible. Il le devient actuellement avec les lasers fractionnés. Les paramètres d'énergie et de densité doivent être réduits pour une meilleure sécurité. Les séances sont répétées afin de maintenir une certaine efficacité (3

à 4 séances à 1 ou 2 mois d'intervalle en fonction des paramètres utilisés).

- Cicatrices : l'efficacité des lasers fractionnels non ablatifs est nettement supérieure à celle des lasers ablatifs dans la prise en charge des cicatrices d'acné, celle-ci a été démontrée sur des cicatrices profondes et scléreuses. Cela est probablement expliqué par le fait que ce laser agit profondément, jusqu'à 1500 $\mu$  environ, assurant une bonne cicatrisation. De plus, ces lasers sont de plus en plus utilisés pour la gestion des troubles cicatriciels ou dans la prévention des cicatrices anormales à la fois excessives et atrophiques : cicatrices hypertrophiques et chéloïdes, hypochromiques, post-traumatiques, post-chirurgicales, post-brûlures, cicatrices d'hémangiomes...
- Vergetures : les lasers fractionnés, en particulier ablatifs CO<sub>2</sub>, peuvent sembler donner des résultats excellents en une séance, notamment au niveau de la poitrine, mais d'autres fois encore trop modestes. Par conséquent, il faut rester prudent en termes d'information des patients et savoir réaliser des tests.
- Troubles pigmentaires : les lasers fractionnés semblent avoir un rôle dans la promotion de la repigmentation et des recherches récentes semblent aller dans ce sens pour le traitement du vitiligo ou de l'hypomélanose en goutte idiopathique. Pour le mélasma, le sujet fait encore débat; les lasers fractionnés peuvent aider dans la prise en charge globale mais ne représentent en aucun cas un remède« miracle » de cette maladie chronique.

### **5.3.2.2 Lasers fractionnels ablatifs:**

Ils sont principalement utilisés dans le photovieillissement où le résultat est meilleur que les lasers non ablatifs, mais moins satisfaisant que les lasers ablatifs conventionnels. Cette procédure aux suites non négligeables mais acceptables semble remplacer de plus en plus les lasers ablatifs. Cependant, dans l'idéal, les patients sélectionnés ne doivent pas avoir un photovieillissement trop marqué (figure68). Ils peuvent aussi être utilisés dans la correction des cicatrices d'acné et de brûlures, même ceux du 3e degré. (117) (126) (128) (129)



**Figure 68 : photovieillissement du visage: aspect avant/après 3séances de traitement par laser fractionnel ablatif (117)**

**Tableau 20 : le rajeunissement du visage: arbre décisionnel (27)**

<p><b>y-a-t-il des dépôts de pigment mélaniques?</b> <b>oui</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-laser Qswitché 1064nm. Balayage visage</li> <li>-laser alexandrite 755nm. Balayage visage</li> <li>-laser KTP 532nm. Balayage visage</li> <li>-laser colorant pulsé. Balayage visage</li> <li>-laserCO2 fractionné. Balayage visage</li> <li>-laserCO2 non fractionné. Balayage visage</li> </ul>
<p><b>y-a-t-il des plages de télangiectasies?</b> <b>oui</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-laser KTP 532nm. Balayage visage</li> <li>-laser colorant pulsé. Balayage visage</li> </ul>
<p><b>y-a-t-il une peau fripée?</b> <b>oui</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-lasers remodelage Nd-YAG 1064nm. Balayage visage</li> <li>-laser remodelage Er-Glass 1320-1550nm, fractionné ou non. Balayage visage</li> <li>-laser Erbium fractionné ou non. Balayage visage</li> <li>-laser CO2 factionné. Balayage visage</li> <li>-laser CO2 non fractionné. Balayage visage</li> </ul>
<p><b>y-a-t-il des rides fines?</b> <b>oui</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-lasers remodelage Nd-YAG 1064nm. Balayage visage</li> <li>-laser remodelage Er-Glass 1320-1550nm, fractionné ou non. Balayage visage</li> </ul>

	-laser Erbium fractionné ou non. Balayage visage -laser CO2 fractionné. Balayage visage -laser CO2 non fractionné. Balayage visage
<b>y-a-t-il des rides moyennes?</b> <b>oui</b>	-laser remodelage Er-Glass 1320-1550nm, fractionné ou non. Balayage visage -laser Erbium fractionné ou non. Balayage visage -laser CO2 fractionné. Balayage visage -laser CO2 non fractionné. Balayage visage
<b>y-a-t-il des rides profondes?</b> <b>oui</b>	-laser CO2 fractionné. Balayage visage -laser CO2 non fractionné. Balayage visage -association à des techniques alternatives: comblement, chirurgie...

#### **5.4. Effets secondaires et risques: (figure69)**

##### **5.4.1. Lasers ablatifs classiques :**

La technique est invasive avec des suites lourdes et des conséquences assez importantes, qui doivent être gérés par l'opérateur. Après l'intervention, le derme exposé est rouge, suintant, œdématié et des pansements sont nécessaires. 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. Une éviction sociale d'une quinzaine de jours est donc prévue. Malgré une photoprotection très stricte, une pigmentation post-inflammatoire est observée, plus fréquente chez les peaux brunes notamment dans la zone péri-orbitaire, mais elle est régressive (son traitement se fait par dermocorticoïdes). Les complications infectieuses sont suspectées devant un retard de cicatrisation et doivent être traitées rapidement (infection herpétique, les surinfections staphylococciques). L'érythème post cicatrisation est dû à un nombre de passage importants à faible fluence et dure normalement 1 à 2 mois voire plus. Une dermabrasion trop profonde serait responsable d'hypopigmentation tardive et définitive (destruction du réservoir mélanocytaire folliculaire), ainsi que des cicatrices hypertrophiques masi qui restent cependant rares. Le nombre de passage doit être

réduit ainsi que les fluences en zones fragiles (paupières inférieures, régions maxillaires inférieures). (117)

#### **5.4.2. Lasers fractionnels :**

Ces techniques ont permis de réduire de façon considérable les effets secondaires, mais ceci de façon variable en fonction des appareils utilisés.

**Les lasers fractionnels non ablatifs** n'entraînent pas d'effraction cutanée cliniquement visible. Un léger érythème et un œdème seront observés durant les 2 premiers jours, suivi d'un aspect de léger coup de soleil (compatible avec la poursuite des activités quotidiennes sociales). Actuellement, pour une meilleure efficacité, on a tendance à augmenter l'énergie et la densité, avec des effets secondaires non négligeables et souvent un œdème péri-orbitaire bien visible et un érythème assez marqué nécessitant une éviction sociale de 3 ou 4 jours. Le taux de complications est faible et réversible (7,6 % dans la série de GRABER portant sur 961 traitements chez 422 patients), et représenté essentiellement par les éruptions acnéiformes, les poussées herpétiques, le risque de pigmentation pour les phototypes foncés. Le risque cicatriciel n'a jamais été rapporté. Ces lasers assurent donc une très bonne sécurité. (130)

**Les lasers fractionnels ablatifs** entraînent des suites immédiates qui sont plus lourdes et plus longues. Un érythème marqué, un suintement hémorragique sont observés le premier jour, puis des croûtes. Cinq jours d'éviction sociale sont au moins nécessaires. Fréquence plus importante de l'hyperpigmentation, surtout dans les phototypes élevés. On décrit même des cicatrices, notamment au niveau du cou ainsi qu'un ectropion, probablement dus à une énergie et une densité excessive ou les deux. Il convient donc de rester prudent en zone fragile avec ces appareils. Cette technique est actuellement la plus utilisée, elle est nettement moins invasive que les lasers ablatifs conventionnels, mais si les 4 séances sont réalisées, l'éviction 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. (131) (132)



**Figure 69 : des suites bien différentes avec les 3types de lasers (117)**

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

**Tableau 21 : les différents lasers et leurs indications (117)**

<b>Caractéristiques</b>	<b>Lasers ablatifs conventionnels</b>	<b>Lasers fractionnels non ablatifs</b>	<b>Lasers fractionnels ablatifs</b>
<b>Résultats selon les indications</b>			
<b>Photovieillissement du visage</b>	Excellent+++	Moyens+	Bons++
<b>Possibilité de traiter photovieillissement mains et cou</b>	Oui	Non	Oui avec prudence
	Cicatrices+,généodermatoses++,rinop hyma++ CBC superficiels++	Cicatrices++ Melasma+ Vitiligo+ Miliun colloide++ Vergetures+	Cicatrices++
<b>Anesthésie (pour un visage entier)</b>	Générale	Topique	Topique
<b>Nombre de séances</b>	1	4	4
<b>Coûts (visage entier)</b>	++	++	+
<b>Suites</b>	+++	+-	++
<b>complications</b>	++	+-	+

## **II. Les complications et effets indésirables liées à l'utilisation médicale du laser:**

Selon les indications, la localisation et l'expérience de l'opérateur, l'efficacité de chaque technique laser est relative, elle peut-être très importante (épilation laser, couperose, détatouage...), ou significative mais incertaine ou non complète (angiomes plans, taches de naissance, cicatrices...), ou enfin plus modeste (comme le traitement du relâchement). Cette efficacité dépend des indications, de la localisation de la lésion ainsi que l'expérience de l'opérateur. Certains effets secondaires qui souvent transitoires et modérés mais gênants peuvent survenir en rapport avec l'efficacité même de la technique. Les patients doivent en être parfaitement avertis. Les effets secondaires observés sont:

### **1. L'œdème :**

du à la vasodilatation qui fait suite à l'effet thermique du laser, régresse spontanément en 2-3 jours. La prise de corticothérapie orale pendant quelques jours reste exceptionnelle.

