

Université de Lille  
Année Universitaire 2023/2024

Faculté de Pharmacie de Lille



# THESE POUR LE DIPLOME D'ETAT DE DOCTEUR EN PHARMACIE

Soutenue publiquement le 13/09/2024  
Par Mme Camille LACROIX

---

**Lasers en lumière : Fondations, place thérapeutique,  
applications cliniques et esthétiques en dermatologie**

**Quelle est la place des lasers dans le parcours de  
soins en dermatologie et comment ces technologies  
révolutionnent-elles la prise en charge médicale et  
esthétique des patients ?**

---

**Membres du jury :**

**Président :** Sergheraert Eric , Doctorat de Pharmacie et Doctorat de Droit,  
Professeur à l'Université de Lille.

**Directeur, conseiller de thèse :** Pinçon Claire , Doctorat de Statistique, Maître de  
conférences à l'Université de Lille.

**Assesseur :** Levasseur Maxime , Pharmacien titulaire dans la Pharmacie de la  
Nouvelle Aventure à Lille.

## Faculté de Pharmacie de Lille

3, rue du Professeur Laguesse - B.P. 83 - 59006 LILLE CEDEX

Tel. : 03.20.96.40.40 - Télécopie : 03.20.96.43.64

<https://pharmacie.univ-lille.fr>

### Université de Lille

Président  
Premier Vice-président  
Vice-présidente Formation  
Vice-président Recherche  
Vice-présidente Réseaux internationaux et européens  
Vice-président Ressources humaines  
Directrice Générale des Services

Régis BORDET  
Etienne PEYRAT  
Christel BEAUCOURT  
Olivier COLOT  
Kathleen O'CONNOR  
Jérôme FONCEL  
Marie-Dominique SAVINA

### UFR3S

Doyen  
Premier Vice-Doyen  
Vice-Doyen Recherche  
Vice-Doyen Finances et Patrimoine  
Vice-Doyen Coordination pluriprofessionnelle et Formations sanitaires  
Vice-Doyen RH, SI et Qualité  
Vice-Doyenne Formation tout au long de la vie  
Vice-Doyen Territoires-Partenariats  
Vice-Doyenne Vie de Campus  
Vice-Doyen International et Communication  
Vice-Doyen étudiant

Dominique LACROIX  
Guillaume PENEL  
Éric BOULANGER  
Damien CUNY  
Sébastien D'HARANCY  
Hervé HUBERT  
Caroline LANIER  
Thomas MORGENROTH  
Claire PINÇON  
Vincent SOBANSKI  
Dorian QUINZAIN

### Faculté de Pharmacie

Doyen  
Premier Assesseur et Assesseur en charge des études  
Assesseur aux Ressources et Personnels  
Assesseur à la Santé et à l'Accompagnement  
Assesseur à la Vie de la Faculté  
Responsable des Services  
Représentant étudiant

Delphine ALLORGE  
Benjamin BERTIN  
Stéphanie DELBAERE  
Anne GARAT  
Emmanuelle LIPKA  
Cyrille PORTA  
Honoré GUISE

**Professeurs des Universités - Praticiens Hospitaliers (PU-PH)**

Civ.	Nom	Prénom	Service d'enseignement	Section CNU
Mme	ALLORGE	Delphine	Toxicologie et Santé publique	81
M.	BROUSSEAU	Thierry	Biochimie	82
M.	DÉCAUDIN	Bertrand	Biopharmacie, Pharmacie galénique et hospitalière	81
M.	DINE	Thierry	Pharmacologie, Pharmacocinétique et Pharmacie clinique	81
Mme	DUPONT-PRADO	Annabelle	Hématologie	82
Mme	GOFFARD	Anne	Bactériologie - Virologie	82
M.	GRESSIER	Bernard	Pharmacologie, Pharmacocinétique et Pharmacie clinique	81
M.	ODOU	Pascal	Biopharmacie, Pharmacie galénique et hospitalière	80
Mme	POULAIN	Stéphanie	Hématologie	82
M.	SIMON	Nicolas	Pharmacologie, Pharmacocinétique et Pharmacie clinique	81
M.	STAELS	Bart	Biologie cellulaire	82

**Professeurs des Universités (PU)**

Civ.	Nom	Prénom	Service d'enseignement	Section CNU
M.	ALIOUAT	El Moukhtar	Parasitologie - Biologie animale	87
Mme	AZAROUAL	Nathalie	Biophysique - RMN	85
M.	BLANCHEMAIN	Nicolas	Pharmacotechnie industrielle	85
M.	CARNOY	Christophe	Immunologie	87
M.	CAZIN	Jean-Louis	Pharmacologie, Pharmacocinétique et Pharmacie clinique	86
M.	CHAVATTE	Philippe	Institut de Chimie Pharmaceutique Albert Lespagnol	86
M.	COURTECUISSÉ	Régis	Sciences végétales et fongiques	87
M.	CUNY	Damien	Sciences végétales et fongiques	87
Mme	DELBAERE	Stéphanie	Biophysique - RMN	85
Mme	DEPREZ	Rebecca	Chimie thérapeutique	86
M.	DEPREZ	Benoît	Chimie bioinorganique	85

M.	DUPONT	Frédéric	Sciences végétales et fongiques	87
M.	DURIEZ	Patrick	Physiologie	86
M.	ELATI	Mohamed	Biomathématiques	27
M.	FOLIGNÉ	Benoît	Bactériologie - Virologie	87
Mme	FOULON	Catherine	Chimie analytique	85
M.	GARÇON	Guillaume	Toxicologie et Santé publique	86
M.	GOOSSENS	Jean-François	Chimie analytique	85
M.	HENNEBELLE	Thierry	Pharmacognosie	86
M.	LEBEGUE	Nicolas	Chimie thérapeutique	86
M.	LEMDANI	Mohamed	Biomathématiques	26
Mme	LESTAVEL	Sophie	Biologie cellulaire	87
Mme	LESTRELIN	Réjane	Biologie cellulaire	87
Mme	MELNYK	Patricia	Chimie physique	85
M.	MILLET	Régis	Institut de Chimie Pharmaceutique Albert Lespagnol	86
Mme	MUHR-TAILLEUX	Anne	Biochimie	87
Mme	PERROY	Anne-Catherine	Droit et Economie pharmaceutique	86
Mme	ROMOND	Marie-Bénédicte	Bactériologie - Virologie	87
Mme	SAHPAZ	Sevser	Pharmacognosie	86
M.	SERGHERAERT	Éric	Droit et Economie pharmaceutique	86
M.	SIEPMANN	Juergen	Pharmacotechnie industrielle	85
Mme	SIEPMANN	Florence	Pharmacotechnie industrielle	85
M.	WILLAND	Nicolas	Chimie organique	86

### Maîtres de Conférences - Praticiens Hospitaliers (MCU-PH)

Civ.	Nom	Prénom	Service d'enseignement	Section CNU
M.	BLONDIAUX	Nicolas	Bactériologie - Virologie	82
Mme	DEMARET	Julie	Immunologie	82
Mme	GARAT	Anne	Toxicologie et Santé publique	81
Mme	GENAY	Stéphanie	Biopharmacie, Pharmacie galénique et hospitalière	81
M.	LANNOY	Damien	Biopharmacie, Pharmacie galénique et hospitalière	80
Mme	ODOU	Marie-Françoise	Bactériologie - Virologie	82

### Maîtres de Conférences des Universités (MCU)

Civ.	Nom	Prénom	Service d'enseignement	Section CNU
M.	AGOURIDAS	Laurence	Chimie thérapeutique	85
Mme	ALIOUAT	Cécile-Marie	Parasitologie - Biologie animale	87
M.	ANTHÉRIEU	Sébastien	Toxicologie et Santé publique	86
Mme	AUMERCIER	Pierrette	Biochimie	87
M.	BANTUBUNGI-BLUM	Kadiombo	Biologie cellulaire	87
Mme	BARTHELEMY	Christine	Biopharmacie, Pharmacie galénique et hospitalière	85
Mme	BEHRA	Josette	Bactériologie - Virologie	87
M.	BELARBI	Karim-Ali	Pharmacologie, Pharmacocinétique et Pharmacie clinique	86
M.	BERTHET	Jérôme	Biophysique - RMN	85
M.	BERTIN	Benjamin	Immunologie	87
M.	BOCHU	Christophe	Biophysique - RMN	85
M.	BORDAGE	Simon	Pharmacognosie	86
M.	BOSC	Damien	Chimie thérapeutique	86
M.	BRIAND	Olivier	Biochimie	87
Mme	CARON-HOUDE	Sandrine	Biologie cellulaire	87
Mme	CARRIÉ	Hélène	Pharmacologie, Pharmacocinétique et Pharmacie clinique	86
Mme	CHABÉ	Magali	Parasitologie - Biologie animale	87

Mme	CHARTON	Julie	Chimie organique	86
M.	CHEVALIER	Dany	Toxicologie et Santé publique	86
Mme	DANEL	Cécile	Chimie analytique	85
Mme	DEMANCHE	Christine	Parasitologie - Biologie animale	87
Mme	DEMARQUILLY	Catherine	Biomathématiques	85
M.	DHIFLI	Wajdi	Biomathématiques	27
Mme	DUMONT	Julie	Biologie cellulaire	87
M.	EL BAKALI	Jamal	Chimie thérapeutique	86
M.	FARCE	Amaury	Institut de Chimie Pharmaceutique Albert Lespagnol	86
M.	FLIPO	Marion	Chimie organique	86
M.	FURMAN	Christophe	Institut de Chimie Pharmaceutique Albert Lespagnol	86
M.	GERVOIS	Philippe	Biochimie	87
Mme	GOOSSENS	Laurence	Institut de Chimie Pharmaceutique Albert Lespagnol	86
Mme	GRAVE	Béatrice	Toxicologie et Santé publique	86
Mme	GROSS	Barbara	Biochimie	87
M.	HAMONIER	Julien	Biomathématiques	26
Mme	HAMOUDI-BEN YELLES	Chérifa-Mounira	Pharmacotechnie industrielle	85
Mme	HANNOTHIAUX	Marie-Hélène	Toxicologie et Santé publique	86
Mme	HELLEBOID	Audrey	Physiologie	86
M.	HERMANN	Emmanuel	Immunologie	87
M.	KAMBIA KPAKPAGA	Nicolas	Pharmacologie, Pharmacocinétique et Pharmacie clinique	86
M.	KARROUT	Younes	Pharmacotechnie industrielle	85
Mme	LALLOYER	Fanny	Biochimie	87
Mme	LECOEUR	Marie	Chimie analytique	85
Mme	LEHMANN	Hélène	Droit et Economie pharmaceutique	86
Mme	LELEU	Natascha	Institut de Chimie Pharmaceutique Albert Lespagnol	86
Mme	LIPKA	Emmanuelle	Chimie analytique	85

Mme	LOINGEVILLE	Florence	Biomathématiques	26
Mme	MARTIN	Françoise	Physiologie	86
M.	MOREAU	Pierre-Arthur	Sciences végétales et fongiques	87
M.	MORGENROTH	Thomas	Droit et Economie pharmaceutique	86
Mme	MUSCHERT	Susanne	Pharmacotechnie industrielle	85
Mme	NIKASINOVIC	Lydia	Toxicologie et Santé publique	86
Mme	PINÇON	Claire	Biomathématiques	85
M.	PIVA	Frank	Biochimie	85
Mme	PLATEL	Anne	Toxicologie et Santé publique	86
M.	POURCET	Benoît	Biochimie	87
M.	RAVAUX	Pierre	Biomathématiques / Innovations pédagogiques	85
Mme	RAVEZ	Séverine	Chimie thérapeutique	86
Mme	RIVIÈRE	Céline	Pharmacognosie	86
M.	ROUMY	Vincent	Pharmacognosie	86
Mme	SEBTI	Yasmine	Biochimie	87
Mme	SINGER	Elisabeth	Bactériologie - Virologie	87
Mme	STANDAERT	Annie	Parasitologie - Biologie animale	87
M.	TAGZIRT	Madjid	Hématologie	87
M.	VILLEMAGNE	Baptiste	Chimie organique	86
M.	WELTI	Stéphane	Sciences végétales et fongiques	87
M.	YOUS	Saïd	Chimie thérapeutique	86
M.	ZITOUNI	Djamel	Biomathématiques	85

### Professeurs certifiés

Civ.	Nom	Prénom	Service d'enseignement
Mme	FAUQUANT	Soline	Anglais
M.	HUGES	Dominique	Anglais
M.	OSTYN	Gaël	Anglais

### Professeurs Associés

Civ.	Nom	Prénom	Service d'enseignement	Section CNU
M.	DAO PHAN	Haï Pascal	Chimie thérapeutique	86
M.	DHANANI	Alban	Droit et Economie pharmaceutique	86

### Maîtres de Conférences Associés

Civ.	Nom	Prénom	Service d'enseignement	Section CNU
Mme	CUCCHI	Malgorzata	Biomathématiques	85
M.	DUFOSSEZ	François	Biomathématiques	85
M.	FRIMAT	Bruno	Pharmacologie, Pharmacocinétique et Pharmacie clinique	85
M.	GILLOT	François	Droit et Economie pharmaceutique	86
M.	MASCAUT	Daniel	Pharmacologie, Pharmacocinétique et Pharmacie clinique	86
M.	MITOUMBA	Fabrice	Biopharmacie, Pharmacie galénique et hospitalière	86
M.	PELLETIER	Franck	Droit et Economie pharmaceutique	86
M.	ZANETTI	Sébastien	Biomathématiques	85

### Assistants Hospitalo-Universitaire (AHU)

Civ.	Nom	Prénom	Service d'enseignement	Section CNU
Mme	CUVELIER	Élodie	Pharmacologie, Pharmacocinétique et Pharmacie clinique	81
M.	GRZYCH	Guillaume	Biochimie	82
Mme	LENSKI	Marie	Toxicologie et Santé publique	81
Mme	HENRY	Héloïse	Biopharmacie, Pharmacie galénique et hospitalière	80
Mme	MASSE	Morgane	Biopharmacie, Pharmacie galénique et hospitalière	81

### Attachés Temporaires d'Enseignement et de Recherche (ATER)

Civ.	Nom	Prénom	Service d'enseignement	Section CNU
Mme	GEORGE	Fanny	Bactériologie - Virologie / Immunologie	87
Mme	N'GUESSAN	Cécilia	Parasitologie - Biologie animale	87
M.	RUEZ	Richard	Hématologie	87
M.	SAIED	Tarak	Biophysique - RMN	85
M.	SIEROCKI	Pierre	Chimie bioinorganique	85

### Enseignant contractuel

Civ.	Nom	Prénom	Service d'enseignement
M.	MARTIN MENA	Anthony	Biopharmacie, Pharmacie galénique et hospitalière

## **Faculté de Pharmacie de Lille**

*3, rue du Professeur Laguesse - B.P. 83 - 59006 LILLE CEDEX*

*Tel. : 03.20.96.40.40 - Télécopie : 03.20.96.43.64*

*<https://pharmacie.univ-lille.fr>*

**L'Université n'entend donner aucune approbation aux  
opinions émises dans les thèses ; celles-ci sont  
propres à leurs auteurs.**

## Remerciements

Au terme de cette thèse, je souhaite exprimer ma profonde gratitude envers toutes les personnes qui ont contribué à sa réalisation et à son aboutissement. Ce travail n'aurait pas été possible sans le soutien et l'encouragement de nombreux individus.

Mes remerciements les plus sincères vont tout d'abord à Madame Pinçon Claire, ma directrice de thèse, pour son encadrement rigoureux et ses conseils éclairés. Sa disponibilité constante, sa patience et sa compétence ont été des éléments essentiels pour mener à bien cette recherche. Son soutien et son engagement personnel ont permis de surmonter les défis rencontrés au cours de cette thèse. Madame Pinçon a su me guider avec une grande bienveillance et m'a permis de développer mes compétences de recherche de manière significative.

Je tiens également à remercier Monsieur Sergheraert Eric, président de ce jury, de m'avoir fait l'honneur de présider cette soutenance. Son expertise et son engagement au sein du comité apportent une valeur inestimable à cette étape cruciale de mon parcours académique. Sa rigueur scientifique et ses conseils avisés ont enrichi mon travail.

Je souhaite également remercier Monsieur Levasseur Maxime, assesseur de cette thèse, pour ses remarques constructives et ses conseils pertinents. Son expertise en tant que pharmacien titulaire a amélioré ce travail et permis d'en affiner les analyses et les conclusions. Ses perspectives pratiques ont apporté une dimension supplémentaire et précieuse à cette recherche.

Je suis particulièrement reconnaissante au docteur François Will, président de la Société Française des Lasers, pour m'avoir invité à des événements enrichissants tels que la journée parisienne du laser, événement en principe réservé aux dermatologues et spécialistes. Grâce à lui, j'ai pu récolter de précieuses informations pour ce projet.

Je tiens à exprimer ma gratitude à l'ensemble des personnes de l'Université de Lille qui ont contribué, de près ou de loin, à la réalisation de cette thèse. Leur soutien, direct ou indirect, a été précieux et grandement apprécié. Je remercie particulièrement les membres du personnel administratif et technique, dont l'aide logistique et les conseils pratiques ont été indispensables.

Enfin, je souhaite adresser un remerciement chaleureux à ma famille et à mes amis, dont le soutien constant et l'encouragement ont été des sources inestimables de motivation. Leur présence et leur compréhension m'ont permis de traverser les moments difficiles et de célébrer les réussites.

À tous, je vous exprime mes plus sincères remerciements pour votre aide, votre encouragement et votre confiance tout au long de ce parcours.

## Table des matières

<b>Introduction</b> .....	<b>18</b>
<i>Le Panthéon des lasers : entre science et art</i> .....	18
<i>Applications cliniques et impact sociétal</i> .....	19
<i>L'intégration des lasers en médecine esthétique : un phénomène culturel</i> .....	19
<b>Partie I : Fondations des technologies laser en médecine</b> .....	<b>20</b>
<b>Section 1 : Évolution historique et principes de base</b> .....	<b>20</b>
A) <i>Origines des Lasers</i> .....	20
B) <i>Principes physiques sous-jacents</i> .....	21
C) <i>Applications des lasers</i> .....	22
D) <i>Classes de dangerosité des lasers et mesures de protection</i> .....	23
Classe 1 : Lasers sans danger.....	23
Classe 1M : Lasers sans danger pour l'œil nu.....	23
Classe 1C : Lasers pour applications médicales et cosmétiques.....	24
Classe 2 : Lasers à rayonnement visible.....	24
Classe 2M : Lasers à rayonnement visible avec risques accrus.....	24
Classe 3R : Lasers à risque relativement faible.....	24
Classe 3B : Lasers dangereux pour les yeux.....	24
Classe 4 : Lasers très dangereux.....	24
<b>Section 2 : Vue d'ensemble des divers types de lasers et autres dispositifs utilisant les ondes électromagnétiques en dermatologie</b> .....	<b>25</b>
A) <i>Types de lasers utilisés en dermatologie</i> .....	25
1) Les lasers vasculaires ( le PDL, Le Nd, Le KTP ) :.....	25
2) Les lasers pigmentaires ( Le Q-switched Nd, l'Alexandrite, le Ruby et le Picoseconde) :.....	26
3) Les Lasers ablatifs ( Le CO2, l'Erbium et les fractionnés ) :.....	27
4) Les Lasers de remodelage ( Le Fraxel, le Nd non ablatif et les fractionnés non ablatifs) :.....	28
5) Les Lasers Excimer ( Le 308nm et le 193nm) :.....	29
B) <i>Autres dispositifs énergétiques utilisés en dermatologie</i> .....	29
1) Lumières pulsées intenses (IPL) :.....	29
2) Diodes électroluminescentes (LED Rouge, Bleue, Infrarouge, Verte, Jaune) :.....	30
3) Radiofréquences :.....	31
4) Photothérapie dynamique (PDT) :.....	31
C) <i>Aperçu non exhaustif des principales indications médicales en dermatologie</i> .....	32
<b>Partie II : Focus en dermatologie : Les applications cliniques des lasers et dispositifs à ondes électromagnétiques dans le traitement des pathologies cutanées</b> .....	<b>33</b>
<b>Section 1 : Le vitiligo</b> .....	<b>33</b>
<i>Détail de la pathologie</i> .....	34
1) Description de la maladie et de ses formes.....	34
2) Savoir reconnaître une forme active de vitiligo pour agir rapidement :.....	34
<i>Signe de Koebner</i> .....	34
<i>Bords hypochromiques et mal limités des lésions</i> .....	34
<i>Dépigmentation dite "en confetti"</i> .....	35
<i>Bordure inflammatoire (rare)</i> .....	35
3) Le vitiligo : Traitements et avancées thérapeutiques.....	35
<i>Focus sur la photothérapie UVB à spectre étroit</i> .....	36
<i>La dépigmentation : Quand et comment la proposer ?</i> .....	37
<b>Section 2 : Le psoriasis</b> .....	<b>37</b>
A) <i>Détail de la pathologie</i> .....	37
1) Description clinique et épidémiologique.....	37
2) Facteurs auto-immuns et inflammatoires.....	37
3) Options thérapeutiques (topiques, photothérapie, biothérapies).....	37
B) <i>La photothérapie UV</i> .....	38
C) <i>Les lasers pour atténuer les symptômes du psoriasis</i> .....	39
D) <i>Aperçu des dernières études pour le traitement des symptômes de différentes formes de psoriasis avec les lasers</i> .....	40
1) Psoriasis vulgaire ou psoriasis en plaques.....	40
2) Psoriasis unguéal.....	41
3) Psoriasis localisé.....	42

4) Psoriasis réfractaire au traitement .....	43
Section 3 : L'eczéma .....	45
A) <i>Détail de la pathologie, terrain génétique et traitements</i> .....	45
B) <i>Mécanismes de la thérapie au laser pour l'eczéma</i> .....	46
1) Photobiomodulation (PBM), absorption sélective, immunomodulation et remodelage du collagène : .....	46
2) Types de lasers utilisés .....	46
3) Avantages de la thérapie au laser .....	46
Section 4 : les angiomes .....	48
A) <i>Comprendre les angiomes : types, manifestations et origines</i> .....	48
B) <i>Traitement des angiomes plans par laser</i> .....	48
C) <i>Aperçu des résultats pour le traitement des angiomes plans et hémangiomes infantiles</i> .....	49
1) <i>Tâches de vin (Port-Wine Stains)</i> .....	49
<i>Étude sur l'efficacité du laser Pulsed Dye 595 nm pour les taches de vin faciales : .....</i>	49
2) <i>Hémangiomes infantiles</i> .....	51
Section 5 : Les cancers cutanés et la photothérapie dynamique.....	53

**Partie III : Laser et dispositifs à base d'énergie en dermatologie : De l'épilation à la réparation cutané.....** 54

Section 1 : L'épilation définitive .....	54
A) <i>Brèves descriptions des pathologies traitables par laser épilatoire ( Hypertrichose, hirsutisme, folliculites, nodules d'hidradénite suppurée, kystes pilonidaux ) : (57)</i> .....	55
B) <i>Le poil et son cycle de croissance</i> .....	55
C) <i>L'acte d'épilation laser</i> .....	56
D) <i>Récapitulatif des lasers et IPL utilisables pour l'épilation définitive</i> .....	56
Section 2 : Le détatouage au laser .....	57
A) <i>Principe de la technologie</i> .....	57
B) <i>Types de lasers, applications et déroulement du traitement</i> .....	58
C) <i>Aperçu clinique de l'acte de détatouage (60)</i> .....	59
Section 3 : L'acné, les tâches pigmentaires, les cicatrices et le relissage cutané .....	60
<i>Sous section 1 : L'acné</i> .....	60
A) <i>Comprendre les conséquences de l'acné avant d'aborder les traitement par Laser</i> .....	60
B) <i>Détail de la pathologie et traitements existants</i> .....	61
1) <i>Prévalence, causes, mécanisme et facteurs déclenchants de l'acné :(65)</i> .....	61
2) <i>Options thérapeutiques (topiques, systémiques, physiques).</i> .....	62
C) <i>Les différentes marques d'acné :</i> .....	62
1) <i>Marques post-acnéiques</i> .....	62
a) <i>Taches pigmentées (brunes à noires):</i> .....	62
b) <i>Taches érythémateuses (rouges à roses):</i> .....	63
2) <i>Cicatrices d'acné</i> .....	63
a) <i>Les cicatrices atrophiques:</i> .....	63
b) <i>Les cicatrices hypertrophiques:</i> .....	63
D) <i>Les différentes techniques de traitement de l'acné utilisant les ondes électromagnétiques</i> .....	64
<i>Les types de lasers pour l'acné et leur fonctionnement</i> .....	64
1) <i>Lasers ablatifs</i> .....	64
2) <i>Lasers non ablatifs</i> .....	64
3) <i>Laser à diode</i> .....	64
<i>Techniques de traitements avancées</i> .....	65
4) <i>Photothérapie dynamique (PDT)</i> .....	65
<i>Sous section 2 : Les tâches pigmentaires</i> .....	66
A) <i>Origine des tâches brunes</i> .....	66
1) <i>Les lentigos solaires</i> .....	66
2) <i>Le mélasma</i> .....	66
B) <i>Traitement des lentigos solaires</i> .....	67
C) <i>Traitement du mélasma</i> .....	67
<i>Sous-section 3 : Comprendre et traiter les cicatrices par laser</i> .....	67
<i>Les différents types de cicatrices :</i> .....	68
a) <i>Cicatrices atrophiques</i> .....	68
b) <i>Cicatrices hypertrophiques</i> .....	68
c) <i>Cicatrices chéloïdes</i> .....	68
d) <i>Cicatrices de brûlures</i> .....	69

e) Cicatrices post-chirurgicales.....	69
---------------------------------------	----

**Partie IV : Techniques innovantes pour améliorer l'aspect du visage et du corps :**

<b>Rajeunissement et soins dermatologiques .....</b>	<b>69</b>
Section 1 : Les traitements courants sur le visage.....	69
Sous section 1 : Retirer les grains de milium du visage.....	69
Le traitement de choix : Le laser CO2.....	70
Sous section 2 : Lutter contre la rosacée.....	71
Sous section 3 : Les technologies pour le rajeunissement facial : .....	74
Technologies disponibles en 2023 - début 2024.....	74
Section 2 : Les traitements courants pour le corps.....	76
Sous section 1 : Les vergetures .....	76
Sous section 2 : Les télangiectasies (ou varicosités).....	77
Les différents types de varicosités et présentation d'un exemple de traitement au laser .....	77
Section 3 : Zones spécifiques et phototypes particuliers pour l'utilisation du laser .....	78
Sous section 1 : Les lasers fractionnés au niveau génital .....	78
Sous section 2 : L'utilisation des lasers sur les peaux mates et foncées .....	80
<b>Conclusion .....</b>	<b>81</b>
<b>Bibliographie.....</b>	<b>.....</b>