### **2. L'érythème :**

également du à la vasodilatation induite par l'effet thermique du laser, se résout spontanément 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.

### **3. Le purpura :**

(lésion hémorragique cutanée superficielle) est lié 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. Il pâlit progressivement en passant par les différentes teintes de la biligénie locale et disparaît spontanément en une quinzaine de jours (figure70).



**Figure 70 : purpura après une séance de traitement par laser à colorant pulsé (le jour-même du traitement) (97)**

#### **4. L'hyperpigmentation :**

Souvent causée par une exposition solaire après traitement, elle se rencontre essentiellement chez des phototypes foncés (3 et 4). La résolution survient spontanément en quelques semaines. La protection solaire est incontournable et des crèmes dépigmentantes peuvent être utilisées si nécessaire. C'est pour ça qu'on recommande de faire ces traitements plutôt en hiver et de les éviter en période de fort ensoleillement.

#### **5. 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). Elles sont généralement transitoires mais des séquelles hypochromiques sont décrites. Son traitement repose sur une exposition solaire progressive, des UV éventuellement associés aux lasers fractionnés.

#### **6. Une épidermabrasion :**

Voir des bulles peuvent apparaître en cas de mauvaise évaluation de la couleur de la peau (bronzage...) ou d'utilisation d'une énergie trop importante. Considérées comme des brûlures du 2e degré superficiel, leur traitement repose sur des soins locaux et une protection solaire.

## **7. Un retard de cicatrisation :**

qui peut être due à deux phénomènes: soit un surdosage thermique, soit à une surinfection superficielle de la zone traitée.

## **8. L'hypertrophie**

secondaire au retard de cicatrisation, est généralement due à une surinfection de la zone traitée, ou bien à un surdosage thermique suite à non respect des fluences à utiliser ou par défaut de fonctionnement de l'appareil, ou bien lorsque le derme est fin et sans support sous-jacent.

## **9. Les cicatrices**

sont dues à une agression trop profonde, qui détruirait tous les éléments épidermiques nécessaires pour une cicatrisation spontanée. La complication redoutée est la cicatrice chéloïde qui est le résultat d'une hypertrophie négligée.

## **10. Les hyperpilosités paradoxales:**

C'est la repousse de poils fins et longs sur des zones qui en étaient dépourvues, ou près de zones qui ont été épilées par stimulation du duvet dormant.

Les zones fréquemment atteintes sont : le visage, les pommettes, le cou, la face latérales entre les cuisses, la ligne ombilicale ainsi que les auréoles des seins pour la femme. Pour l'homme, c'est plutôt les épaules et le haut du dos. Cependant, toutes les régions peuvent être concernées en fonction des conditions hormonales du sujet et des conditions d'épilation.

Les facteurs favorisant ce phénomène sont :

- La peau mate et foncée
- Des poils intermédiaires ou génétiquement fins
- L'usage d'une énergie laser basse insuffisante
- Un mauvais système de refroidissement
- Les sujets avec un déséquilibre hormonal
- Un poil sentinelle isolé dans une zone sans poil mais avec d'un fin duvet (la joue par exemple)

- L'inflammation
- L'augmentations de la vascularisation

Pour éviter cette repousse, il est déconseillé pour les personnes en instabilité hormonale de se faire épiler. L'épilation du duvet sur le visage et sur les épaules d'une personne à peau mate est à éviter. En cas d'épilation de ces zones, il est recommandé d'utiliser des énergies élevées et des systèmes de refroidissement puissants.

Il est nécessaire d'expliquer au patient ce risque avant de débiter l'épilation et de ne pas épiler les duvets.

### **11. La surinfection:**

Le risque infectieux est présent devant le fait que le derme est mis à nu, il peut être agressé par différents agents bactériens, viraux ou fongiques. L'infection est évoquée devant le retard de cicatrisation, l'aggravation de l'œdème, la persistance de la douleur, de la rougeur ou l'apparition de fièvre. Cette infection va approfondir la destruction lésionnelle et va présenter ainsi un risque de destruction trop profonde avec risque de cicatrices. L'infection peut être virale (Herpès), bactérienne (staphylocoque doré et *Pseudomonas aeruginosa* sont les principaux agents en cause), mycosique, dermatite, eczéma, impétiginisation, poussée d'acné ou de rosacée, grains de milium, et folliculites.

### **12. Allergie :**

Une dermite eczématiforme en zone traitée est décrite chez des patients atopiques, elle est résolutive après corticothérapie locale. Enfin, des botryomycomes ont été rapportés.

### III. Les contre-indications générales du laser: (27)

#### 1. l'observance du patient:

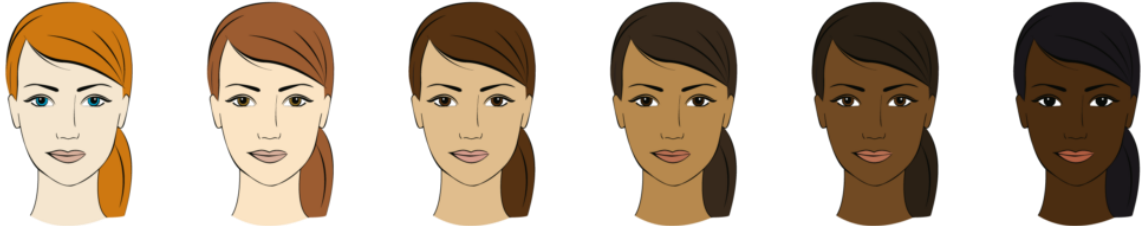
Le médecin doit savoir limiter les risques et donc refuser de traiter s'il a un doute quant à la bonne observance des consignes par les patients.

#### 2. Les demandes et attentes irréalistes du patient en esthétique :

Les demande 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 expliquer et s'assurer de sa compréhension, lui annoncer les risques et les suites indésirables sans les accentuer ni les minimiser.

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

Le choix de l'énergie et du type d'équipement le plus adapté se fera au dépend de la couleur de la peau. On distingue selon la classification de Fitzpatrick 6 types de peaux selon leur réaction lors d'une exposition solaire (figure71):



Phototype I	Phototype II	Phototype III	Phototype IV	Phototype V	Phototype VI
La peau est très blanche, les cheveux roux ou blonds, les yeux bleus / verts. Les taches de rousseur sont fréquentes.	La peau est claire, les cheveux blonds / roux à châtain, les yeux clairs à bruns. Des taches de rousseur peuvent apparaître.	La peau est intermédiaire, les cheveux sont châtain à bruns et les yeux bruns.	La peau est mate, les cheveux bruns / noirs, les yeux bruns / noirs.	La peau est brune, les cheveux et les yeux sont noirs.	La peau est noire, les cheveux et les yeux sont noirs.
Les coups de soleil sont systématiques, la peau rougit toujours mais ne bronze jamais.	Les coups de soleil sont fréquents et la peau bronze à peine ou très lentement.	Les coups de soleil sont occasionnels. La peau bronze graduellement.	La peau bronze rapidement, avec des coups de soleil occasionnels lors d'expositions intenses.	La peau bronze beaucoup. Les coups de soleil sont rares.	Les coups de soleil sont très exceptionnels.

Figure 71 : échelle des phototypes de Fitzpatrick (133)

- Les lasers ablatifs comme le laser CO2 ou Erbium sont en général contre-indiqués sur les phototypes supérieurs à 4 car des troubles de la pigmentation peuvent se voir.
- Les lasers vasculaires de type KTP (lasers de couleur verte) sont également contre-indiqués sur la peau d'un phototype supérieure à 4, en raison également du risque des troubles de pigmentation.
- Les lasers alexandrite pour l'épilation sont eux aussi dangereux au-delà d'un phototype 4. On utilise d'autres types de lasers 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 généralement compatibles avec tous les types de peau, y compris les peaux noires à condition de respecter certaines précautions.

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

L'allergie au froid contre-indique l'utilisation du laser, car ce dernier est muni de dispositifs de réfrigération.

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

L'exposition récente au soleil ou aux UV, l'utilisation de lotions auto-bronzantes ou d'activateurs de bronzage retardent le traitement laser. Le bronzage peut entraîner une brûlure de la peau s'il est récent puisqu'il détourne une partie de l'énergie lumineuse du laser suite à la forte concentration de peau en mélanine.

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

Les lasers peuvent entraîner de petites hémorragies dans les tissus. Il convient donc de préciser si le patient présente des antécédents hémorragiques ou s'il prend des médicaments anticoagulants.

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

Les lasers peuvent entraîner des traumatismes cutanés. Parfois, ils sont responsables de brûlures (souvent 1er degré ou 2nd degré léger) qui vont déclencher un phénomène de cicatrisation. Tout trouble de cicatrisation peut par conséquent entraver, ralentir la réparation des tissus cutanés et

donc aggraver le risque de séquelles. Le médecin doit donc bien évaluer le rapport bénéfique/risque. La présence de cicatrices chéloïdes n'est pas une contre-indication définitive au laser. Cependant, elles imposent une surveillance particulière et devront être contournées par le faisceau laser.

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

Une poussée d'herpès sur la ou les zone(s) à traiter doit être préalablement traitée avant l'application du laser. En cas d'herpès labial, un traitement préventif sera prescrit avant la séance d'épilation. En présence d'infection cutanée en évolution, on attendra la cicatrisation complète afin de ne pas rajouter de risque esthétique et d'éviter le traumatisme d'une lésion en évolution.