## Table des illustrations

Figure 1 : Schéma du domaine spectral.....	21
Figure 2: Schéma présentant la cavité d'un laser.....	22
Figure 3 Composition schématisée d'un CD .....	22
Figure 4 : Photo d'un coude avec signe de Koebner .....	34
Figure 5 : Photo d'un vitiligo avec bords hypochromiques et mal limités des lésions .....	34
Figure 6 : Photo d'une jambe avec une dépigmentation dite "en confetti" .....	35
Figure 7 : Photo d'un vitiligo avec bordure inflammatoire (rare).....	35
Figure 8 : Photo d'un coude présentant une plaque rouge psoriasique.....	40
Figure 9 : Psoriasis unguéal avec décoloration et dépressions des ongles.....	41
Figure 10 : Rhumatisme psoriasique des doigts.....	42
Figure 11 : Aperçu d'un angiome plan épais de l'enfant : Avant et après sept séances de traitement par laser combiné colorant pulsé et Nd : YAG. (Coll. Jean-Luc Lévy).....	50
Figure 12 : Photos de visages avec un angiome plan, traités par plusieurs séances de LPD 595nm.....	50
Figure 13 : Enfant âgé de douze ans avec résidus d'hémangiomes infantiles (Avant et après trois séances de traitement par laser Nd : YAG. Coll. Jean-Luc Lévy.) .....	51
Figure 14 : Photo d'un résultat de Photothérapie dynamique avec Metvix sur un patient atteint d'un cancer cutané (65) .....	54
Figure 15 : Schéma montrant le fonctionnement du retrait d'un tatouage par technique laser(68).....	57
Figure 16 : Résultat détatouage :3 couches de tatouages en haut du bras, 3 longueurs d'ondes, plus de 15 séances, 6 ans après aspect cicatriciel montrant un changement de texture, de l'achromie, et de l'encre vert.....	59
Figure 17 : Résultat détatouage : Tatouage cosmétique des lèvres, 21 mois plus tard l'aspect cicatriciel montre la limite du détatouage au laser déclenché ( dans ce cas il faut préférer le laser resurfacing )).....	59
Figure 18 : Résultat détatouage : Tatouage professionnel des lombes traité au laser déclenché Nd : Yag 1064nm. L'aspect cicatriciel après 13 séances n'est pas dû au laser mais à l'aiguille du tatoueur.....	59
Figure 19 : Photo d'un visage avec des taches pigmentées (brunes à noires) .....	62
Figure 20 : Photo d'un visage avec des taches érythémateuses (rouges à roses) .....	63
Figure 21 : Photo d'un visage avec des cicatrices atrophiques.....	63
Figure 22 : Photo d'un visage avec des cicatrices hypertrophiques .....	63
Figure 23: Résultats avant et après un traitement laser Aviclear pour l'acné.....	65
Figure 24 : Résultats avant et après un traitement laser Aviclear pour l'acné 2 ans après .....	65
Figure 25 : Photo d'une main avec des lentigos solaires .....	66
Figure 26 : Photo d'un visage présentant un mélasma .....	66
Figure 27: Photo d'un avant bras avec une cicatrice atrophique .....	68
Figure 28 : Photo d'un mollet avec une cicatrice hypertrophique .....	68
Figure 29 : Photo d'un coude présentant une cicatrice chéloïde .....	68
Figure 30 : Photo d'un avant bras présentant une cicatrice de brûlure .....	69
Figure 31 : Photo d'un abdomen avec une cicatrice post-chirurgicale.....	69
Figure 32 : Photo d'un contour de l'oeil avec des grains de milium <b>Erreur ! Signet non défini.</b>	
Figure 33 : Photo d'un visage avec une rosacée au stade « erythorse » .....	72
Figure 34 : Photo d'un visage avec une rosacée au stade « couperose ».....	72
Figure 35 : Photo d'un visage avec une rosacée au stade « papulo-pustuleux » .....	72
Figure 36 : Photos de résultats de traitements au laser sur la couperose.....	73

## Table des tableaux

Tableau 1 : Différences entre la lumière ordinaire et les faisceaux laser .....	21
Tableau 2: Tableau non exhaustif des lasers utilisables pour le traitement du psoriasis .....	44
Tableau 3 : Tableau des lasers utilisables pour le traitement de l'eczéma .....	47
Tableau 4 : Tableau non exhaustif des lasers utilisables pour le traitement des Angiomes.....	52
Tableau 5 : Récapitulatif des différents lasers utilisables pour l'épilation définitive .....	57
Tableau 6 : Tableau récapitulatif des principaux lasers utilisés pour le détatouage .....	60
Tableau 7 : Tableau des lasers utilisables pour le traitement de l'Acné .....	65
Tableau 8 : Tableau des lasers couramment utilisés pour le retrait des grains de milium .....	71
Tableau 9 : Tableau des lasers utilisables pour le traitement de la rosacée .....	74
Tableau 10 : Les technologies disponibles en 2023 en France pour le rajeunissement facial .	75

## Liste des abréviations

**L.A.S.E.R** : Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation  
**M.A.S.E.R** : Microwave Amplification by Stimulated Emission of Radiation  
**EMP** : Exposition maximale permise  
**PDL**: Pulsed Dye Laser  
**Nd**: Neodymium  
**KTP**: Potassium Titanyl Phosphate  
**Q-switched Nd**: Q-switched Neodymium  
**CO2**: Carbon Dioxide  
**Er**: Erbium  
**IPL**: Intense Pulsed Light  
**LED**: Light Emitting Diode  
**PDT**: Photodynamic Therapy  
**HUD**: Home Use Device  
**PR-PDT**: Photo Réjuvénation Photodynamique  
**ALA**: Acide 5-Aminolévulinique  
**MAL**: Méthyl Aminolévulinate  
**HIFU**: High-Intensity Focused Ultrasound  
**ASLMS**: American Society for Laser Medicine and Surgery  
**BMLA**: British Medical Laser Association  
**LASIK**: Laser-Assisted in Situ Keratomileusis  
**RF**: Radiofrequency  
**RCM** - Reflectance Confocal Microscopy  
**nm** - Nanometer  
**UV** : Ultraviolet  
**UVB** : Ultraviolet B  
**PUVA** : Psoralen + Ultraviolet A  
**JAK** : Janus Kinase  
**MEBH** : Monobenzyl Ether of Hydroquinone  
**OMS** : Organisation Mondiale de la Santé  
**IL** : Interleukine  
**TNF- $\alpha$**  : Tumor Necrosis Factor-alpha  
**mPASI** : Modified Psoriasis Area and Severity Index  
**NAPSI** : Nail Psoriasis Severity Index  
**PDL** : Pulsed Dye Laser  
**LPSI** : Local Psoriasis Severity Index  
**Nd** : Neodymium-doped Yttrium Aluminum Garnet  
**HeNe** : Helium-Neon  
**FDA** : Food and Drug Administration  
**C-PDT** : Cryo-Photothérapie Dynamique  
**SPF** : Sun Protection Factor  
**PIE** : Post-Inflammatory Erythema  
**TAC** : Triamcinolone Acetonide  
**KTP** : Potassium Titanyl Phosphate  
**SGUM** : Syndrome Génito-Urinaire de la Ménopause  
**AP** : Angiomes plans

## Introduction

Dans les laboratoires où la science se conjugue avec l'innovation, le laser a marqué une avancée significative. Depuis la première démonstration de cette technologie par Theodore Maiman en 1960, le laser a repoussé les frontières de la physique, en particulier dans le domaine de la dermatologie. Son application initiale, limitée à des expériences de laboratoire, a rapidement évolué pour englober une multitude de domaines, dont la médecine. (1)

### *Le Panthéon des lasers : entre science et art*

Compte tenu de l'ampleur sociétale de ce sujet, pour véritablement appréhender l'impact des lasers, il est essentiel de les envisager à travers le prisme de l'innovation scientifique mais aussi en relation avec l'art et la philosophie. Les technologies laser, telles des pinceaux de lumière, redessinent non seulement nos contours physiques mais reconfigurent aussi notre compréhension des possibilités thérapeutiques et esthétiques.

Pour comprendre en profondeur le rôle des technologies laser en médecine, un parallèle peut être tracé avec les méthodes d'analyse iconologique d'Erwin Panofsky.(2)

- Au niveau primaire, nous observons les lasers dans leur rôle basique de coupe et de correction, semblable à identifier les couleurs et les formes dans une peinture.
- Au niveau secondaire, nous reconnaissons leur utilisation dans des traitements complexes comme les cicatrices ou les cancers cutanés, illustrant les conventions médicales modernes.
- Enfin, au niveau intrinsèque, les lasers symbolisent l'avancée humaine dans la quête de la perfection et du bien-être, reflets de nos idéaux culturels et sociétaux.

Dans la première partie de cette thèse, nous explorons les fondations des technologies laser en médecine, un domaine où la précision rencontre l'innovation pour transformer les soins médicaux. Nous comprendrons comment ces technologies sont passées de concepts purement théoriques à des outils indispensables dans la pratique médicale moderne. L'évolution historique et les principes de base des lasers sont détaillés, retraçant leur genèse depuis les premières théories physiques jusqu'à leur application pratique. Nous examinerons comment les défis ont été surmontés pour assurer la transition des lasers du laboratoire au chevet du patient.

Vous découvrirez les diverses utilisations des lasers qui vont bien au-delà des attentes initiales, ainsi que les mesures développées pour garantir leur utilisation sécurisée dans divers contextes médicaux. Nous explorerons quelles sont les applications les plus surprenantes des lasers en médecine et comment la sécurité est maintenue alors que les capacités des lasers continuent de se développer.

Enfin, nous mettrons en lumière comment ces outils avancés promettent de transformer le paysage médical en offrant des solutions moins invasives et plus efficaces pour une multitude de conditions. Cette partie de la thèse pose les bases pour comprendre les implications profondes et les potentialités futures des lasers en dermatologie.

## *Applications cliniques et impact sociétal*

L'intérêt croissant pour les procédures cosmétiques a accentué la demande pour les technologies laser, reflétant une évolution culturelle où la beauté et le bien-être occupent une place croissante. Cette demande est symptomatique de l'évolution des standards esthétiques dans les sociétés modernes, où la recherche de solutions rapides et efficaces est omniprésente. Dans la deuxième partie, une analyse approfondie des applications cliniques sera effectuée, en explorant des pathologies cutanées comme le vitiligo, le psoriasis, l'eczéma, et même les cancers cutanés.

Il s'agira de comprendre comment les lasers redéfinissent les paradigmes de traitement, en ouvrant de nouvelles perspectives thérapeutiques et en améliorant significativement les résultats pour les patients. Une attention particulière sera portée au vitiligo, en examinant ses mécanismes et les approches au laser pour améliorer la pigmentation, parfois sur des zones corporelles difficiles à traiter. Le traitement du psoriasis sera également abordé, en évaluant l'efficacité de la photothérapie UV, ainsi que les dernières avancées cliniques et technologiques.

L'eczéma et les angiomes seront analysés pour comprendre comment les lasers apportent de nouvelles solutions à des conditions médicales persistantes. Ces traitements, bien qu'efficaces, posent également la question de l'accessibilité et de l'égalité des soins, notamment dans les régions du monde où les technologies de pointe sont moins accessibles.

Enfin, une réflexion sur les cancers cutanés mettra en lumière la photothérapie dynamique et l'utilisation des lasers pour des traitements plus ciblés et moins invasifs, tout en soulignant les défis que pose cette technologie en termes de coût et de formation des praticiens.

Cette section vise à approfondir la compréhension des technologies laser en dermatologie et à envisager les futures évolutions, non seulement du point de vue médical mais aussi dans leur impact sur la gestion des ressources en santé.

## *L'intégration des lasers en médecine esthétique : un phénomène culturel*

L'adoption des lasers en médecine esthétique ne se limite pas à une avancée technique, mais reflète également une transformation sociétale. La démocratisation des technologies laser, autrefois réservées à des interventions spécialisées, témoigne d'un idéal de beauté accessible et personnalisable.

Ce phénomène trouve des échos dans d'autres domaines, comme l'art, où chaque innovation s'inscrit dans un contexte historique et culturel. L'accroissement de la demande pour ces traitements reflète l'évolution des perceptions sociales de la beauté, où l'amélioration de l'apparence n'est plus considérée comme un luxe, mais comme un droit ou une attente. Par exemple, en France, une augmentation notable des demandes pour des traitements laser tels que l'épilation définitive et le rajeunissement cutané a été observée en 2022, indiquant une popularisation de ces pratiques.(3).

Dans la dernière partie, les applications esthétiques des lasers seront analysées, en mettant en lumière des traitements tels que l'épilation, la correction des cernes, l'élimination des tatouages, ainsi que le traitement de la rosacée et des vergetures. Les résultats concrets de ces interventions

et les défis associés à leur mise en œuvre seront examinés, notamment en ce qui concerne le rajeunissement cutané et la réduction de la cellulite.

De plus, une réflexion sera menée sur la perception des patients, ainsi que sur les possibles effets psychologiques de ces traitements. L'intégration des technologies avancées comme la Photothérapie Dynamique Topique (PDT) dans les traitements sera discutée, ainsi que les bénéfices apportés aux patients, sans oublier les questionnements éthiques que suscite leur utilisation croissante dans des contextes non médicaux.

Enfin, une réflexion sera menée sur l'influence culturelle de ces avancées esthétiques, en questionnant dans quelle mesure les technologies laser peuvent être perçues comme des outils d'émancipation ou de conformité sociale. Au-delà des traitements eux-mêmes, il s'agit d'examiner comment la médecine esthétique et ses technologies redéfinissent les notions de normalité corporelle et d'identité.

## **Partie I : Fondations des technologies laser en médecine**

### **Section 1 : Évolution historique et principes de base**

#### *A) Origines des Lasers*

Le concept du laser trouve ses racines dans **les théories sur l'émission stimulée de lumière**, formulées **par Albert Einstein** en 1917. Einstein a été le premier à proposer que les particules de lumière, qu'il nommait photons, pouvaient exciter les électrons dans les atomes, et ainsi provoquer leur désexcitation par l'émission de photons de même énergie et direction. Cependant, ce n'est qu'au milieu du 20<sup>ème</sup> siècle que les premières réalisations pratiques ont vu le jour.(4)

Le 16 mai 1960, **Theodore H. Maiman**, un physicien travaillant aux Hughes Research Laboratories, réussit à **créer le premier laser fonctionnel en utilisant un rubis synthétique** comme médium de gain. Cet événement marqua le début de l'ère du laser. Peu après cette découverte, d'autres types de lasers furent développés, tels que le laser à hélium-néon (HeNe) en 1960, le laser à gaz CO<sub>2</sub>, et le laser à semi-conducteurs au début des années 1960. Chacune de ces innovations a ouvert de nouvelles perspectives pour les applications industrielles et médicales des lasers.(5)

Le terme **L.A.S.E.R.** est un acronyme pour "**Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation**", proposé par Gould et Gordon en 1957. L'histoire du laser commence avec un des trois articles publiés par Albert Einstein en 1905, celui qui propose une explication de l'effet photoélectrique et introduit la quantification de la lumière en photons. Ces particules d'énergie ont aidé à ériger sa théorie de 1917 en expliquant les phénomènes d'émission spontanée, d'émission stimulée et d'absorption.