### **9. Grossesse:**

Il n'a jamais été rapporté d'effets néfastes pendant la grossesse, aucune malformation ou anomalie fœtale n'a jamais été rapportée. Cependant, le laser reste contre-indiqué pour des raisons de confort pour la patiente et par principe de précaution.

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

Les médicaments photo-sensibilisant sont certains médicaments qui peuvent augmenter la sensibilité de la peau à la lumière et donc au laser, ils entraînent une phototoxicité ou une photo-allergie. L'application du laser peut être dangereuse avec des risques de brûlures pour des doses classiques, simulant un surdosage du laser. Ils peuvent aussi provoquer des réactions allergiques de type urticaire, œdème... De façon non exhaustive, les médicaments le plus souvent impliqués sont :

- \* Les antiépileptiques
- \* Certains antibiotiques : comme les cyclines (tétracycline) ou les quinolones
- \* Certains médicaments anti-acnéiques : type Roaccutane ®
- \* Certains antidépresseurs
- \* Certains anti-inflammatoires : comme les 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 provoquant une sensibilisation à la lumière:**

Ces maladies sont appelées photo-dermatoses. Les médecins doivent rechercher ces pathologies lors de l'interrogatoire. On peut citer parmi ces maladies:

- \* Les porphyries
- \* Les troubles du métabolisme du tryptophane et le pellagre
- \* 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

Il existe aussi des maladies appelées dermatoses photo-aggravées, dont les symptômes sont aggravés par l'exposition à la lumière.

- \* 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:**

Les lésions cancéreuses sont généralement des contre-indications au laser. Les lasers entraînent des lésions de la peau et induisent 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 car il peut exister des reliquats cellulaires qui pourraient être activés. Il est également contre-indiqué de lasériser un mélanome pour ne pas accélérer sa prolifération. Au moindre doute, il faut avoir 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 est la mélanine.

## IV. Autres indications:

### 1. La cellulite

La cellulite est une hypertrophie et accumulation de cellules graisseuses, les adipocytes, sous la peau. Ils sont responsables de la “peau d’orange”. Elle constitue l’un des ennemis jurés des femmes, et fait l’objet de nombreuses recherches en esthétique. Le laser anti-cellulite ou lipolyse laser est devenu actuellement l’un des moyens thérapeutiques parmi plusieurs. Son principe est basé sur l’échauffement des adipocytes à basse température (environ 55°C), permettant ainsi la destruction des cloisons fibreuses de ces cellules et la fonte des réserves adipocytaires. La graisse, une fois libérée, sera éliminée par voie sanguine ou bien aspirée. La néocollagénèse induite par la chaleur permet le remodelage de la peau. Il existe deux principales méthodes:

- **L'endolipolyse laser** : le laser est introduit sous la peau grâce à une fine canule d’1mm de diamètre. Elle est équipée d'une fibre optique qui permet de chauffer les adipocytes et donc de les détruire. Elle s'attaque donc à la cellulite « de l'intérieur ».
- **L'exolipolyse laser** : Le principe reste le même sauf que le laser est passé sur la peau. C'est donc une méthode non invasive. Elle consiste à placer des pads sur la zone à traiter. L'effet est double : création de micropores dans les membranes cellulaires et fonte du contenu adipocytaire. La graisse libérée est évacuée par les micropores, et rejoint la circulation sanguine, pour être éliminée. Il s’agit donc d’un « vidange » des cellules graisseuses.

Les effets désirés de ce traitement sont:

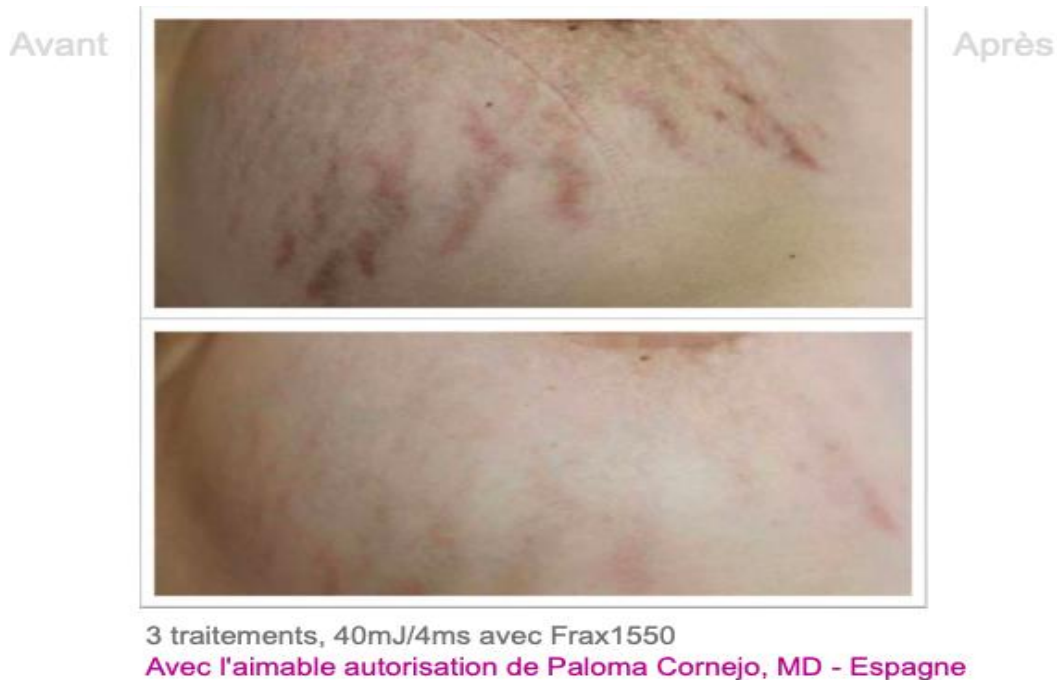
- Un remodelage des couches profondes de la peau
- Une réduction visible de la cellulite
- La stimulation de la néocollagénèse, afin de redonner élasticité et fermeté à la peau

Cette technique vise plutôt la cellulite superficielle car elle traite la peau sur une profondeur de 5 mm, et semble également efficace sur la cellulite fibreuse vu que le laser détruit les fibres maintenant les cellules graisseuses. Les premiers résultats ne sont pas visibles avant 1 à 3 mois

du traitement et concernent la réduction du volume. Pour les résultats concernant l'effet sur l'aspect de la peau, ils ne sont observés qu'après 6 mois de traitement. Les effets secondaires observés sont: une sensation de chaleur, des érythèmes et des ecchymoses. Quelques études rapportent les premiers résultats avec des exo- lasers (à travers la peau) de type Nd-yag. 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 semblent moins efficaces. Ces dispositifs encore récents nécessitent encore des évaluations scientifiquement validées. (134) (135)

## **2. Les vergetures**

Les vergetures constituent un problème esthétique qui touche essentiellement les femmes mais aussi les hommes. Elles résultent d'un étirement trop rapide de la peau entraînant une rupture des fibres élastiques de collagène, et se voient dans certaines situations comme la grossesse, la puberté ou une variation de poids. Le traitement par laser se révèle être une méthode efficace et rapide pour atténuer ou estomper ces vergetures. Les vergetures sont différentes par leurs colorations et leurs formes, c'est pourquoi plusieurs lasers sont proposés dans leur traitement : le laser qui agit sur la couleur, le laser qui permet de relisser la peau, le laser qui repigmente la peau striée. Le laser vasculaire (laser à colorant pulsé, laser KTP) est privilégié pour traiter des vergetures récentes de couleur rouge ou violacée. Leur cible est l'hémoglobine située dans les vaisseaux qui est responsable de la coloration rouge de ces vergetures. Les lasers fractionnés ablatifs et non ablatifs sont utilisés pour prendre en charge des cicatrices anciennes de couleur blanche. Les lasers ablatifs fractionnés CO2 entraînent un échauffement du derme et initient un processus de remodelage cutané qui rend ces vergetures moins visibles. Les lasers fractionnés non ablatifs n'entraînent pas de rupture dermique, mais stimulent les fibroblastes en profondeur et induisent une production de collagène et d'élastine pour renouveler progressivement la peau (figure72). Le nombre de séance est variable d'un individu à un autre et dépend de : l'aspect et le type de vergetures, l'âge, la zone à traiter, l'ancienneté des vergetures, l'état de la peau, la cause de vergetures. (136) (137) (138)



**Figure 72 : vergetures : aspect avant/après 3séances de traitement par laser fractionné (139)**

### **3. Le psoriasis**

Le psoriasis est une maladie inflammatoire chronique de la peau, caractérisé par des plaques érythémateuses recouvertes de squames blanchâtres. Le traitement par laser fait actuellement partie des moyens thérapeutiques, seul ou en association à d'autres thérapeutiques locales (acide salicylique, calcipotriol, les rétinoïdes, les dermocorticoïdes). Certaines études ont permis d'évaluer différents lasers: le laser à colorant pulsé pour le traitement de la composante vasculaire, le laser Er-YAG pour la volatilisation des plaques de psoriasis, ainsi que le laser CO<sub>2</sub>. Cependant, aucun laser n'a montré d'efficacité supérieure par rapport aux techniques conventionnelles. Une étude a permis de montrer l'efficacité du laser à colorant à pulsé sur des plaques anciennes de psoriasis, permettant d'obtenir une rémission complète. Une étude complémentaire a montré un blanchiment de lésions anciennes dans 50% des cas. Par contre, le traitement sur lésions récentes s'est avéré moins efficace avec un blanchiment à uniquement 15% des cas. Le nombre de séances estimées était de 3 à 4 séances espacées d'environ 1 mois, avec une durée d'impulsion de 1.5 à 3 ms et une fluence de l'ordre de 10 à 12j/cm<sup>2</sup>. Deux autres

études ont permis également de montrer l'efficacité du laser Excimer 308nm, qui semble représenter une alternative à la photothérapie UVB. Ainsi, l'utilisation d'un protocole d'irradiation assez similaire à celui utilisé en photothérapie UVB, a montré la disparition des plaques de psoriasis avec une action 3 fois plus rapide qu'avec la photothérapie UVB. Les fluences utilisées étaient comprises entre 1.6 et 3.2j/cm<sup>2</sup>. Les plaques étaient éliminées en un seul traitement. Cependant, d'autres études seraient nécessaires pour prouver la place de ces lasers dans le traitement du psoriasis et évaluer leur efficacité à long terme. (140)

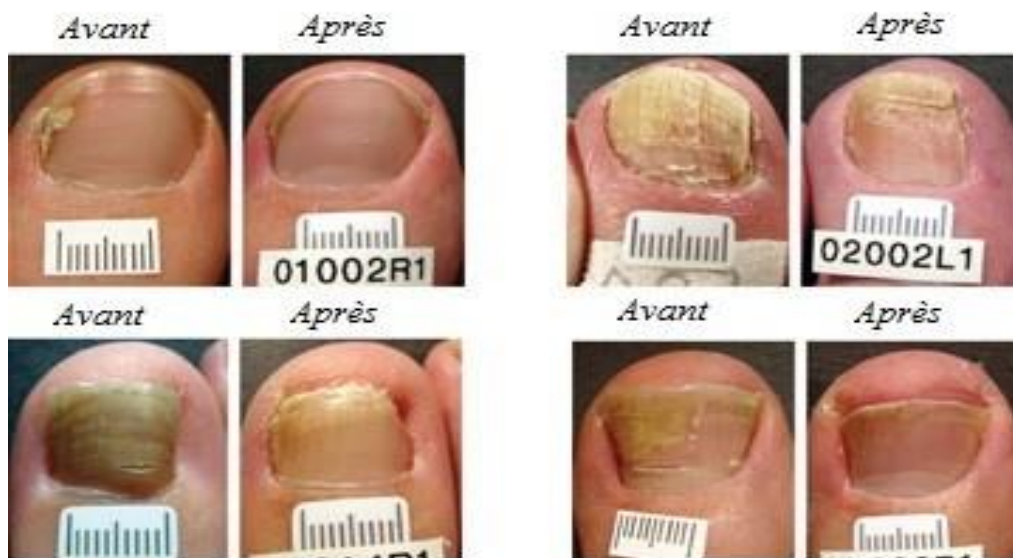


**Figure 73 : plaques de psoriasis du cuir chevelu : aspect avant/après traitement par laser (141)**

#### **4. Les onychomycoses**

L'onychomycose est une infection fongique de l'ongle et/ou du lit de l'ongle. Les agents pathogènes responsables sont dermatophytes *Trichophyton Rubrum* et *Trichophyton mentagrophytes* essentiellement, mais les levures et les moisissures non dermatophytes peuvent également être responsables. Son traitement ne se conçoit qu'après confirmation diagnostique par un examen mycologique, et repose sur de nombreuses options dont l'efficacité est limitée. Le laser Nd-Yag a été proposé comme option thérapeutique, objectivant son efficacité dans la destruction de colonies de *Candida albicans* et *Trichophyton rubrum*, permettant ainsi des résultats relativement satisfaisant avec moins d'effets secondaires. Ce dernier entraîne un effet

thermique (chauffage sup à 50degré) de la matrice unguéale, un échauffement de l'ongle et donc un effet fongistatique sur le microorganisme sensible à la chaleur. Il permet une action de photothermolyse sélective sur la kératine contaminée. Deux schémas ont été utilisés, l'un avec des temps d'impulsion longs, supérieur à la milliseconde, l'autre avec des temps d'impulsion court inférieur à la milliseconde. Le laser à colorant pulsé a montré son efficacité dans le traitement des psoriasis unguéaux. Son action vasculaire spécifique permet une destruction de la microvascularisation de la plaque associée au relargage de cytokines engendré par la photothermolyse sélective vasculaire. Des études complémentaires seraient nécessaires afin de déterminer le schéma thérapeutique optimal et évaluer la place du laser et sa réelle efficacité dans le traitement des onychomycoses. (142) (143) (144) (145)



## **CONCLUSION**

La connaissance des bases physiques du laser a largement évolué au cours des deux dernières décennies, permettant ainsi de révolutionner la pratique de l'esthétique dermatologique. L'apport de la technologie laser sur la qualité de vie est indéniable, et est devenu aujourd'hui un outil incontournable en dermatologie. Les progrès de cette technologie ont permis de multiplier les indications et applications médicales du laser. Il est utilisé pour la prise en charge des lésions cutanées vasculaires et pigmentaires, offrant par cette occasion un traitement alternatif beaucoup moins invasif avec moins d'effets secondaires.

L'efficacité de cette thérapie dépend de la bonne connaissance des affections, des indications/contre-indications du laser, des paramètres du laser (fluence, longueur d'onde, durée d'impulsion, diamètre du spot) et éventuellement de l'expérience du praticien. Cependant, cette efficacité reste relative, la prise en charge de certaines lésions par laser peut être remarquable avec d'excellents résultats, mais peut s'avérer inefficaces voir délétères dans d'autres.

Comme toute pratique médicale, les effets secondaires ne sont pas nuls et doivent être parfaitement connus par le praticien et expliqué correctement au patient avant tout traitement. Les soins prodigués par des praticiens inexpérimentés augmentent le risque d'effets secondaires.

Le grand intérêt des techniques lasers réside dans le fait de pouvoir les associer entre elles et aussi les associer à d'autres gestes chirurgicaux et esthétiques afin d'atténuer ou corriger les imperfections de la peau dans sa texture et sa couleur, afin de répondre au mieux aux attentes des patients.

Chaque laser est spécifique et nécessite des plateaux techniques lourds et coûteux. Le regroupement de spécialistes (clinique, réseau ville hôpital...) est nécessaire pour bénéficier du meilleur matériel. L'activité laser doit être considérée comme une activité médicale à part entière, et doit passer par une formation préalable théorique et pratique, et dans ce domaine en évolution constante, par une formation continue régulière.

Toutefois, des études complémentaires et de qualité sont encore peu nombreuses. Les protocoles standardisés manquent et la performance de cette nouvelle technologie reste souvent à être documentée dans de plus grandes études randomisées. Des études de qualité sont donc nécessaires afin d'établir des guidelines et d'élargir le champ des indications reconnues.

# **RESUMES**

## RESUME

**Titre** : utilisation du laser en chirurgie esthétique

**Rapporteur** : Pr. JAOUAD HAFIDI

**Auteur** : KAWTAR DIAA

**Mots clés** : laser, lasers vasculaires, lasers pigmentaires, lasers ablatifs, lasers dépilatoires

Le mot LASER est l'acronyme de : light amplification by the stimulated emission of radiation. C'est un procédé qui consiste en l'amplification de la lumière grâce au principe de l'émission stimulée, utilisant ainsi cette lumière comme source d'énergie.

Son principe a été découvert initialement par Einstein au début des années 1900, et depuis a connu de nombreux progrès.

C'est devenu un outil précieux dans le domaine de l'esthétique et la dermatologie, permettant de se débarrasser des poils indésirables, de traiter de nombreuses pathologies cutanées, de prendre en charge le photo vieillissement, les cicatrices ainsi que d'autres anomalies.

Ce travail consiste en une revue de littérature ayant pour objectif de mettre le point sur la place considérable du laser en esthétique-dermatologie, son principe de fonctionnement, ses différents indications, ses intérêts et avantages, ainsi que les différentes complications qui peuvent en découler.

Les lasers les plus fréquemment utilisés sont les lasers vasculaires (Nd-YAG, KTP, colorant pulsé), les lasers pigmentaires (Q-Switched, Nd-YAG, Alexandrite), les lasers ablatifs (CO2, fractionné), et les lasers dépilatoires (Alexandrite, Nd-YAG, Q-Switched).

Cependant, l'usage de cette technologie laser requiert une bonne connaissance des bonnes pratiques par l'opérateur qui doit être expérimenté, ainsi que des études complémentaires de qualité afin de prouver leur efficacité réelle, élargir leur champ d'application, et assurer une meilleure performance avec le moins d'effets indésirables.

## ABSTRACT

**Title** : use of laser in cosmetic surgery

**Protractor** : pr.JAOUAD HAFIDI

**Author** : KAWTAR DIAA

**Keywords** : laser, vascular lasers, pigmentary lasers, ablative lasers, depilatory lasers

The word LASER is the acronym of: light amplification by the stimulated emission of radiation. It is a process that consists of the amplification of light through the principle of stimulated emission, using this light as a source of energy.

Its principle was first discovered by Einstein in the early 1900's, and since then has undergone many advances.

It has become a valuable tool in the field of aesthetics and dermatology, allowing to get rid of unwanted hair, to treat many skin pathologies, to take care of photoaging, scars and other anomalies.

This work consists of a review of the literature with the objective of clarifying the important role of lasers in aesthetic-dermatology, their operating principle, their various indications, their interests and advantages, as well as the various complications that may arise from them.

The most frequently used lasers are vascular lasers (Nd-YAG, KTP, pulsed dye), pigmentary lasers (Q-Switched, Nd-YAG, Alexandrite), ablative lasers (CO<sub>2</sub>, fractionated), and depilatory lasers (Alexandrite, Nd-YAG, Q-Switched).