La première démonstration expérimentale d'un dispositif similaire, le **M.A.S.E.R. (Microwave Amplification by Stimulated Emission of Radiation)**, fut réalisée en 1954 par Basov et Prokhorov.(6) Un **maser** amplifie ou génère des micro-ondes, lesquelles sont des ondes électromagnétiques de grande longueur d'onde ; il est principalement utilisé dans des domaines comme l'astrophysique, les communications par satellite, et les radars. En revanche, un **laser** amplifie ou génère de la lumière visible, infrarouge ou ultraviolette, avec des applications variées en médecine, industrie, et technologies grand public. La principale différence réside donc dans la gamme de fréquences : le maser travaille avec des micro-ondes invisibles, tandis que le laser traite des ondes lumineuses souvent visibles et plus énergétiques.

**La lumière visible :** Les ondes électromagnétiques dans le domaine des longueurs d'onde visibles par l'œil humain correspondent à ce que l'on appelle la « lumière visible ». La lumière visible varie de 360-400 nm, du côté des longueurs d'onde courtes, jusqu'à 760-830 nm, du côté des longueurs d'onde longues. Les longueurs d'onde plus courtes ou plus longues que la lumière visible ne sont pas perçues par l'œil humain.

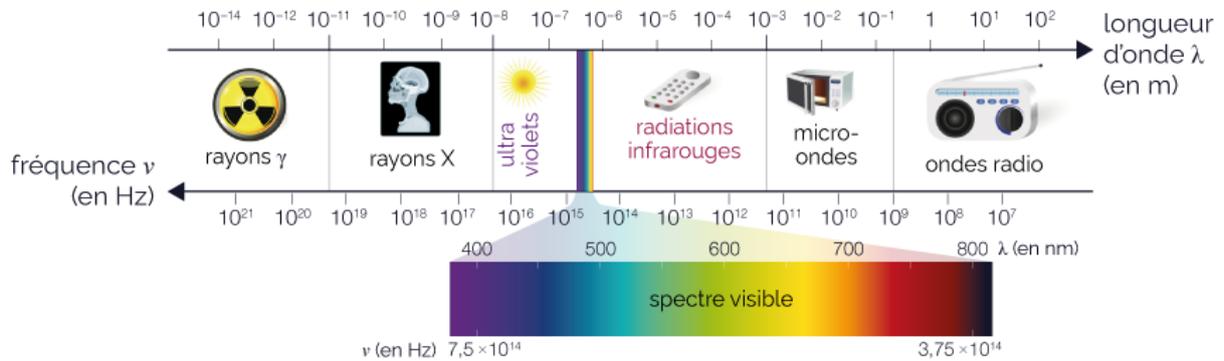


Figure 1 : Schéma du domaine spectral

### B) Principes physiques sous-jacents

Les lasers fonctionnent sur le principe de l'émission stimulée, où un photon interagit avec un atome ou une molécule excitée, provoquant la désexcitation de cet atome et l'émission d'un deuxième photon de **même énergie, phase et direction que le premier**. Ce processus est amplifié dans une cavité optique résonnante, qui maintient la lumière en résonance, permettant ainsi l'**accumulation de photons cohérents**.(7)

	Lumière ordinaire	Lumière laser
<b>Directivité (Rectitude)</b>	 Ampoule	 Laser
<b>Monochromaticité</b>	 Longueurs d'onde non uniformes	 Longueurs d'onde uniformes
<b>Cohérence</b>	 Phases non uniformes	 Les crêtes et les creux sont alignés.

Tableau 1 : Différences entre la lumière ordinaire et les faisceaux laser

Les trois éléments essentiels pour la génération de laser sont le médium de gain, la source de pompage et la cavité optique :

1. **Médium de gain** : Fournit l'énergie nécessaire pour les transitions électroniques responsables de l'émission laser. Les médiums peuvent être solides (cristaux, verres), liquides (dyes) ou gazeux ( $\text{CO}_2$ , HeNe).

2. **Source de pompage :** Excite le médium de gain pour créer une population inversée, essentielle pour l'émission stimulée. Les sources de pompage peuvent être électriques, optiques ou chimiques.
3. **Cavité optique :** Comprend des miroirs qui confinent la lumière, permettant la réflexion multiple et l'amplification du faisceau lumineux.

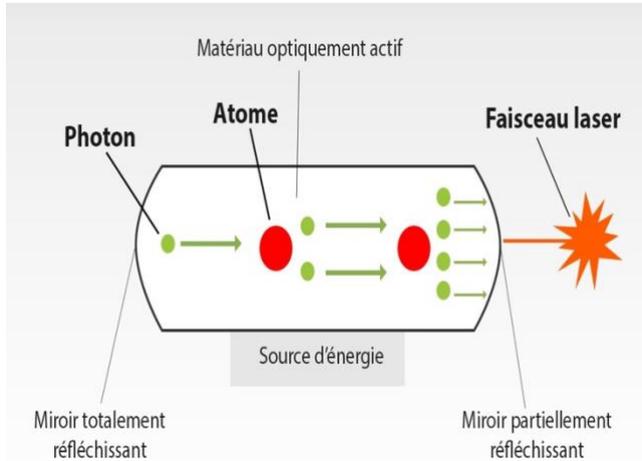


Figure 2: Schéma présentant la cavité d'un laser

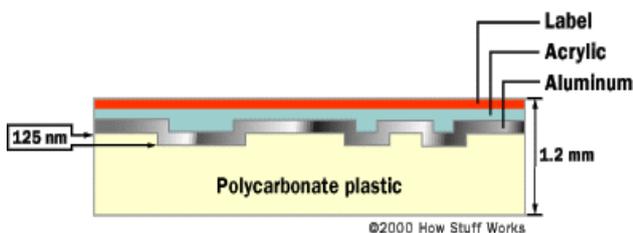
**Fonctionnement des lasers :** Les lasers produisent une lumière **monochrome** de très forte intensité se propageant dans **une direction** bien déterminée. Le milieu amplificateur, qui peut être solide, liquide ou gazeux, augmente l'intensité de la lumière. Ce processus nécessite une source de pompage pour exciter les électrons. La cavité optique, composée de miroirs, renvoie la lumière émise dans le milieu amplificateur, déclenchant une émission stimulée et amplifiant le faisceau jusqu'à ce qu'il devienne unidirectionnel.

Pour comprendre le fonctionnement du laser, il est essentiel de saisir comment les électrons dans les atomes peuvent être "excités". Un électron acquiert de l'énergie supplémentaire et monte les niveaux d'énergie comme s'il grimait les barreaux d'une échelle. Quand l'électron redescend, il émet de l'énergie sous forme de photon. Cette désexcitation peut se produire spontanément ou être stimulée par un photon incident, créant un deuxième photon avec les mêmes caractéristiques.

### C) Applications des lasers

#### 1) Vie quotidienne

Les lasers sont présents dans les caisses enregistreuses des supermarchés pour lire les codes-barres sur les produits. Ils sont également utilisés dans certaines imprimantes (appelées imprimantes laser), qui utilisent un procédé basé sur l'électricité statique pour imprimer plus rapidement et précisément que les imprimantes traditionnelles. Les pointeurs laser, utilisés pour les présentations orales, permettent d'indiquer clairement des points précis sans nécessiter de bâton ou d'ombre.



protection.

Figure 3 Composition schématisée d'un CD

#### 2) Stockage et lecture de l'information

Les lasers permettent de stocker et de lire des informations sur des CD, DVD et Blu-Ray. Un CD est une pièce de plastique de 1,2 mm d'épaisseur, recouverte d'une couche d'aluminium et d'une couche d'acrylique pour la

Lors de la gravure, la couche d'aluminium est déformée pour créer des bosses allongées, formant une spirale de 0,5 microns de largeur et mesure près de 5 km de long si elle était étirée en ligne droite. Pour lire ces petites bosses, un laser fin à longueur d'onde courte est nécessaire. Par exemple, le Blu-Ray, avec une longueur d'onde plus faible que les systèmes précédents, permet une plus grande capacité de stockage.

Les télécommunications optiques utilisent également les lasers pour transporter des communications à longue distance via des fibres optiques. Depuis les premières fibres en 1970, plus de 80 % des communications à longue distance sont maintenant transportées par laser le long de millions de kilomètres de câbles optiques.

### **3) Médecine**

En médecine, les lasers permettent des opérations de grande précision, notamment en ophtalmologie (chirurgie des yeux pour améliorer la vue), dermatologie et dentisterie.

### **4) Industrie**

L'industrie utilise les lasers pour des tâches telles que la découpe, le perçage, la soudure et le décapage de matériaux. La puissance des lasers de forte intensité permet des opérations précises et rapides.

### **5) Recherche et applications militaires**

Les recherches en fusion nucléaire utilisent de nombreux faisceaux lasers pour contrôler les processus physiques impliqués dans les réactions nucléaires. Les lasers peuvent également être utilisés comme armes anti-satellites, anti-missiles, et incapacitantes.

### **6) Art**

Les lasers sont utilisés dans des spectacles de sons et lumières, des harpes lasers avec des cordes de faisceaux lumineux, et d'autres formes d'art interactif.

## ***D) Classes de dangerosité des lasers et mesures de protection***

Les lasers sont classifiés en différentes classes de dangerosité selon la norme EN 60825-1, qui définit les risques associés à chaque type de laser et les mesures de sécurité à adopter. Cette classification permet aux utilisateurs de comprendre le niveau de précaution nécessaire pour manipuler et utiliser les lasers en toute sécurité.

### **Classe 1 : Lasers sans danger**

Les appareils de classe 1 sont considérés sans danger pendant leur utilisation normale. Même en cas de vision directe dans le faisceau sur une longue période, ils ne présentent aucun risque pour les yeux. Cette classe inclut également des lasers de forte puissance totalement enfermés, rendant tout rayonnement potentiellement dangereux inaccessible pendant l'utilisation.

- **Exemples** : Lecteurs de CD et DVD, certains pointeurs laser.
- **Risques** : Aucun, même avec des dispositifs optiques comme des télescopes.

### **Classe 1M : Lasers sans danger pour l'œil nu**

Les appareils à laser de classe 1M émettent des rayonnements dans la gamme de 302,5 à 4 000 nm. Ils sont sans danger pour la vision directe à l'œil nu, même sur de longues périodes.

Toutefois, des dispositifs optiques comme des jumelles peuvent concentrer le faisceau et causer des lésions oculaires.

- **Risques** : Lésions possibles avec des dispositifs optiques.

### **Classe 1C : Lasers pour applications médicales et cosmétiques**

Les appareils de classe 1C sont destinés à une application directe du rayonnement laser sur la peau ou les tissus corporels internes dans le cadre de procédures médicales, thérapeutiques ou cosmétiques. Les mesures techniques empêchent les expositions oculaires.

- **Exemples** : Lasers pour l'épilation, la réduction des rides, traitements de l'acné.
- **Risques** : Dépend de l'application, protection oculaire nécessaire.

### **Classe 2 : Lasers à rayonnement visible**

Les lasers de classe 2 émettent un rayonnement visible dans la gamme de 400 à 700 nm. Ils sont sans danger pour des expositions momentanées, grâce au réflexe palpébral (clignement de l'œil), mais peuvent être dangereux pour une exposition délibérée prolongée.

- **Exemples** : Pointeurs laser de faible puissance.
- **Risques** : Éblouissement et aveuglement temporaire, principalement en conditions de faible lumière ambiante.

### **Classe 2M : Lasers à rayonnement visible avec risques accrus**

Comme la classe 2, les lasers de classe 2M émettent des faisceaux visibles et sont sans danger pour une exposition de courte durée à l'œil nu. Cependant, l'utilisation de dispositifs optiques peut augmenter le risque de lésions oculaires.

- **Risques** : Lésions possibles avec des dispositifs optiques.

### **Classe 3R : Lasers à risque relativement faible**

Les appareils à laser de classe 3R peuvent dépasser l'exposition maximale permise (EMP) pour une vision directe dans le faisceau. Le risque de lésion est faible, mais il augmente avec la durée d'exposition et peut être dangereux dans les conditions les plus défavorables.

- **Exemples** : Certains pointeurs laser de moyenne puissance.
- **Risques** : Lésions oculaires possibles, mais faibles en cas de vision directe intentionnelle.

### **Classe 3B : Lasers dangereux pour les yeux**

Les lasers de classe 3B sont dangereux pour les yeux en cas d'exposition directe, même de courte durée. La vision de réflexions diffuses est généralement sans danger.

- **Exemples** : Lasers utilisés en recherche, certains appareils médicaux.
- **Risques** : Lésions oculaires graves, potentiellement des lésions cutanées mineures.

### **Classe 4 : Lasers très dangereux**

Les lasers de classe 4 sont dangereux pour les yeux et la peau en cas d'exposition directe. Même les réflexions diffuses peuvent être dangereuses. Ces lasers représentent également un risque d'incendie.

- **Exemples** : Lasers industriels, chirurgicaux, de spectacle.
- **Risques** : Lésions oculaires et cutanées graves, danger d'incendie.

### *Mesures de protection*

1. **Lunettes de protection** : Adaptées à la longueur d'onde du laser, indispensables pour les classes élevées. Elles sont **indispensables pour les lasers de classes élevées**, comme les classes 3B et 4.
2. **Gants de protection** : Ininflammables, nécessaires pour manipuler des lasers de classe 4.
3. **Confinement du faisceau** : Limiter l'accès et utiliser des protections physiques pour empêcher les expositions accidentelles.
4. **Signalisation et étiquetage** : Indications claires des classes de dangerosité et des zones d'exclusion.
5. **Formation et information** : Sensibiliser et former les opérateurs sur les risques et les mesures de sécurité associées à l'utilisation des lasers.

Comprendre les classes de dangerosité des lasers et les mesures de protection est essentiel pour prévenir les accidents et les blessures. La classification détaillée et les précautions associées permettent d'utiliser ces outils puissants de manière sûre et efficace, en minimisant les risques pour la santé humaine.

## **Section 2 : Vue d'ensemble des divers types de lasers et autres dispositifs utilisant les ondes électromagnétiques en dermatologie**

Les lasers sont des instruments médicaux sophistiqués utilisés pour une variété d'applications dermatologiques. En exploitant l'amplification de la lumière par émission stimulée de radiation, les lasers permettent une action ciblée sur différentes structures de la peau, appelées chromophores. En dermatologie, les principaux chromophores incluent l'hémoglobine, la mélanine et l'eau, chacun est ciblé par différents types de lasers pour traiter diverses conditions cutanées.

### *A) Types de lasers utilisés en dermatologie*

Les lasers dermatologiques sont conçus pour cibler des structures spécifiques de la peau (8) :

#### **1) Les lasers vasculaires ( le PDL, Le Nd, Le KTP ) :**

Ils sont utilisés pour traiter les anomalies vasculaires de la peau telles que les varicosités, les angiomes, la rosacée, et autres lésions vasculaires. **Ils fonctionnent en ciblant l'hémoglobine dans les vaisseaux sanguins, provoquant la coagulation des vaisseaux sans endommager les tissus environnants.**

#### **Types de lasers vasculaires disponibles en France :**

1. **Laser Pulsed Dye (PDL)** : Le laser à colorant pulsé, comme le Vbeam, est souvent considéré comme le traitement de référence pour les lésions vasculaires. Il utilise une

longueur d'onde de 585 à 595 nm, idéale pour cibler les vaisseaux sanguins. Il est efficace pour traiter les angiomes plans, la rosacée, et les taches de vin.

- **Exemples** : Vbeam Perfecta – Candela / Cynergy – Cynosure / VariLite - Iridex
2. **Laser Nd** : Utilisant une longueur d'onde de 1064 nm, ce laser est capable de pénétrer plus profondément dans la peau, ce qui le rend efficace pour traiter les varicosités plus profondes et les angiomes. Il est également utilisé pour le traitement des veines des jambes.
    - **Exemples** : Cutera Excel V – Cutera / GentleMax Pro – Candela / Harmony XL Pro – Alma Lasers
  3. **Laser KTP (532 nm)** : Ce laser est efficace pour traiter les vaisseaux sanguins superficiels, tels que les télangiectasies et les angiomes. Il émet une lumière verte absorbée par l'hémoglobine, ce qui le rend idéal pour les lésions vasculaires superficielles.
    - **Exemples** : Aura XP – Laserscope / KTP/532nm Laser – Fotona

**Laser Alexandrite** : Bien que principalement utilisé pour l'épilation, ce laser peut également être utilisé pour certaines lésions vasculaires grâce à sa longueur d'onde de 755 nm.

**IPL (Intense Pulsed Light)** : Bien que techniquement non laser, l'IPL est souvent utilisé pour traiter des conditions similaires aux lasers vasculaires. Il utilise un spectre de lumières et peut être ajusté pour cibler les vaisseaux sanguins, traitant efficacement la rosacée et les varicosités.

## 2) Les lasers pigmentaires ( Le Q-switched Nd, l'Alexandrite, le Ruby et le Picoseconde) :

Ils utilisent la mélanine pour traiter les lésions pigmentaires, les tatouages et pour l'épilation. Les lasers pigmentaires sont utilisés pour traiter divers troubles de la pigmentation de la peau. Ils ciblent les mélanocytes responsables des taches pigmentaires, permettant de corriger les imperfections cutanées.

### Types de lasers pigmentaires :

1. **Laser Q-switched Nd** : Ce laser est particulièrement efficace pour traiter les taches pigmentaires superficielles et les tatouages. Il fonctionne en émettant des impulsions de lumière à haute énergie en très courts laps de temps (nanosecondes), ce qui permet de cibler précisément les pigments sans endommager les tissus environnants.
  - **Exemples** : Revlite SI – Cynosure / MedLite C6 – Hoya ConBio
2. **Laser Alexandrite** : Utilisé pour traiter les taches de rousseur et les mélasmas, ce laser émet une longueur d'onde de 755 nm, idéale pour cibler les pigments de mélanine situés plus profondément dans la peau. Il est également utilisé pour l'épilation laser.
  - **Exemples** : Clarity – Lutronic / GentleLase Pro – Candela / Apogee Elite – Cynosure
3. **Laser Ruby** : Ce laser, émettant une longueur d'onde de 694 nm, est efficace pour traiter les taches brunes et certains types de tatouages, notamment ceux de couleur verte et bleue.
  - **Exemples** : Sinon II – Quanta System / RubyStar – Asclepion / Palomar Q-YAG 5 – Palomar Medical Technologies

**Le Laser Picoseconde** : Une technologie plus récente, ce laser délivre des impulsions extrêmement courtes (picosecondes) et est utilisé pour des traitements de haute précision, notamment pour les tatouages multicolores et les lésions pigmentaires complexes. Il réduit le risque de cicatrices et d'hyperpigmentation.

- **Exemples** : PicoSure – Cynosure / PicoWay – Candela / PicoPlus – Lutronic

**Laser Pulsed Dye (PDL)** : Bien que principalement utilisé pour traiter les lésions vasculaires, ce laser peut également être utilisé pour certaines lésions pigmentaires superficielles. Il fonctionne en utilisant une longueur d'onde qui est absorbée par les vaisseaux sanguins, ce qui le rend également utile pour les lésions pigmentaires rouges.

**Laser Fractionné** : Combinaison des lasers ablatifs et non ablatifs, ce type de laser est utilisé pour le resurfacing cutané et peut traiter les troubles pigmentaires en stimulant la régénération de la peau tout en laissant des zones de peau saine pour une guérison rapide.

### 3) Les Lasers ablatifs ( Le CO<sub>2</sub>, l'Erbium et les fractionnés ) :

Ils sont des outils puissants utilisés en dermatologie pour éliminer les couches superficielles de la peau, stimulant ainsi la régénération et la production de collagène. Ils sont particulièrement efficaces pour traiter les rides profondes, les cicatrices, et les dommages causés par le soleil. Ces lasers fonctionnent en vaporisant la couche supérieure de la peau, ce qui permet une amélioration significative de la texture et de l'apparence de la peau.

#### Types de lasers ablatifs disponibles en France

1. **Laser CO<sub>2</sub> (Dioxyde de Carbone)** : Le laser CO<sub>2</sub> est considéré comme le "gold standard" pour le resurfaçage cutané. Il utilise une longueur d'onde de 10,600 nm pour pénétrer profondément dans la peau, éliminant les couches endommagées et stimulant la production de collagène. Il est très efficace pour traiter les rides profondes, les cicatrices d'acné, et les lésions précancéreuses.
  - **Exemples** : Ultrapulse – Lumenis / SmartXide DOT – DEKA / CO<sub>2</sub>RE – Candela
2. **Laser Erbium** : Ce laser utilise une longueur d'onde de 2940 nm, ce qui permet une absorption plus rapide par l'eau présente dans les tissus cutanés. Il est particulièrement adapté pour les rides superficielles et les lésions cutanées moins profondes. Le laser Erbium provoque moins de dommages thermiques que le laser CO<sub>2</sub>, ce qui se traduit par un temps de récupération plus court.
  - **Exemples** : Sciton Joule Erbium – Sciton / Fotona SP Dynamis – Fotona / MCL31 Dermablade – Asclepion
3. **Laser fractionné CO<sub>2</sub>** : Ce type de laser combine les avantages du laser CO<sub>2</sub> traditionnel avec une technologie fractionnée, créant des micro-zones de traitement tout en laissant des zones de peau saine intactes. Cela permet une guérison plus rapide et réduit les temps d'éviction sociale. Il est efficace pour traiter les rides, les cicatrices, et les irrégularités de texture de la peau.
  - **Exemples** : Fraxel Re– Solta Medical / Lumenis AcuPulse – Lumenis / eCO<sub>2</sub> – Lutronic

4. **Laser fractionné Erbium** : Semblable au laser CO2 fractionné, ce laser utilise une technologie fractionnée pour des traitements plus doux et des temps de récupération plus rapides. Il est idéal pour les patients recherchant une amélioration de la peau avec des temps d'arrêt minimaux.
  - **Exemples** : Profractional – Sciton / Mosaic eCO2 – Lutronic

#### 4) Les Lasers de remodelage ( Le Fraxel, le Nd non ablatif et les fractionnés non ablatifs):

Ils chauffent le derme riche en eau pour améliorer la qualité de la peau sans abrasion superficielle. Ils sont utilisés pour améliorer la texture, la fermeté et l'élasticité de la peau sans nécessairement enlever les couches superficielles. Ils stimulent la production de collagène et d'élastine, aidant ainsi à raffermir la peau et à réduire les signes de vieillissement tels que les rides et les ridules.

#### Types de lasers de remodelage :

1. **Laser Fraxel** : C'est un laser fractionné non ablatif qui cible une fraction de la peau à la fois, laissant des zones de peau saine intactes pour une guérison rapide. Il est utilisé pour traiter les rides, les cicatrices d'acné, les taches solaires et les problèmes de texture. Le Fraxel stimule la production de collagène et d'élastine, améliorant ainsi l'apparence globale de la peau. (1550 nm ou 1927 nm)
  - **Exemples** : Fraxel Dual – Solta Medical / Clear + Brilliant – Solta Medical / Halo Hybrid Fractional Laser – Sciton
2. **Laser Nd (Non-Ablatif)** : Utilisé pour le remodelage de la peau, ce laser pénètre profondément sans ablation de la surface. Il chauffe les tissus sous-cutanés, stimulant ainsi la production de collagène et améliorant la fermeté et l'élasticité de la peau. Il est souvent utilisé pour traiter les ridules et améliorer la texture de la peau.
  - **Exemple** : Cutera Genesis – Cutera
3. **Laser Erbium Glass** : Ce laser fractionné non ablatif est connu pour son efficacité dans le traitement des rides et des ridules, ainsi que pour le remodelage de la peau. Il fonctionne en chauffant les couches profondes de la peau, stimulant la production de nouvelles fibres de collagène.
  - **Exemples** : Moxi – Sciton / Erbium Glass Laser – Lutronic / ClearLift – Alma Lasers
4. **Laser CO2 fractionné non ablatif** : Bien qu'il soit principalement utilisé comme laser ablatif, il existe des versions fractionnées non ablatives qui sont utilisées pour le remodelage de la peau. Ces lasers chauffent les tissus profonds sans enlever les couches superficielles de la peau, ce qui stimule la production de collagène et améliore la fermeté de la peau.
  - **Exemples** : eCO2 Plus – Lutronic / AcuPulse – Lumenis / SmartXide Touch – DEKA

**Radiofréquence (RF) et lasers combinés** : Certaines technologies combinent la radiofréquence avec les lasers pour des effets de remodelage encore plus prononcés. Ces dispositifs utilisent la chaleur pour stimuler la production de collagène et d'élastine, offrant des résultats de raffermissement de la peau sans temps de récupération significatif.

## 5) Les Lasers Excimer ( Le 308nm et le 193nm):

Ils émettent des rayonnements UV pour traiter certaines conditions cutanées comme le psoriasis et le vitiligo. Les lasers excimer sont utilisés en dermatologie et en ophtalmologie pour leur capacité à ablater précisément les tissus sans endommager les structures environnantes.

### Types de lasers excimer :

1. **Laser Excimer 308 nm** : Il est utilisé principalement pour traiter le psoriasis, le vitiligo, et certaines formes d'eczéma. Le laser excimer 308 nm cible spécifiquement les zones affectées par ces conditions, réduisant les plaques sans affecter la peau saine environnante. Il est également utilisé pour traiter les plaques de vitiligo, en stimulant la repigmentation de la peau.
  1. **Exemples** : XTRAC – Strata Skin Sciences / Excimer 308 – Alma Lasers / Pharos EX-308 – Ra Medical Systems
2. **Laser Excimer 193 nm** : Ce laser est principalement utilisé en ophtalmologie pour la chirurgie réfractive, comme la procédure LASIK (Laser-Assisted in Situ Keratomileusis). Il remodèle la cornée pour corriger des troubles de la vision tels que la myopie, l'hypermétropie, et l'astigmatisme. En dermatologie, il est moins courant mais peut être utilisé pour des procédures nécessitant une grande précision.
  1. **Exemples** : VISX Star S4 IR – AMO / Allegretto Wave Eye-Q – Alcon / Technolas 217z Zyoptix – Bausch & Lomb

### Applications et fonctionnement des lasers excimer en dermatologie :

- **Psoriasis** : Le laser excimer est efficace pour les plaques de psoriasis résistantes aux traitements topiques. Il cible les zones spécifiques, permettant une réduction des symptômes avec moins de séances que les traitements conventionnels.
- **Vitiligo** : En stimulant les mélanocytes dans les zones dépigmentées, le laser excimer peut aider à repigmenter la peau affectée par le vitiligo.
- **Eczéma** : Pour les zones d'eczéma récalcitrant, le laser excimer offre une alternative de traitement ciblé, réduisant l'inflammation et les démangeaisons.

### *B) Autres dispositifs énergétiques utilisés en dermatologie*

En plus des lasers, d'autres dispositifs énergétiques sont couramment utilisés en dermatologie interventionnelle :

#### 1) Lumières pulsées intenses (IPL) :

Contrairement aux lasers qui utilisent une seule longueur d'onde de lumière, les IPL émettent **un spectre de lumières à différentes longueurs d'onde** (= émettent des lumières non monochromatique ). Cela leur permet de cibler plusieurs types de chromophores (pigments) dans la peau, tels que la mélanine et l'hémoglobine, rendant les IPL polyvalentes pour une variété de traitements.

### Types de systèmes IPL :

1. **Systèmes IPL pour la réduction des taches pigmentaires et des lésions vasculaires** : Ces dispositifs sont utilisés pour traiter les taches de vieillesse, les lentigines solaires, les taches de rousseur, ainsi que les petites veines visibles et la rosacée. Ils ciblent les

pigments de mélanine et l'hémoglobine, aidant à uniformiser le teint de la peau et à réduire les rougeurs.