However, the use of this laser technology requires a good knowledge of good practices by the operator who must be experienced, as well as complementary quality studies in order to prove their real effectiveness, to widen their field of application, to ensure a better performance with the least undesirable effects.

## ملخص

**العنوان:** استخدام الليزر في الجراحة التجميلية

**المقرر:** جواد حفيدي

**الكاتب:** كوثر ضياء

**الكلمات الأساسية:** الليزر، الليزر الوعائي، الليزر الصباغ، الليزر الاستئصالي، الليزر الزهري.

كلمة الليزر هي اختصار لـ: تضخيم الضوء عن طريق انبعاث الإشعاع المحفز. إنها عملية تتكون من تضخيم الضوء بفضل مبدأ الانبعاث المحفز، وبالتالي استخدام هذا الضوء كمصدر للطاقة.

تم اكتشاف مبدأها في الأصل من قبل أينشتاين في أوائل القرن العشرين، ومنذ ذلك الحين شهد تقدماً كبيراً.

لقد أصبحت أداة ثمينة في مجال علم الجمال والأمراض الجلدية، مما يجعل من الممكن التخلص من الشعر غير المرغوب فيه، ومعالجة العديد من أمراض الجلد، وتولي مسؤولية شيخوخة الصور، الندبات والتشوهات الأخرى.

يتكون هذا العمل من مراجعة الأدبيات بهدف تطوير المكانة الكبيرة لليزر في أمراض الجلد الجمالية، ومبدأ التشغيل، ومؤشراته المختلفة، مصالحتها وفوائدها، وكذلك المضاعفات المختلفة التي قد تنشأ عنه.

أنواع الليزر الأكثر استخداماً هو الليزر من نوع أرجون، ثنائي أكسيد الكربون و الليزر الصبغي.

ومع ذلك، يتطلب استخدام تقنية الليزر هذه معرفة جيدة بالممارسات الجيدة من قبل المشغل الذي يجب اختياره، بالإضافة إلى دراسات جودة إضافية لإثبات فعاليتها الحقيقية، توسيع نطاقها، وضمان أداء أفضل مع أقل الآثار الجانبية.

## **RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES**

1. Geiges ML. History of Lasers in Dermatology. In: Bogdan Allemann I, Goldberg DJ, éditeurs. Current Problems in Dermatology [Internet]. S. Karger AG; 2011 [cité 7 nov 2022]. p. 1-6. Disponible sur: <https://www.karger.com/Article/FullText/328225>
2. Wheeland RG. History of lasers in dermatology. Clin Dermatol. janv 1995;13(1):3-10.
3. Le LASER [Internet]. [cité 7 nov 2022]. Disponible sur: <http://monsieur.bareilles.free.fr/articles-apprenti-chercheur/article-laser/laser.htm>
4. cours\_laser.pdf [Internet]. [cité 13 nov 2022]. Disponible sur: [http://www.afhalifax.ca/magazine/wp-content/uploads/2017/02/cours\\_laser.pdf](http://www.afhalifax.ca/magazine/wp-content/uploads/2017/02/cours_laser.pdf)
5. HUGOWEB\_9\_Embryologie.pdf [Internet]. [cité 17 janv 2023]. Disponible sur: [https://extradoc.univ-nantes.fr/file.php/374/pdf/HUGOWEB\\_9\\_Embryologie.pdf](https://extradoc.univ-nantes.fr/file.php/374/pdf/HUGOWEB_9_Embryologie.pdf)
6. André P. Chapitre 1 - Embryologie de la peau.
7. Anatomie fonctionnelle de la peau - [Internet]. [cité 13 déc 2022]. Disponible sur: <https://microbiologiemedicale.fr/peau-anatomie/>
8. LA-PEAU.pdf [Internet]. [cité 17 janv 2023]. Disponible sur: <http://anatomie-fmpm.uca.ma/wp-content/uploads/2020/09/LA-PEAU.pdf>
9. Anatomie et physiologie de la peau : ce que cela signifie pour votre peau péristomiale | Hollister FR [Internet]. [cité 13 déc 2022]. Disponible sur: <https://www.hollister.fr/fr-fr/ostomycare/ostomylearningcenter/maintaininghealthyskin/skinanatomyandphysiology/whatitmeansforyourperistomalskin>
10. Prost-Squarcioni C. Histologie de la peau et des follicules pileux. médecine/sciences. févr 2006;22(2):131-7.
11. L'anatomie du poil [Internet]. La Station Beauté. [cité 14 nov 2022]. Disponible sur: <https://lastationbeaute.com/topic/lanatomie-du-poil/>
12. EMC\_E\_pilation\_laser.pdf [Internet]. [cité 8 nov 2022]. Disponible sur: [https://www.docteur-benhamou.com/Content/pdf/EMC\\_E\\_pilation\\_laser.pdf](https://www.docteur-benhamou.com/Content/pdf/EMC_E_pilation_laser.pdf)
13. Au Revoir Poil | Service Photoépilation [Internet]. [cité 14 nov 2022]. Disponible sur:

<https://www.aurevoirpoil.com/photoepilation>

14. L'épilation laser : que penser de la technologie "IPEEL" ? | AFME [Internet]. 2013 [cité 14 nov 2022]. Disponible sur: <https://www.afme.org/technologies/laser/lepilation-laser-penser-de-technologie-ipeel/>
15. Figure 6: Schéma des annexes de la peau : glandes sudorales eccrines... [Internet]. ResearchGate. [cité 13 déc 2022]. Disponible sur: [https://www.researchgate.net/figure/Schema-des-annexes-de-la-peau-glandes-sudorales-eccrines-et-apocrines-follicules\\_fig3\\_329207995](https://www.researchgate.net/figure/Schema-des-annexes-de-la-peau-glandes-sudorales-eccrines-et-apocrines-follicules_fig3_329207995)
16. graham. ANATOMIE ET PHYSIOLOGIE DE LA PEAU NORMALE [Internet]. SlideServe. 2013 [cité 17 janv 2023]. Disponible sur: <https://www.slideserve.com/graham/anatomie-et-physiologie-de-la-peau-normale>
17. INTERET D UN LASER CHIRURGICAL EN CLIENTELE CANINE - PDF Téléchargement Gratuit [Internet]. [cité 7 nov 2022]. Disponible sur: <https://docplayer.fr/2243337-Interet-d-un-laser-chirurgical-en-clientele-canine.html>
18. Image 1 Correspondance entre couleur et longueur d'onde dans le vide : - ppt télécharger [Internet]. [cité 13 nov 2022]. Disponible sur: <https://slideplayer.fr/slide/1818362/>
19. sabrina bramki. Interaction laser Nd-Yag pulsé –peau Application en dermatologie, Mémoire d'obtention du diplôme de magister en physique specialité rayonnement et application, Faculté des sciences exactes Université Mentouri de Constantine.
20. Delacretaz G. Les lasers médicaux Diplôme Inter-Universitaire Européen, document de synthèse. 2008.
21. FONCTIONNEMENT - LASER2015.COM [Internet]. [cité 13 nov 2022]. Disponible sur: <https://laser2015.weebly.com/fonctionnement.html>
22. L'émission stimulée - le LASER [Internet]. MAXICOURS. [cité 13 nov 2022]. Disponible sur: <https://www.maxicours.com/se/cours/l-emission-stimulee---le-laser/>
23. Schwob C, Julien L. Le laser : principe de fonctionnement. Reflets Phys. oct 2010;(21):12-6.

24. P.Thomas, P.Amblard. Photodermatologie et photothérapie. Masson. 1988.
25. Lasers-dermatologiques.pdf [Internet]. [cité 7 nov 2022]. Disponible sur: <http://anatomie-fmpm.uca.ma/wp-content/uploads/2020/09/Lasers-dermatologiques.pdf>
26. Mordon S. Différents types de lasers, sources de lumières disponibles. EMC - Cosmétologie Dermatol Esthét. janv 2006;1(1):1-11.
27. Laser Médicaux esthétiques Technologie Principales indications Protocoles. Congrès La Rochelle 2011 Philippe CADIC - PDF Téléchargement Gratuit [Internet]. [cité 7 nov 2022]. Disponible sur: <https://docplayer.fr/2243357-Laser-medicaux-esthetiques-technologie-principales-indications-protocoles-congres-la-rochelle-2011-philippe-cadic-pcadic-gmail.html>
28. Figure I-12 Schéma d'un laser solide Les photons effectuent des allers... [Internet]. ResearchGate. [cité 13 nov 2022]. Disponible sur: [https://www.researchgate.net/figure/12-Schema-dun-laser-solide-Les-photons-effectuent-des-allers-et-retours-au-sein-de-la\\_fig8\\_278638616](https://www.researchgate.net/figure/12-Schema-dun-laser-solide-Les-photons-effectuent-des-allers-et-retours-au-sein-de-la_fig8_278638616)
29. Laser - Page 1 LASER Introduction LASER : nom masculin, acronyme de l'anglais "Light Amplification - StuDocu [Internet]. [cité 7 nov 2022]. Disponible sur: <https://www.studocu.com/row/document/universite-de-monastir/biophysique/laser/16866035>
30. APPLICATION LASER EN MEDECINE - formation lasers médicaux [Internet]. [cité 8 nov 2022]. Disponible sur: <https://xn--formationlasersmdicaux-q8b.com/application-laser-en-medecine-3/>
31. Le laser et ses applications - ppt télécharger [Internet]. [cité 13 nov 2022]. Disponible sur: <https://slideplayer.fr/slide/1299228/>
32. BASES PHYSIQUES DES LASERS - formation lasers médicaux [Internet]. [cité 13 nov 2022]. Disponible sur: <https://xn--formationlasersmdicaux-q8b.com/bases-physiques-des-lasers/>
33. Masson E. Lasers pigmentaires et autres dispositifs polychromatiques [Internet]. EM-