2. **Systèmes IPL pour le photorajeunissement** : Utilisés pour améliorer la texture de la peau, réduire les ridules et les pores dilatés, et stimuler la production de collagène. Ces traitements aident à améliorer l'apparence globale de la peau, la rendant plus lisse et plus ferme.
  3. **Systèmes IPL pour l'épilation** : Les IPL sont couramment utilisés pour l'épilation durable. Ils ciblent la mélanine dans les follicules pileux, ce qui endommage les follicules et réduit la repousse des poils. Ce traitement est efficace pour les grandes zones du corps comme les jambes, le dos, et les bras.
  4. **Systèmes IPL pour le traitement de l'acné** : Certains dispositifs IPL sont conçus pour traiter l'acné en ciblant les bactéries responsables de l'inflammation et en réduisant la production de sébum. Ces traitements peuvent aider à réduire les éruptions cutanées et améliorer la texture de la peau.
- **Exemples d'IPL** : Lumenis M22 – Lumenis / Harmony XL Pro – Alma Lasers / Ellipse Nordlys – Candela

## 2) Diodes électroluminescentes (LED Rouge, Bleue, Infrarouge, Verte, Jaune) :

Contrairement aux lasers et aux IPL, les LED émettent de la lumière à **basse énergie** qui pénètre dans la peau pour stimuler les processus biologiques sans chauffer les tissus. Les traitements LED sont non invasifs et bien tolérés, avec peu ou pas d'effets secondaires.

### Types de systèmes LED disponibles :

1. **LED Rouge** : Utilisées principalement pour leurs propriétés anti-âge, les LED rouges stimulent la production de collagène et d'élastine, aidant à réduire les rides et à améliorer la texture de la peau. Elles sont également efficaces pour réduire l'inflammation et favoriser la guérison des plaies.
2. **LED Bleue** : La lumière bleue est utilisée pour traiter l'acné en ciblant les bactéries responsables des éruptions cutanées (*Propionibacterium acnes*). Elle aide à réduire les inflammations et à prévenir de nouvelles éruptions.
3. **LED Infrarouge** : Utilisée pour pénétrer plus profondément dans la peau, la lumière infrarouge est efficace pour soulager la douleur et l'inflammation, stimuler la circulation sanguine et favoriser la guérison des tissus. Elle est souvent utilisée en combinaison avec d'autres couleurs de LED pour améliorer les résultats.
4. **LED Verte** : La lumière verte est utilisée pour traiter les problèmes de pigmentation, comme les taches brunes et les mélasmas. Elle aide à uniformiser le teint de la peau en réduisant la production excessive de mélanine.
5. **LED Jaune** : Cette lumière est utilisée pour ses propriétés apaisantes et pour améliorer la circulation sanguine. Elle peut également aider à réduire les rougeurs et à améliorer l'hydratation de la peau.

- **Exemples de LED :** Celluma PRO – BioPhotas / Omnilux Revive – GlobalMed Technologies / Dermalux Tri-Wave – Aesthetic Technology Ltd

### 3) Radiofréquences :

La radiofréquence (RF) est une technologie utilisée en dermatologie et en médecine esthétique pour le traitement du relâchement cutané, la réduction des rides, et la cellulite. Elle fonctionne en émettant des ondes radio qui chauffent les tissus sous-cutanés, stimulant ainsi la production de collagène et d'élastine pour raffermir la peau et améliorer son apparence.

#### Types de radiofréquences et leurs applications (9):

1. **Radiofréquence Monopolaire** : Utilisée pour le raffermissement de la peau et le traitement de la cellulite. La RF monopolaire pénètre profondément dans les tissus pour chauffer les couches sous-cutanées, stimulant ainsi la production de collagène et améliorant la texture de la peau.
  - **Exemples** : Thermage, Accent RF
2. **Radiofréquence Bipolaire** : Principalement utilisée pour les traitements du visage et les zones plus petites. La RF bipolaire chauffe les tissus de manière plus superficielle, ce qui est idéal pour le raffermissement de la peau et la réduction des rides.
  - **Exemples** : Venus Freeze, eMatrix
3. **Radiofréquence Fractionnée** : Combine les avantages de la RF et des technologies fractionnées pour traiter les rides, les cicatrices, et les irrégularités de la peau. La RF fractionnée crée de petites zones de traitement tout en laissant des zones de peau saine pour une guérison rapide.
  - **Exemples** : Profound RF, Fractora
4. **Radiofréquence Tripolaire** : Utilisée pour le raffermissement de la peau et le remodelage corporel. La RF tripolaire offre une profondeur de pénétration moyenne, idéale pour les traitements du visage et du corps.
  - **Exemples** : TriPollar, Apollo RF
5. **Radiofréquence Multipolaire** : Conçue pour le raffermissement de la peau, la réduction de la cellulite, et le remodelage corporel. La RF multipolaire permet un traitement uniforme et profond des tissus, stimulant la production de collagène et améliorant l'apparence de la peau.
  - **Exemples** : Venus Legacy, Exilis

### 4) Photothérapie dynamique (PDT) :

Combine un photosensibilisant et une source de lumière pour détruire un type de cellule.

#### Types de photothérapie dynamique (PDT) et leurs applications (10,11):

1. **PDT pour les kératoses actiniques** : La PDT est couramment utilisée pour traiter les kératoses actiniques, qui sont des lésions précancéreuses causées par une exposition excessive au soleil. L'agent photosensibilisant est appliqué sur les lésions, puis activé par une lumière rouge ou bleue, détruisant les cellules précancéreuses.
  - **Exemple** : Utilisation de l'acide 5-aminolévulinique (ALA) ou du méthyl aminolévulinate (MAL) activé par une source de lumière spécifique.

2. **PDT pour le carcinome basocellulaire** : La PDT est efficace pour traiter certains types de carcinomes basocellulaires superficiels et peu invasifs. Le traitement cible les cellules cancéreuses avec précision, limitant les dommages aux tissus sains environnants.
  - **Exemple** : Utilisation de MAL ou d'ALA activé par une lumière rouge, qui pénètre plus profondément dans les tissus pour traiter les cellules cancéreuses.
3. **PDT pour l'acné** : La PDT peut être utilisée pour traiter l'acné modérée à sévère en réduisant les glandes sébacées hyperactives et en éliminant les bactéries responsables de l'acné. L'agent photosensibilisant est appliqué sur la peau, suivi d'une exposition à une lumière bleue.
  - **Exemple** : Utilisation de l'acide aminolévulinique activé par une lumière bleue pour cibler les glandes sébacées et réduire l'inflammation
4. **PDT pour les infections cutanées et les troubles inflammatoires** : La PDT est également utilisée pour traiter diverses infections cutanées et troubles inflammatoires, en utilisant la capacité de la lumière activée à détruire les agents pathogènes et à moduler les réponses immunitaires.
  - **Exemple** : Traitement des verrues, de l'hidradénite suppurée et d'autres conditions inflammatoires chroniques.

### *C) Aperçu non exhaustif des principales indications médicales en dermatologie*

Les lasers et autres dispositifs énergétiques sont utilisés pour traiter une gamme de conditions dermatologiques (12) :

**Pathologies des poils** : Le laser épilatoire est efficace pour traiter les folliculites, pseudofolliculites, acné chéloïdienne de la nuque, et l'hirsutisme. Des études montrent une réduction significative de la repousse des poils après plusieurs séances. ( Pour plus de détails sur ces études, voir référence 12.)

**Anomalies vasculaires** : Les couperoses, angiomes, et varicosités sont traités par laser vasculaire. Des essais cliniques ont démontré une amélioration notable de l'apparence des lésions vasculaires après traitement.

**Tumeurs cutanées bénignes** : Les verrues, molluscum contagiosum, et autres tumeurs bénignes peuvent être traitées par laser ablatif ou vasculaire. Les lasers permettent une destruction précise des tissus anormaux avec un minimum de dommages aux tissus environnants.

**Tumeurs cutanées malignes ou prémalignes** : La photothérapie dynamique et la cryochirurgie sont couramment utilisées pour traiter les kératoses actiniques, les carcinomes basocellulaires superficiels, et la maladie de Bowen. Une étude récente a montré une efficacité accrue de la PDT dans la réduction des lésions prémalignes.

**Cicatrices** : Les cicatrices hypertrophiques et chéloïdes peuvent être traitées par lasers vasculaires et ablatifs. Les résultats des traitements précoces montrent une amélioration significative de la texture et de la coloration des cicatrices.

**Lésions pigmentaires** : Les naevus de Ota, taches café au lait, mélasma, et tatouages peuvent être améliorés par lasers pigmentaires. Un essai clinique récent a démontré l'efficacité des lasers Q-Switched dans la réduction des tatouages accidentels et des mélasmas résistants.

**Acné** : Les lasers, y compris les lasers excimer et vasculaires, ont été utilisés pour traiter les cas d'acné résistante. Bien que les résultats varient, certaines études indiquent une réduction notable de l'inflammation et des lésions acnéiques après traitement.

**Psoriasis et Vitiligo** : Les zones affectées par le psoriasis et le vitiligo peuvent répondre positivement aux traitements par laser excimer à 308 nm. Des essais ont montré une repigmentation efficace des zones de vitiligo, particulièrement sur le visage, le cou et le tronc.

**Maladies auto-immunes et génétiques** : Les lasers peuvent améliorer les atteintes cutanées dans des maladies telles que le lupus, la dermatomyosite, et la sclérodermie. De même, les neurofibromatoses et la maladie de Darier peuvent bénéficier de traitements au laser.

Les indications médicales des lasers en dermatologie sont vastes et variées, couvrant des conditions esthétiques et pathologiques. Les technologies laser continuent de se développer, offrant des solutions de traitement de plus en plus précises et efficaces. Il est crucial de consulter un dermatologue pour déterminer le traitement le plus approprié en fonction de la condition spécifique et des antécédents médicaux du patient.

Les lasers sont devenus des outils essentiels en médecine pour traiter une variété de conditions. Leur capacité à cibler précisément différentes structures corporelles permet des traitements efficaces et moins invasifs. Outre les applications dermatologiques, les lasers sont largement utilisés en ophtalmologie, médecine dentaire, et chirurgie générale.

## **Partie II : Focus en dermatologie : Les applications cliniques des lasers et dispositifs à ondes électromagnétiques dans le traitement des pathologies cutanées**

Les avancées technologiques dans le domaine médical ne cessent de redéfinir les possibilités de traitement, et parmi ces innovations, les lasers occupent une place de choix, surtout en dermatologie. Cette partie détaillera les applications cliniques des lasers dans le traitement de pathologies cutanées, allant du vitiligo au cancer de la peau, en passant par le psoriasis, l'eczéma, et les angiomes. À travers une exploration approfondie et structurée, nous aborderons les différentes maladies, leurs spécificités, les options thérapeutiques disponibles incluant les lasers, et les dernières avancées scientifiques dans ce domaine.

### **Section 1 : Le vitiligo**

Le vitiligo, cette maladie mystérieuse qui dépigmente la peau de manière inattendue, soulève à la fois des défis médicaux et des questions sociales profondes. Dans la quête incessante de traitements plus efficaces et moins invasifs, les lasers émergent comme une solution prometteuse, offrant une nouvelle lueur d'espoir aux personnes affectées car **sans UV (naturels ou en cabines ou lampes), il est quasi impossible de repigmenter des vitiligos.**



## *Détail de la pathologie*

### **1) Description de la maladie et de ses formes.**

Le vitiligo est une maladie auto-immune de la peau caractérisée par la **perte de pigmentation**, conduisant à l'apparition de taches blanches sur la peau. Il est dû à la **destruction des mélanocytes**, les cellules responsables de la pigmentation de la peau. Affectant entre **0,5% et 1%** de la population mondiale, le vitiligo ne fait pas de distinction de race ou de sexe, bien qu'il puisse être plus visible chez les personnes à la peau foncée. (13,14) En France, on estime que le vitiligo touche environ **650 000 personnes**.

Le vitiligo peut apparaître à tout âge, mais dans **environ 50% des cas, il se manifeste avant l'âge de 20 ans**. (15) Il existe deux formes principales de vitiligo : le vitiligo non segmentaire, qui est le plus courant et se caractérise par des taches symétriques, et le vitiligo segmentaire, qui tend à être unilatéral et se limite à une partie du corps.

### **2) Savoir reconnaître une forme active de vitiligo pour agir rapidement :**

Le vitiligo est une pathologie chronique qui évolue souvent par poussées. Il est impossible de prédire l'évolutivité au long cours d'un vitiligo et il n'existe pas pour l'instant de marqueur biologique fiable d'activité. Mais il existe des signes cliniques simples montrant une forte évolutivité de la maladie (16,17)

#### **Signe de Koebner**



Le signe de Koebner se manifeste par l'apparition de vitiligo sur des zones de la peau **régulièrement soumises à des frottements ou sur des cicatrices**. Par exemple, des lésions linéaires de vitiligo peuvent apparaître suite à des griffures de chat. On peut également observer des débuts de dépigmentation en confetti, caractérisés par de petits points blancs.

*Figure 4 : Photo d'un coude avec signe de Koebner*

#### **Bords hypochromiques et mal limités des lésions**



Les lésions présentent des bords hypochromiques, qui sont plus clairs que la peau normale mais pas encore complètement dépigmentés. Ces bords sont particulièrement visibles sur une peau foncée et nécessitent souvent un examen sous lumière de Wood pour être correctement identifiés.

*Figure 5 : Photo d'un vitiligo avec bords hypochromiques et mal limités des lésions*

### Dépigmentation dite "en confetti"



La dépigmentation en confetti est marquée par la présence de **multiples petits points blancs sur la peau**, indiquant généralement une forte activité de la maladie.

Figure 6 : Photo d'une jambe avec une dépigmentation dite "en confetti"

### Bordure inflammatoire (rare)



Dans certains cas rares, les poussées de vitiligo peuvent s'accompagner de **démangeaisons** et d'une bordure inflammatoire autour des lésions

Figure 7 : Photo d'un vitiligo avec bordure inflammatoire (rare)

### 3) Le vitiligo : Traitements et avancées thérapeutiques

La prise en charge de cette pathologie complexe a considérablement évolué, offrant désormais une multitude de traitements efficaces. Ces traitements visent principalement trois objectifs : **stopper la dépigmentation, induire la repigmentation, et prévenir les récurrences.**

Les traitements pour le vitiligo varient selon la nature de la maladie, qu'elle soit active ou stable, segmentaire ou non-segmentaire.