- Consulte. [cité 8 nov 2022]. Disponible sur: <https://www.em-consulte.com/article/120781/lasers-pigmentaires-et-autres-dispositifs-polychro>
34. Les lasers en odontologie [Internet]. [cité 13 nov 2022]. Disponible sur: <https://www.lefildentaire.com/articles/pratique/au-fil-des-conferences/les-lasers-en-odontologie/>
  35. Mordon S. Applications médicales du laser. *Reflète Phys.* oct 2010;(21):65-9.
  36. Les lasers dermatologiques - PDF Free Download [Internet]. [cité 7 nov 2022]. Disponible sur: <https://docplayer.fr/7752580-Les-lasers-dermatologiques.html>
  37. L'interaction lasers - tissus vivants [Internet]. [cité 8 nov 2022]. Disponible sur: [http://www3.univ-lille2.fr/safelase/french/tiss\\_fr.html](http://www3.univ-lille2.fr/safelase/french/tiss_fr.html)
  38. partie\_2\_effets\_biologiques\_et\_applications\_biomedical\_du\_laser.pdf [Internet]. [cité 8 nov 2022]. Disponible sur: [http://staff.univ-batna2.dz/sites/default/files/titaouine\\_mohamed/files/parte\\_2\\_effets\\_biologiques\\_et\\_applications\\_biomedical\\_du\\_laser.pdf](http://staff.univ-batna2.dz/sites/default/files/titaouine_mohamed/files/parte_2_effets_biologiques_et_applications_biomedical_du_laser.pdf)
  39. Brunetaud JM, Mordon S, Desmettre T, Beacco C. Les applications thérapeutiques des lasers. In: *Les lasers et leurs applications scientifiques et médicales* [Internet]. Cargèse, France: EDP Sciences; 1996 [cité 8 nov 2022]. p. 523-46. Disponible sur: <http://sfo.edpsciences.org/10.1051/sfo/1996017>
  40. Céline. Photomodulation et régénération cellulaire LED Esthétique [Internet]. *Corpoderm Healthcare & Beauty*. [cité 13 nov 2022]. Disponible sur: <https://corpoderm.com/technologies-esthetiques/photomodulation-led-esthetique>
  41. Kanami Y V. *le laser en pratique médicale* éditions Masson. 1997.
  42. S.Mordon et al. «les quatre mécanismes d'interaction laser –tissus vivants» centre deslasers et de l'optonique de lille France.
  43. bouissou s, dahan s, dupin p. *les lasers en dermatologie*. paris, Arnette. 1992.
  44. levy J I. *lasers en dermatologie*. editions techniques. encyc med chirg. 1994.

45. Abouyaala S. Évaluation et indications des lasers pour les biopsies de la muqueuse buccale. :61.
46. Alexandrite E Monochromaticité, Bohr, Maiman, Louis de Broglie, Watt, Planck, Erbium:YAG imp. LASER ? Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation - ppt télécharger [Internet]. [cité 13 nov 2022]. Disponible sur: <https://slideplayer.fr/slide/14085654/>
47. view.pdf [Internet]. [cité 8 nov 2022]. Disponible sur: [https://dial.uclouvain.be/pr/boreal/object/boreal%3A260542/datastream/PDF\\_01/view](https://dial.uclouvain.be/pr/boreal/object/boreal%3A260542/datastream/PDF_01/view)
48. Depth of penetration by various lasers. (This figure was published in... | Download Scientific Diagram [Internet]. [cité 13 nov 2022]. Disponible sur: [https://www.researchgate.net/figure/Depth-of-penetration-by-various-lasers-This-figure-was-published-in-Dermatology\\_fig2\\_258502077](https://www.researchgate.net/figure/Depth-of-penetration-by-various-lasers-This-figure-was-published-in-Dermatology_fig2_258502077)
49. Les lasers médicaux et leurs accessoires [Internet]. [cité 8 nov 2022]. Disponible sur: [http://www3.univ-lille2.fr/safelase/french/laser\\_fr.html](http://www3.univ-lille2.fr/safelase/french/laser_fr.html)
50. Formation fibres optiques et lasers à fibre [Internet]. PYLA - Centre de formation. 2018 [cité 13 nov 2022]. Disponible sur: <https://pyla-formation.com/fibres-optiques-et-lasers-a-fibre/>
51. Guide d'ondes creux en silice à faisceau de visée – DeviceMed.fr [Internet]. [cité 13 nov 2022]. Disponible sur: <https://www.devicemed.fr/dossiers/composants-oem/guide-dondes-creux-en-silice-a-faisceau-de-visee/2391>
52. Classification de pointeurs laser - Connaissance article laser [Internet]. [cité 19 nov 2022]. Disponible sur: <https://www.laserpuissant.com/article-6.html>
53. classe laser - shopsale.storesonline2022.ru [Internet]. [cité 19 nov 2022]. Disponible sur: <https://shopsale.storesonline2022.ru/category?name=classe%20laser>
54. Le risque laser [Internet]. studylibfr.com. [cité 19 nov 2022]. Disponible sur: <https://studylibfr.com/doc/5571401/le-risque-laser>
55. OPI\_fr\_M01\_C02.pdf [Internet]. [cité 19 nov 2022]. Disponible sur: <http://www.optique->

ingenieur.org/fr/cours/pdf/OPI\_fr\_M01\_C02.pdf

56. Auger Y, Scarfone S. 1re édition • novembre 2019. :82.
57. Nouri K, Vejjabhinanta V, Patel SS, Singh A. Photoepilation: a growing trend in laser-assisted cosmetic dermatology. *J Cosmet Dermatol*. mars 2008;7(1):61-7.
58. Catoni I, Manciet JR. Épilation par lasers et lampes. *Ann Dermatol Vénéréologie*. oct 2020;147(10):681-92.
59. Hovenic W, DeSpain J. Laser Hair Reduction and Removal. *Facial Plast Surg Clin N Am*. mai 2011;19(2):325-33.
60. hassane tazi. Epilation au Laser [Internet]. 16:56:21 UTC [cité 8 nov 2022]. Disponible sur: [https://fr.slideshare.net/elhassanetazi/epilation-au-laser?from\\_action=save](https://fr.slideshare.net/elhassanetazi/epilation-au-laser?from_action=save)
61. Épilation durable et les lumières intenses pulsées Nd:YAG - LASERA - La Beauté au Naturel [Internet]. 2009 [cité 14 nov 2022]. Disponible sur: <https://lasera.ch/epilation-durable/>
62. Épilation laser et lampe flash - LASERA - La Beauté au Naturel [Internet]. 2010 [cité 14 nov 2022]. Disponible sur: <https://lasera.ch/epilation-lasers-lampes-flash/>
63. folliculaires DTFP Ostium. Prise en charge par laser des cicatrices - ppt télécharger [Internet]. [cité 9 nov 2022]. Disponible sur: <https://slideplayer.fr/slide/12280698/>
64. Fusade T. Prise en charge des cicatrices par laser. *Rev Francoph Cicatrisation*. juill 2018;2(3):40-3.
65. Parrett BM, Donelan MB. Pulsed dye laser in burn scars: Current concepts and future directions. *Burns*. juin 2010;36(4):443-9.
66. Moustaide K, Nassiri A, Aqil N, BayBay H, Gallouj S, Mernissi FZ. Traitement des cicatrices chéloïdes et hypertrophiques par le protocole laser CO2 fractionné et clobéatasol. *Ann Dermatol Vénéréologie*. déc 2016;143(12):S402.
67. Alexiades-Armenakas MR, Bernstein LJ, Friedman PM, Geronemus RG. The Safety and Efficacy of the 308-nm Excimer Laser for Pigment Correction of Hypopigmented Scars

- and Striae Alba. Arch Dermatol [Internet]. 1 août 2004 [cité 9 nov 2022];140(8). Disponible sur: <http://archderm.jamanetwork.com/article.aspx?doi=10.1001/archderm.140.8.955>
68. Schmidt M, Serror K, Chaouat M, Mimoun M, Boccara D. Prise en charge des cicatrices hypopigmentées post-brûlure. Ann Chir Plast Esthét. juin 2018;63(3):246-54.
  69. Laubach HJ. Fractional Photothermolysis for Involved Infantile Hemangioma. Arch Dermatol. 1 juill 2009;145(7):748.
  70. Conologue TD, Norwood C. Treatment of Surgical Scars with the Cryogen-Cooled 595 nm Pulsed Dye Laser Starting on the Day of Suture Removal: TREATING SURGICAL SCARS WITH PULSED DYE LASER. Dermatol Surg. 28 juin 2008;32(1):13-20.
  71. Debbarih FZ, Baybay H, Gallouj S, Mernissi FZ. Place du laser colorant pulsé dans la prise en charge des cicatrices postopératoires. Expérience du service de dermatologie au CHU de Fès. Ann Dermatol Vénérologie. déc 2014;141(12):S332-3.
  72. Passeron T, Toubel G. Lasers pigmentaires. Ann Dermatol Vénérologie. oct 2009;136:S325-9.
  73. Todd MM, Rallis TM, Gerwels JW, Hata TR. A Comparison of 3 Lasers and Liquid Nitrogen in the Treatment of Solar Lentigines: A Randomized, Controlled, Comparative Trial. Arch Dermatol [Internet]. 1 juill 2000 [cité 10 nov 2022];136(7). Disponible sur: <http://archderm.jamanetwork.com/article.aspx?doi=10.1001/archderm.136.7.841>
  74. laser T des lésions pigmentaires par. Traitement des lésions pigmentaires par laser [Internet]. [cité 10 nov 2022]. Disponible sur: [http://www.votredermato.com/fr/traitement\\_des\\_lesions\\_pigmentaires\\_par\\_laser\\_.html](http://www.votredermato.com/fr/traitement_des_lesions_pigmentaires_par_laser_.html)
  75. Watanabe S, Nakai K, Ohnishi T. Condition Known as “Dark Rings Under the Eyes” in the Japanese Population is a Kind of Dermal Melanocytosis Which can be Successfully Treatedby Q-Switched Ruby Laser: DARK RINGS SUCCESSFULLY TREATED BY QSRL. Dermatol Surg. 7 juin 2006;32(6):785-9.
  76. Les traitements laser en dermatologie pédiatrique [Internet]. Revue Medicale Suisse. [cité