**Dans les cas de vitiligo actif** (18): Le traitement du vitiligo actif constitue une urgence thérapeutique car il est **plus facile et rapide de stopper une poussée que de repigmenter les lésions déjà présentes**. Bien que les données proviennent principalement d'études ouvertes ou rétrospectives, cette approche est largement acceptée dans la communauté médicale.

Pour un traitement efficace, il est recommandé d'associer :

- **Mini-pulses de cortisone** pendant une période de 3 à 6 mois. Pour les enfants en phase de croissance, il est nécessaire de consulter un pédiatre si le traitement dépasse 3 mois.
- **Photothérapie UVB à spectre étroit** administrée 2 à 3 fois par semaine pendant 6 mois, ce qui agit non seulement sur l'activité de la maladie mais stimule également la repigmentation.

### Pour les formes non actives du vitiligo (19):

Les traitements actuels permettent d'obtenir une repigmentation complète ou quasi complète dans :

- 70 à 80% des cas pour **le visage**
- 50% des cas pour **le corps**
- 25 à 30% des cas pour **les saillies osseuses**

Cependant, la repigmentation des extrémités des mains et des pieds reste exceptionnelle. Le processus de repigmentation nécessite généralement entre **6 et 24 mois de traitement**. Il est essentiel d'attendre au moins 6 mois avant de pouvoir évaluer la réponse au traitement.

**Les patients doivent être informés de la durée et de la rigueur nécessaire du traitement, car beaucoup abandonnent après seulement 1 ou 2 mois en l'absence de résultats visibles.**

Sans l'utilisation de la lumière UV (naturelle, en cabine, lampe ou laser), il est presque impossible de repigmenter les zones affectées par le vitiligo. Les traitements topiques seuls sont inefficaces sans UV. Les UVB à spectre étroit sont préférables à la PUVA thérapie. **Pour les zones localisées, les lampes et lasers excimer sont particulièrement utiles.** Il est également important de noter que des lampes UVB à spectre étroit sont désormais disponibles à des prix abordables pour les patients, permettant une photothérapie à domicile, particulièrement bénéfique pour les vitiligos localisés.

Pendant la saison estivale, une exposition solaire contrôlée est recommandée. **Les patients doivent être encouragés à s'exposer au soleil sans crème solaire au moins 3 à 4 fois par semaine jusqu'à ce que la peau devienne légèrement rose.**

#### *Focus sur la photothérapie UVB à spectre étroit*

La photothérapie UVB à bande étroite constitue une des méthodes les plus efficaces pour traiter le vitiligo, notamment dans les cas où d'autres traitements ont échoué ou ne sont pas adaptés. Cette technique utilise **des ondes ultraviolettes B (UVB) avec une longueur d'onde spécifique, généralement autour de 311 nm**, qui est optimisée pour stimuler la repigmentation sans causer les effets secondaires plus sévères associés aux UVB de bande large.

Le principe sous-jacent repose **sur la capacité des UVB à bande étroite à activer les mélanocytes résiduels ou dormants dans les zones dépigmentées de la peau**. En exposant régulièrement la peau à de petites doses de ces UVB spécifiques, on encourage la production de mélanine, ce qui peut progressivement réduire la visibilité des taches blanches caractéristiques du vitiligo. La durée et la fréquence des séances de photothérapie sont ajustées en fonction de la réponse du patient et de la tolérance de sa peau aux UVB, nécessitant un suivi dermatologique régulier pour optimiser les résultats tout en minimisant les risques de brûlures ou d'autres dommages cutanés.

#### **Importance des traitements combinés :**

Pour une efficacité optimale, les UV doivent être associés à des traitements topiques. Par exemple, le tacrolimus à 0,1% ou le pimecrolimus à 1% sont utilisés deux fois par jour, souvent

en combinaison avec la photothérapie ou une exposition solaire modérée pendant la saison estivale. Pour les formes diffuses, l'entretien avec des séances de photothérapie UVB une à deux fois par mois est recommandé pour prévenir les récurrences. (20,21)

### **La dépigmentation : Quand et comment la proposer ?**

La dépigmentation peut être envisagée pour les patients présentant des zones dépigmentées couvrant plus de 50% de leur corps. En France, les produits dépigmentants chimiques comme le MEBH (monobenzylether d'hydroquinone) ne sont plus disponibles. Les lasers dépigmentants, ont cependant démontré une efficacité comparable, avec environ 70% de succès après 1 à 3 séances. Des séances d'entretien, surtout après l'été et sur les zones exposées au soleil comme le visage, sont souvent nécessaires. (17)

En conclusion, la photothérapie UVB à spectre étroit occupe une place centrale dans la prise en charge du vitiligo, en facilitant la repigmentation des zones affectées, là où les traitements topiques seuls montrent une efficacité limitée.

## **Section 2 : Le psoriasis**

### **A) Détail de la pathologie**

#### **1) Description clinique et épidémiologique.**

Le psoriasis est une maladie inflammatoire chronique de la peau, affectant environ **2 à 3% de la population mondiale**, ce qui représente plus de **125 millions** de personnes *selon l'Organisation Mondiale de la Santé* (22). En France, il touche environ **2 millions** de personnes. Caractérisé par des plaques rouges et des squames blanchâtres, elles peuvent être prurigineuses, douloureuses et se situent généralement sur les coudes, les genoux, le cuir chevelu, et le dos. Contrairement au vitiligo, le psoriasis est souvent associé à d'autres complications systémiques, notamment l'arthrite psoriasique, les maladies cardiovasculaires et le diabète. Le psoriasis touche les hommes et les femmes de manière équivalente et peut débuter à tout âge, bien qu'il apparaisse souvent entre **15 et 35 ans**. La maladie varie en gravité de quelques plaques localisées à des cas étendus affectant de grandes parties du corps.

#### **2) Facteurs auto-immuns et inflammatoires.**

Bien que la cause exacte du psoriasis reste inconnue, il est reconnu comme une maladie auto-immune impliquant une prédisposition génétique et peut être déclenché ou exacerbé par des facteurs tels que le stress, certaines infections, des lésions cutanées, et la prise de certains médicaments. ( Par exemple, les infections streptococciques de la gorge et les infections virales comme le VIH peuvent exacerber le psoriasis. De même, des médicaments tels que les bêta-bloquants et le lithium sont connus pour aggraver les symptômes du psoriasis). Cette maladie, provoquant démangeaisons et irritation, est le fruit d'une **prolifération accélérée des kératinocytes, causée par l'action de molécules inflammatoires telles que l'IL-17, l'IL-22, et le TNF- $\alpha$ , issues des lymphocytes T**. Normalement renouvelées toutes les **trois semaines**, ces cellules se multiplient de manière excessive, réduisant ce cycle à **trois jours** et engendrant une accumulation à la surface de la peau, ce qui augmente l'épaisseur de la couche cornée.(23)

#### **3) Options thérapeutiques (topiques, photothérapie, biothérapies).**

Le traitement du psoriasis vise à contrôler les symptômes et à prévenir les infections secondaires. Les options incluent des traitements locaux, la photothérapie et, pour les formes

modérées à sévères, des traitements systémiques oraux ou injectables ainsi que des biothérapies ciblant des voies inflammatoires spécifiques.

### 1. Traitements Topiques :

- **Corticostéroïdes** : Crèmes et pommades pour réduire l'inflammation et les démangeaisons.
- **Dérivés de la Vitamine D** : Utilisés pour ralentir la croissance des cellules cutanées.

Les traitements de première intention pour le psoriasis léger à modéré incluent généralement ces crèmes et pommades topiques.

### 2. Photothérapie et Lasers :

- **Photothérapie UVB à bande étroite** : Exposition de la peau aux rayons ultraviolets B pour diminuer les lésions psoriasiques. Utilisée lorsque les traitements topiques ne suffisent pas.
- **PUVA** : Combinaison de psoralène (médicament) et d'ultraviolets A pour les cas plus sévères.
- **Laser Excimer 308 nm et LED 308 nm** : Utilisés pour traiter le psoriasis localisé, particulièrement efficace pour les zones spécifiques et difficiles à traiter avec des méthodes conventionnelles. ( ex : cuir chevelu, région des ongles )

La photothérapie est généralement prescrite pour le psoriasis modéré à sévère, tandis que les lasers sont utilisés pour les cas localisés.

### 3. Traitements Systémiques :

- **Oral ou Injectable** : Méthotrexate, acitrétine, et cyclosporine pour les formes modérées à sévères.
- **Biothérapies** : Médicaments ciblant des voies inflammatoires spécifiques, tels que les inhibiteurs de TNF, les inhibiteurs d'IL-12/23 et d'IL-17.

Il est conseillé aux patients d'adopter un mode de vie sain, d'éviter les facteurs déclencheurs connus et de gérer le stress pour réduire les risques d'exacerbation. Le soutien psychologique peut aussi être bénéfique, étant donné l'impact significatif du psoriasis sur la qualité de vie et le bien-être émotionnel.

En résumé, le choix du traitement dépend de la sévérité du psoriasis et de la réponse aux thérapies initiales. La photothérapie et les lasers sont des options efficaces lorsque les traitements topiques ne suffisent pas à contrôler les symptômes, et les traitements systémiques ou les biothérapies sont recommandés pour les formes plus sévères.

## *B) La photothérapie UV*

Le psoriasis varie en intensité de douleur et de démangeaison d'une personne à l'autre, affectant significativement la qualité de vie des patients. La photothérapie UVB représente une stratégie thérapeutique clé pour la gestion de cette affection, **visant à reproduire les effets bénéfiques de l'exposition solaire sur le psoriasis.** (24)



La photothérapie par ultraviolets B (UVB), **aussi connue sous le nom de luminothérapie**, est une technique qui projette des rayons UV sur les zones affectées par le psoriasis (Technique similaire à celle étudiée précédemment pour le vitiligo) . Diverses formes de photothérapie ont été développées, notamment la photothérapie UVB à large bande (BB-UVB) et à bande étroite (NB-UVB), cette dernière utilisant une longueur d'onde spécifique de **311 nm**.

La photothérapie UVB est particulièrement indiquée pour les cas de psoriasis où les **traitements topiques ne suffisent pas à contrôler les symptômes**. Elle est généralement recommandée pour les patients dont les **lésions couvrent au moins 10% de la surface corporelle**. Dans des situations spécifiques, comme le psoriasis palmoplantaire, cette approche peut être envisagée même pour des surfaces corporelles moins étendues, toujours sous la supervision d'un dermatologue. La distinction importante entre la photothérapie médicale et les séances de bronzage en institut réside dans le contrôle médical strict nécessaire pour prévenir les effets secondaires potentiels, tels que **le vieillissement cutané précoce, le cancer de la peau ou des dommages oculaires**.

La photothérapie UVB est administrée en cabinet de **dermatologie**, à raison de **2 à 3 fois par semaine**, chaque séance durant **seulement quelques minutes**. Il est essentiel de ne pas prolonger ou multiplier les séances au-delà de ce qui est recommandé, même en l'absence de réponse au traitement. De plus, cette modalité est principalement destinée aux adultes, en raison du risque d'effets secondaires. Entre les séances, il est conseillé aux patients de protéger leur peau du soleil excessif par le port de vêtements couvrants, de lunettes de soleil et l'application de crème solaire. (25)

### *C) Les lasers pour atténuer les symptômes du psoriasis*

Face à cette affection, la photothérapie UV a longtemps été privilégiée, mais l'évolution technologique a permis l'émergence des lasers comme alternative prometteuse pour atténuer les symptômes du psoriasis. Parmi les différentes technologies lasers, trois se distinguent par leur potentiel thérapeutique (26,27):

1. **Le Laser Excimère** : Utilisant une longueur d'onde spécifique de **308 nm**, ce laser pénètre efficacement les couches supérieures de la peau, ciblant directement les **lésions psoriasiques**. Son efficacité a été démontrée dans une étude où 10 patients souffrant de psoriasis ont été traités avec ce laser, observant une disparition accélérée des plaques, trois fois plus rapide comparativement à la photothérapie UVB, avec une moyenne de 8 séances.
2. **Le Laser à colorant pulsé** : Ce laser, opérant à une longueur d'onde d'environ **595 nm**, cible spécifiquement les **vaisseaux sanguins en favorisant l'absorption de**

**l'oxyhémoglobine.** La transformation de l'énergie lumineuse en chaleur permet de fragiliser et de détruire sélectivement les vaisseaux impliqués dans les lésions du psoriasis. Bien qu'il puisse occasionner des échymoses ou purpuras, ces effets sont temporaires et le traitement a prouvé son efficacité notamment pour le psoriasis unguéal, améliorant des conditions comme l'onycholyse et l'hyperkératose sous-unguéale.

3. **Le Laser CO2 :** Opérant avec une longueur d'onde de **10 600 nm**, ce laser ablatif a été utilisé depuis les années 1990 en dermatologie. Bien que son efficacité pour le traitement du psoriasis ait été documentée dès 1985, où les zones traitées chez trois patients n'ont pas été affectées par la maladie pendant plus de trois ans, son usage dans le traitement spécifique du psoriasis reste limité et peu généralisé, faute d'études scientifiques approfondies.

Ces différentes approches laser offrent des perspectives innovantes dans le traitement du psoriasis, proposant une solution potentielle pour ceux qui cherchent à soulager les manifestations de cette maladie complexe et souvent stigmatisante. Toutefois, leur sélection et leur application doivent être soigneusement adaptées à chaque cas.

#### *D) Aperçu des dernières études pour le traitement des symptômes de différentes formes de psoriasis avec les lasers*

##### **1) Psoriasis vulgaire ou psoriasis en plaques**



Le psoriasis vulgaire, également connu sous le nom de psoriasis en plaques, est la **forme la plus commune de cette maladie**. Il se caractérise par des plaques épaisses, rouges et squameuses qui sont souvent recouvertes de **silvery scales**. Ces plaques peuvent causer des démangeaisons ou une douleur et sont plus fréquentes sur les coudes, les genoux, le cuir chevelu et le dos.

*Figure 8 : Photo d'un coude présentant une plaque rouge psoriasique*

Une étude menée par Marta Kołt-Kamińska et ses collègues a évalué l'efficacité d'un nouveau laser Nd 1064-nm avec une durée de pulsation de 650 microsecondes. Les résultats montrent une amélioration significative des symptômes, avec une réduction moyenne du score mPASI total de 30,3% .(28,29) Ce laser agit en ciblant les vaisseaux sanguins profonds sous les plaques psoriasiques, réduisant ainsi les risques de dommages thermiques et les changements pigmentaires grâce à sa courte durée de pulsation.