- 10 nov 2022]. Disponible sur: <https://www.revmed.ch/revue-medicale-suisse/2014/revue-medicale-suisse-424/les-traitements-laser-en-dermatologie-pediatrique>
77. Grevelink JM, González S, Bonoan R, Vibhagool C, Gonzalez E. Treatment of Nevus Spilus with the Q-switched Ruby Laser: *Dermatol Surg.* mai 1997;23(5):365-9.
  78. Passeron T. Lasers. *Ann Dermatol Vénéréologie.* nov 2012;139:S108-14.
  79. Kono T, Chan HHL, Erçöçen AR, Kikuchi Y, Uezono S, Iwasaka S, et al. Use of Q-switched ruby laser in the treatment of nevus of ota in different age groups: USE OF QSRL IN THE TREATMENT OF NEVUS OF OTA. *Lasers Surg Med.* juin 2003;32(5):391-5.
  80. Kato S, Takeyama J, Tanita Y, Ebina K. Ruby laser therapy for labial lentigines in Peutz-Jeghers syndrome. *Eur J Pediatr.* 27 juill 1998;157(8):622-4.
  81. Lasers pigmentaires et détatouage picoseconde - Laserdermato [Internet]. 2014 [cité 14 nov 2022]. Disponible sur: <https://laserdermato.ch/lasers-pigmentaires-geneve/>
  82. LaseMD Ultra : un laser intelligent optimisé pour tous les patients [Internet]. [cité 14 nov 2022]. Disponible sur: <https://www.dr-kron.com/peau/lasemd-ultra/>
  83. Karrer S. Amiodarone-Induced Pigmentation Resolves After Treatment With the Q-Switched Ruby Laser. *Arch Dermatol.* 1 mars 1999;135(3):251.
  84. Alster TS, Gupta SN. Minocycline-Induced Hyperpigmentation Treated with a 755-nm Q-Switched Alexandrite Laser. *Dermatol Surg.* sept 2004;30(9):1201-4.
  85. Noordzij MJ, van den Broecke DG, Alting MC, Kon M. Ruby Laser Treatment of Congenital Melanocytic Nevi: A Review of the Literature and Report of Our Own Experience: *Plast Reconstr Surg.* sept 2004;114(3):660-7.
  86. Michel JL, Caillet-Chomel L. Traitement par laser CO2 superpulsé des nævus congénitaux géants. *Arch Pédiatrie.* nov 2001;8(11):1185-94.
  87. Bucher M, Miles A, Lévy JL. Déatouage au laser: le remord dans la peau. *Praxis.* 1 janv 2018;107:153-7.
  88. Schönewolf N, Rümmelein B, BogdanAllemann I, Dummer R. Les tatouages et comment

- s'en débarrasser. Forum Méd Suisse – Swiss Med Forum [Internet]. 12 mai 2010 [cité 10 nov 2022];10(19). Disponible sur: <https://doi.emh.ch/fms.2010.07173>
89. Perrillat Y, Mazer JM, Magis M. Tatouages et laser : proposer, disposer, gérer. *Ann Dermatol Vénérologie*. juin 2015;142(6-7):S329.
  90. Landuyt V. Tatouages : comment les effacer ? 2013;5.
  91. Dé-tatouage : Technologie laser PICOSURE révolutionnaire. Retirer, enlever et effacer vos tatouages avec nos dermatologues. [Internet]. [cité 16 nov 2022]. Disponible sur: <http://www.doctatoo.fr/detatouage-laser-picosure.php>
  92. Wang CC, Huang CL, Lee SC, Sue YM, Leu FJ. Treatment of cosmetic tattoos with nonablative fractional laser in an animal model: A novel method with histopathologic evidence. *Lasers Surg Med*. févr 2013;45(2):116-22.
  93. Mao JC, DeJoseph LM. Latest Innovations for Tattoo and Permanent Makeup Removal. *Facial Plast Surg Clin N Am*. mai 2012;20(2):125-34.
  94. Epilation laser Angers [Internet]. Centre Dermatologique de l'Anjou. [cité 16 nov 2022]. Disponible sur: <https://laser-esthetique-angers.fr/detatouage/>
  95. Dé-tatouage laser - Centre Laser Esthétique de Caen [Internet]. [cité 16 nov 2022]. Disponible sur: <http://centrelasercaen.com/detatouage-laser/>
  96. Larrouy JC. Risques induits par le dé-tatouage au laser (encres, lasers, nanoparticules). *Ann Dermatol Vénérologie*. juin 2015;142(6-7):S359.
  97. Labau D, Cadic P, Ouroussoff G, Ligeron C, Laroche JP, Guillot B, et al. Indications thérapeutiques du laser percutané dans les malformations vasculaires et les tumeurs vasculaires. *J Mal Vasc*. déc 2014;39(6):363-72.
  98. Michaud T. Lasers vasculaires. *Ann Dermatol Vénérologie*. oct 2009;136:S320-4.
  99. Lecocq C, Pirard D. L'utilisation des lasers en dermatologie. *Rev Med Brux*. 2013;8.
  100. Katugampola GA, Lanigan SW. Five years' experience of treating port wine stains with the flashlamp-pumped pulsed dye laser. *Br J Dermatol*. nov 1997;137(5):750-4.

101. Stier MF, Glick SA, Hirsch RJ. Laser treatment of pediatric vascular lesions: Port wine stains and hemangiomas. *J Am Acad Dermatol*. févr 2008;58(2):261-85.
102. Angiome plan du bébé , bis | journal d'une naturopathe [Internet]. [cité 16 nov 2022]. Disponible sur: <https://journaldunenaturopathe.com/2014/06/11/angiome-plan-du-bebe-bis/>
103. Taïeb A, Labrèze C, Depaire F. Place du laser à colorant pulsé dans le traitement des angiomes de l'enfant. *Arch Pédiatrie*. janv 1995;2:S74-5.
104. Taïeb A, Labrèze C, Depaire F. Place du laser à colorant pulsé dans le traitement des angiomes de l'enfant. *Arch Pédiatrie*. janv 1995;2:S74-5.
105. Traitement laser des lésions vasculaires bénignes : angiomes stellaires, tâches rubis, lac veineux - Dermo Laser Lyon [Internet]. [cité 16 nov 2022]. Disponible sur: <https://www.dermo-laser-lyon.fr/traitement-laser-lesions-vasculaires-benignes-lyon/>
106. Poetke M, Philipp C, Berlien HP. Flashlamp-Pumped Pulsed Dye Laser for Hemangiomas in Infancy: Treatment of Superficial vs Mixed Hemangiomas. *Arch Dermatol* [Internet]. 1 mai 2000 [cité 13 nov 2022];136(5). Disponible sur: <http://archderm.jamanetwork.com/article.aspx?doi=10.1001/archderm.136.5.628>
107. Dover JS, Arndt KA. New approaches to the treatment of vascular lesions. *Lasers Surg Med*. 2000;26(2):158-63.
108. Dahan S. Prise en charge par laser et lampes pulsées de la couperose et de la rosacée. *Ann Dermatol Vénérologie*. sept 2011;138:S167-70.
109. traitements R du visage et du cou couperose, erythrocouperose, erythro couperose : les. Rougeurs du visage et du cou, couperose, erythrocouperose, erythro-couperose : les traitements [Internet]. [cité 10 nov 2022]. Disponible sur: [http://www.votredermato.com/fr/rougeurs\\_du\\_visage\\_et\\_du\\_cou\\_couperose\\_erythrocouperose\\_les\\_traitements.html](http://www.votredermato.com/fr/rougeurs_du_visage_et_du_cou_couperose_erythrocouperose_les_traitements.html)
110. La couperose au visage : quel traitement pour la rosacée ? [Internet]. [cité 10 nov 2022]. Disponible sur: <https://www.bioderma.fr/votre-peau/peau-sensible/peau-avec-rougeurs-et->

vaisseaux-apparents/la-couperose-au-visage-quel-traitement-pour-la-rosacee

111. Traitement de l'érythrose, de la couperose et de la rosacée par laser [Internet]. Dermo Laser Lyon. 2020 [cité 10 nov 2022]. Disponible sur: <https://www.dermo-laser-lyon.fr/traitement-erythrosc-couperose-rosacee-laser-lyon/>
112. Le laser pour traiter couperose, érythrose et taches rouges [Internet]. 2019 [cité 10 nov 2022]. Disponible sur: <https://www.afme.org/actes-me/visage-actes-me/laser-et-couperose/>
113. Ross EV, Domankevitz Y. Laser treatment of leg veins: Physical mechanisms and theoretical considerations. *Lasers Surg Med.* févr 2005;36(2):105-16.
114. Traitement des varicosités des membres inférieurs au laser [Internet]. Dermo Laser Lyon. 2020 [cité 10 nov 2022]. Disponible sur: <https://www.dermo-laser-lyon.fr/traitement-varicosites-des-membres-inferieurs-laser-lyon/>
115. Cassuto DA, Ancona DM, Emanuelli G. Treatment of facial telangiectasias with a diode-pumped Nd:YAG laser at 532nm. *J Cutan Laser Ther.* janv 2000;2(3):141-6.
116. Omi T, Numano K. The Role of the CO2 Laser and Fractional CO2 Laser in Dermatology. *LASER Ther.* 2014;23(1):49-60.
117. Beylot C, Grogard C, Michaud T. Lasers ablatifs et lasers fractionnels. *Ann Dermatol Vénéréologie.* oct 2009;136:S311-9.
118. Orringer JS, Kang S, Johnson TM, Karimipour DJ, Hamilton T, Hammerberg C, et al. Connective Tissue Remodeling Induced by Carbon Dioxide Laser Resurfacing of Photodamaged Human Skin. *Arch Dermatol* [Internet]. 1 nov 2004 [cité 13 nov 2022];140(11). Disponible sur: <http://archderm.jamanetwork.com/article.aspx?doi=10.1001/archderm.140.11.1326>
119. Railan D, Kilmer S. Ablative treatment of photoaging. *Dermatol Ther.* mai 2005;18(3):227-41.
120. El-Domyati M, Abd-El-Raheem T, Abdel-Wahab H, Medhat W, Hosam W, El-Fakahany H, et al. Fractional versus ablative erbium:yttrium-aluminum-garnet laser resurfacing for

- facial rejuvenation: An objective evaluation. *J Am Acad Dermatol.* janv 2013;68(1):103-12.
121. Tarijian A 1., Goldberg DJ. Fractional ablative laser skin resurfacing: A review. *J Cosmet Laser Ther.* déc 2011;13(6):262-4.
122. Alexiades-Armenakas MR, Dover JS, Arndt KA. The spectrum of laser skin resurfacing: Nonablative, fractional, and ablative laser resurfacing. *J Am Acad Dermatol.* mai 2008;58(5):719-37.
123. Jih MH, Kimyai-Asadi A. Fractional Photothermolysis: A Review and Update. *Semin Cutan Med Surg.* mars 2008;27(1):63-71.
124. Berson DS, Boulinguez S. Place des traitements à base de lumière dans l'acné. *Ann Dermatol Vénéréologie.* nov 2010;137:S72-5.
125. Laser CO2 fractionné [Internet]. LAZEO. [cité 13 nov 2022]. Disponible sur: <https://www.lazeo.com/traitements/laser-co2-fractionne/>
126. Cohen SR, Henssler C, Johnston J. Fractional Photothermolysis for Skin Rejuvenation: *Plast Reconstr Surg.* juill 2009;124(1):281-90.
127. Rokhsar CK, Fitzpatrick RE. The Treatment of Melasma with Fractional Photothermolysis: A Pilot Study. *Dermatol Surg.* déc 2005;31(12):1645-50.
128. Waibel J, Beer K. Ablative Fractional Laser Resurfacing for the Treatment of a Third-degree Burn. 2009;8(3):4.
129. Chapas AM, Brightman L, Sukal S, Hale E, Daniel D, Bernstein LJ, et al. Successful treatment of acneiform scarring with CO<sub>2</sub> ablative fractional resurfacing. *Lasers Surg Med.* août 2008;40(6):381-6.
130. Graber EM, Tanzi EL, Alster TS. Side Effects and Complications of Fractional Laser Photothermolysis: Experience with 961 Treatments. *Dermatol Surg.* mars 2008;34(3):301-7.
131. Fife DJ, Fitzpatrick RE, Zachary CB. Complications of fractional CO<sub>2</sub> laser resurfacing: Four cases: COMPLICATIONS OF CO<sub>2</sub> LASER RESURFACING. *Lasers Surg Med.*

- mars 2009;41(3):179-84.
132. Avram MM, Tope WD, Yu T, Szachowicz E, Nelson JS. Hypertrophic scarring of the neck following ablative fractional carbon dioxide laser resurfacing: ABLATIVE FRACTIONAL CO<sub>2</sub> LASER RESURFACING. *Lasers Surg Med.* mars 2009;41(3):185-8.
133. admin. Bronzage : quel est mon phototype ? [Internet]. Pensées de Ronde. 2022 [cité 17 janv 2023]. Disponible sur: <https://www.penseesderonde.fr/bronzagen-phototype/>
134. Laser anticellulite : effets et prix - Ooreka [Internet]. [cité 16 nov 2022]. Disponible sur: <https://cellulite.ooreka.fr/comprendre/laser>
135. Laplumewriting P. Le laser : la nouvelle révolution anti-cellulite ? - Cellubluie [Internet]. 2020 [cité 16 nov 2022]. Disponible sur: <https://www.cellubluie.com/blog/fr/le-laser-la-nouvelle-revolution-anticellulite/>
136. Le laser pour faire disparaître les vergetures | Docteur Hosana [Internet]. [cité 16 nov 2022]. Disponible sur: <https://www.docteur-hosana.com/laser-vergetures>
137. Traitement des vergetures [Internet]. Centre Marceau Paris. [cité 16 nov 2022]. Disponible sur: <https://centremarceau.com/medecine-esthetique/les-traitements-au-laser/traitement-des-vergetures/>
138. Faire disparaître les vergetures avec le laser, le peeling ou la mésothérapie [Internet]. Dr Paraskevov. [cité 16 nov 2022]. Disponible sur: <https://www.dr-paraskevov.fr/attentes-esthetiques/faire-disparaitre-les-vergetures/>
139. Vergetures [Internet]. Dermo Laser Strasbourg. 2020 [cité 19 nov 2022]. Disponible sur: <https://www.dermo-laser-strasbourg.fr/vergetures-laser-strasbourg/>
140. Mordon S. LE TRAITEMENT DU PSORIASIS PAR LASER EXCIMERE. 16 nov 2022;
141. Traitement du Psoriasis au laser [Internet]. Alfa Laser Center. [cité 19 nov 2022]. Disponible sur: <https://alfa-laser.com/lesions-taches/traitement-du-psoriasis-au-laser/>
142. Naouri M, Mazer JM. Traitement d'une onychomycose digitale à *Candida tropicalis* par laser Nd:Yag Short Pulse. *Ann Dermatol Vénéréologie.* oct 2013;140(10):610-3.

143. Kimura U, Takeuchi K, Kinoshita A, Takamori K, Hiruma M, Suga Y. Treating Onychomycoses of the Toenail: Clinical Efficacy of the Sub-Millisecond 1,064 nm Nd:YAG Laser Using a 5 mm Spot Diameter. 2012;11(4):9.
144. 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 Dermatol Treat. 1 août 2014;25(4):294-7.
145. Roy-Geffroy DB. CONTACT ORGANISATION / INSCRIPTIONS JDIP 2013. :36.
146. Traitement Laser contre les Onychomycoses - Doeblé [Internet]. [cité 19 nov 2022]. Disponible sur: <https://www.podologue-doeble.lu/fr-FR/Page/Traitement-Laser-contre-les-Onychomycoses>

## *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 l'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'interposera 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.*

# قسم أبقراط

بسم الله الرحمن الرحيم

أقسم بالله العظيم

في هذه اللحظة التي يتم فيها قبولي عضواً في المهنة الطبية أتعهد علانية:

- < بأن أكرس حياتي لخدمة الإنسانية .
  - < وأن أحترم أساتذتي وأعترف لهم بالجهد العظيم الذي يستحقونه .
  - < وأن أمارس مهنتي بواجب من ضميري وشرعية في جلاء صحة مريض هدي في الأول .
  - < وأن لا أفشي الأسرار المعهودة إلي .
  - < وأن أحافظ بكل ما لدي من وسائل على الشرف والتقاليد النبيلة لمهنة الطب .
  - < وأن أعتبر سائر الأطباء 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 .
  - < وأن لا أستعمل معلوماتي الطبية بطرق يضر بحقوق الإنسان مهما لاقيت من تهديد .
  - < بكل هذا أتعهد عن كامل اختياري ومقسماً بالله .
- والله على ما أقول شهيد .



المملكة المغربية  
جامعة محمد الخامس بالرباط  
كلية الطب والصيدلة  
الرباط



سنة : 2023

رقم الأطروحة: 087

## استخدام الليزر في الجراحة التجميلية

أطروحة

قدمت ونوقشت علانية يوم: / / 2023

من طرف

**السيدة كوثر ضياء**

المزداة في : 02 شتنبر 1996 بالرباط

**لنيل شهادة**

**دكتور في الطب**

الكلمات الأساسية: الليزر، الليزر الوعائي ، الليزر الصباغ ، الليزر الاستتصالي ، الليزر الزهري.

أعضاء لجنة التحكيم:

رئيس	السيد عبد الله عباسي أستاذ في الجراحة التقيومية والتجميلية
مشرف	السيد جواد حفيدي أستاذ في علم التشريح
عضو	السيد سمير المعزوز أستاذ في الجراحة التجميلية والتقيومية
عضو	السيد نورالدين غريب أستاذ في الجراحة التجميلية والتقيومية