## 2) Psoriasis unguéal



Le psoriasis unguéal affecte **les ongles des mains et des pieds**, conduisant à divers changements tels que l'épaississement des ongles, des changements de couleur, la formation de petites dépressions sur la surface de l'ongle, et la séparation de l'ongle du lit unguéal (onycholyse). Cette forme de psoriasis peut affecter les personnes souffrant d'autres types de psoriasis, surtout le psoriasis en plaques. Environ 50 % des personnes atteintes de psoriasis et jusqu'à 80 % des personnes atteintes de psoriasis arthritique peuvent expérimenter le psoriasis unguéal à un moment donné.

Figure 9 : Psoriasis unguéal avec décoloration et dépressions des ongles

Une étude comparative de 2023 , menée par Eman H Elmorsy et ses collègues, a examiné l'efficacité et la sécurité de deux techniques : le laser à colorant pulsé (PDL) et la lumière intense pulsée (IPL) dans le traitement du psoriasis des ongles. (30)

### *Méthodologie de l'étude*

Cette étude a été réalisée sur 20 patients adultes souffrant de psoriasis des ongles des deux mains. Chaque patient a été traité avec le laser à colorant pulsé sur une main et la lumière intense pulsée sur l'autre. Deux à trois ongles psoriasiques ont été laissés sans traitement pour servir de témoins. Les sessions de traitement ont eu lieu mensuellement pendant six mois. Les résultats cliniques ont été évalués par un dermatologue indépendant en utilisant divers scores comme le NAPSI total, le NAPSI modifié, et le NAPSI cible.

### *Résultats de l'étude*

- **Réduction des scores NAPSI** : Une réduction significative des scores NAPSI total, modifié et cible a été observée sous PDL et IPL de la base de l'étude à la fin de celle-ci. Cependant, il n'y avait pas de différence significative entre les deux traitements (PDL et IPL) en termes d'efficacité.
- **Réponse des lésions de la matrice et du lit unguéal** : Les réponses des lésions de la matrice et du lit unguéal aux deux modalités de traitement étaient similaires.
- **Douleur et inconfort** : Le traitement IPL était plus douloureux comparé au PDL. Malgré cela, tous les patients ont indiqué que les deux dispositifs étaient efficaces et ont amélioré leur qualité de vie.
- **Absence de clearance complète** : Aucune des méthodes n'a conduit à une élimination complète des lésions des ongles.

Cette étude démontre que le laser à colorant pulsé et la lumière intense pulsée sont tous deux sûrs et efficaces pour traiter le psoriasis des ongles, bien que le traitement par IPL soit associé à plus de douleur. Cette approche comparative offre aux patients et aux praticiens des options supplémentaires pour gérer cette forme difficile de psoriasis, améliorant ainsi potentiellement la qualité de vie des patients atteints.

### 3) Psoriasis localisé



Figure 10 : Rhumatisme psoriasique des doigts

Le psoriasis localisé se réfère à des cas où les lésions psoriasiques sont limitées à des zones spécifiques du corps, comme les mains, les pieds, ou le cuir chevelu, plutôt que d'être étendues sur de larges zones. Le psoriasis localisé peut se manifester chez des individus de tout âge, incluant les enfants et les adultes. Les zones touchées peuvent varier en fonction des activités quotidiennes, des blessures ou des facteurs génétiques spécifiques à chaque individu.

Le psoriasis localisé a été l'objet d'une étude comparative ( nov. 2023 ) pour évaluer l'efficacité de la lumière LED 308 nm et du laser Excimer 308 nm. Cette étude prospective randomisée a été menée par Yingyuan Yu et ses collègues.(31)

#### *Méthodologie de l'étude*

L'étude a inclus 22 patients atteints de psoriasis localisé avec des lésions symétriques. Les lésions ciblées ont été traitées de manière aléatoire soit par la lumière LED 308 nm, soit par le laser Excimer 308 nm, deux fois par semaine pendant 12 semaines. Les réponses au traitement ont été évaluées à l'aide de l'indice de sévérité du psoriasis local (LPSI) et des caractéristiques dermoscopiques des lésions ciblées.

#### *Résultats de l'étude*

- **Taux de réponse LPSI 50** : À la fin de l'étude, 10 patients ont complété les 12 semaines de traitement. Le taux de réponse LPSI 50 (réduction de 50% du score LPSI) était de 70% pour la lumière LED et de 80% pour le laser Excimer, sans différence statistiquement significative ( $p > 0.05$ ).
- **Scores LPSI** : Les scores moyens de LPSI sont passés de  $7,3 \pm 1,6$  (LED) et  $7,3 \pm 2,2$  (Excimer) à  $3,2 \pm 2,9$  (LED) et  $2,8 \pm 3,0$  (Excimer) respectivement, montrant une réduction significative ( $p < 0.01$ ) pour les deux traitements.
- **Évaluation dermoscopique** : Les caractéristiques dermoscopiques des lésions, telles que l'érythème, l'infiltration et les écailles, ont montré une amélioration comparable des deux côtés traités.
- **Sécurité et effets secondaires** : Aucun événement indésirable grave n'a été rapporté. Un cas d'érythème douloureux a été observé, qui s'est résolu en trois jours.

L'étude conclut que la lumière LED 308 nm et le laser Excimer 308 nm sont comparables en termes d'efficacité et de sécurité pour le traitement du psoriasis localisé. La lumière LED, étant portable et rentable, représente une option prometteuse pour une photothérapie à domicile pour les patients atteints de psoriasis

#### 4) Psoriasis réfractaire au traitement

Le psoriasis réfractaire au traitement désigne les cas de psoriasis qui ne répondent pas aux traitements standard, **incluant les topiques, les thérapies systémiques, et les biothérapies**. Cette résistance au traitement peut être due à la sévérité de la maladie, à sa localisation, ou à d'autres facteurs individuels. Bien que cela puisse toucher des patients à tout stade de la maladie, ceux qui ont une maladie de longue durée, sévère, ou ceux qui ont épuisé de multiples options de traitement sans succès, sont plus susceptibles d'être classifiés dans cette catégorie.

Pour les cas de psoriasis unguéal réfractaire aux traitements standards, une étude de février 2023 a exploré l'utilisation d'un laser CO2 fractionné combiné à une inondation des micropuits au méthotrexate. Cette approche vise à améliorer la pénétration du méthotrexate directement dans les zones touchées par le psoriasis, en utilisant le laser pour créer des micropuits dans la plaque unguéale, facilitant ainsi la délivrance du médicament. (32)

##### *Méthodologie de l'étude*

Cette étude prospective a inclus 20 patients présentant un psoriasis unguéal réfractaire. Les patients ont été divisés en deux groupes :

**Groupe A** : Traitement par laser CO2 fractionné suivi de l'application de méthotrexate topique.

**Groupe B** : Traitement par laser CO2 fractionné suivi de l'application de calcipotriol et bétaméthasone.

Chaque groupe a reçu quatre sessions de traitement, espacées de deux semaines chacune.

##### *Résultats de l'étude*

- **Réduction des scores NAPSI** : Le score NAPSI (Nail Psoriasis Severity Index) total des ongles traités a diminué de manière significative dans les deux groupes. Pour le groupe A, le score NAPSI est passé de 172 avant traitement à 63 après deux mois. Pour le groupe B, le score NAPSI est passé de 142 à 59 sur la même période.
- **Amélioration des lésions de la matrice et du lit unguéal** : Les scores de la matrice unguéale et du lit unguéal ont également montré une amélioration significative dans les deux groupes. Dans le groupe A, les scores de la matrice ont diminué à un niveau significatif ( $p < 0.01$ ) à un mois et deux mois après le traitement. Les scores du lit unguéal ont également montré une amélioration similaire.
- **Sécurité et effets secondaires** : Aucun effet secondaire grave n'a été rapporté, confirmant la sécurité de cette approche combinée. Un seul cas d'érythème douloureux a été noté, résolu en trois jours sans autres complications.

L'étude conclut que l'utilisation du laser CO2 fractionné combiné à l'inondation des micropuits au méthotrexate est une méthode efficace et sûre pour traiter les cas réfractaires de psoriasis unguéal. Cette technique offre une nouvelle option thérapeutique pour les patients qui n'ont pas répondu aux traitements conventionnels, améliorant ainsi potentiellement leur qualité de vie.

Ces références démontrent une variété d'approches utilisant les lasers pour le traitement de différents types de psoriasis, mettant en évidence l'efficacité et la sécurité de ces méthodes dans divers contextes cliniques. Les résultats suggèrent une avancée prometteuse dans les options de traitement du psoriasis.

Tableau 2: Tableau non exhaustif des lasers utilisables pour le traitement du psoriasis

Type de Laser	Longueur d'Onde	Mécanisme d'Action	Efficacité	Effets Secondaires	Observations Cliniques
<b>Laser Excimer(33)</b>	308 nm	Utilise les UVB pour cibler les plaques de psoriasis, réduisant l'inflammation et favorisant la régénération cellulaire.	Efficace pour les zones localisées, montrant une amélioration rapide des lésions.	Rougeur, légère irritation.	Souvent utilisé pour les zones qui ne répondent pas bien à d'autres traitements.
<b>Laser Nd:YAG(34)</b>	1064 nm	Pénètre profondément pour cibler les vaisseaux sanguins sous-jacents aux plaques psoriasiques, réduisant l'apport sanguin aux lésions.	Efficace pour les patients ayant des formes résistantes de psoriasis.	Douleur, rougeur, possibilité de cicatrices légères.	Convient pour les plaques de psoriasis épaisses et persistantes.
<b>Laser CO2 Fractionné(35)</b>	10 600 nm	Crée des micro-perforations dans la peau, stimulant la régénération et réduisant l'épaisseur des plaques de psoriasis.	Amélioration significative des lésions chroniques de psoriasis.	Rougeur, gonflement, risque de cicatrices légères.	Utilisé principalement pour les formes sévères et résistantes de psoriasis.
<b>Laser Pulsed Dye (PDL)(30)</b>	585-595 nm	Cible les vaisseaux sanguins dans les plaques de psoriasis, réduisant l'inflammation et l'épaississement cutané.	Efficace pour les formes vasculaires de psoriasis, comme le psoriasis unguéal et les plaques épaisses.	Rougeur, purpura temporaire (ecchymoses).	Recommandé pour les plaques psoriasiques épaisses et les ongles atteints.
<b>Laser Helium-Neon (HeNe)(36)</b>	632.8 nm	Stimule les cellules de la peau et améliore la circulation sanguine locale, aidant à réduire l'inflammation et l'épaississement des plaques.	Amélioration progressive des lésions psoriasiques.	Rougeur, légère irritation.	Utilisé en complément d'autres traitements pour optimiser les résultats.

*\*Ces informations offrent un aperçu des différentes options de traitement laser pour le psoriasis, avec des études et des développements récents pour aider à choisir la méthode la plus adaptée à chaque cas spécifique.*

En conclusion, la photothérapie UVB et les différentes technologies laser, telles que le laser Excimer et le laser à colorant pulsé, occupent une place significative dans le traitement du psoriasis, offrant des options efficaces pour les patients lorsque les traitements topiques et systémiques montrent une efficacité limitée, en particulier dans les formes modérées à sévères ou localisées de la maladie.

## Section 3 : L'eczéma

### *A) Détail de la pathologie, terrain génétique et traitements*

L'eczéma, également connu sous le nom de dermatite atopique, est une maladie inflammatoire chronique de la peau. En France, on estime que l'eczéma affecte environ **2,5 millions de personnes**, avec une prévalence plus élevée chez les enfants que chez les adultes.(37) D'ailleurs, plus d'un Français sur trois (34%) a déjà été affecté par de l'eczéma au cours de sa vie, ce qui en ferait la troisième maladie chronique de peau la plus répandue en France après l'acné (59%) et les mycoses (43%). (38) Cette condition se caractérise par une peau sèche, des démangeaisons intenses, et des éruptions cutanées rouges et inflammatoires, qui peuvent suinter et se croûter. Les zones couramment touchées incluent le visage, les mains, les plis des coudes et des genoux.

L'eczéma est considéré comme une maladie multifactorielle, résultant d'une combinaison de facteurs génétiques, immunitaires et environnementaux. Les personnes atteintes d'eczéma ont souvent une barrière cutanée altérée, ce qui facilite la pénétration des allergènes et des irritants, déclenchant ainsi des réactions inflammatoires. Il existe une forte composante génétique, avec un risque accru chez les individus ayant des antécédents familiaux de dermatite atopique, d'asthme ou de rhinite allergique.

Les déclencheurs courants de l'eczéma comprennent le stress, les irritants cutanés (comme les savons et les détergents), les allergènes environnementaux, les changements de température et d'humidité, et les infections cutanées. La gestion de l'eczéma implique à la fois des mesures préventives pour éviter les déclencheurs connus et des traitements pour contrôler les symptômes et réduire l'inflammation. (39)

#### Les traitements de l'eczéma comprennent :

- **Émoullients et crèmes hydratantes** : utilisés quotidiennement pour maintenir la barrière cutanée et prévenir la sécheresse.
- **Corticostéroïdes topiques** : pour réduire l'inflammation et les démangeaisons lors des poussées.
- **Inhibiteurs de la calcineurine topiques** (comme le tacrolimus et le pimécrolimus) : pour les zones sensibles de la peau ou en cas de réponse insuffisante aux stéroïdes.
- **Antihistaminiques** : pour diminuer les démangeaisons et améliorer le sommeil.
- **Agents biologiques** (comme le dupilumab) : pour les cas modérés à sévères qui ne répondent pas aux traitements topiques.

Les mesures préventives comprennent l'utilisation régulière d'émoullients, l'évitement des déclencheurs spécifiques, et le maintien d'un environnement intérieur avec une humidité adéquate.

#### *Variabilité de la sévérité*

L'eczéma se manifeste selon un spectre varié, avec différents degrés de gravité :

- **Eczéma léger** : Un enfant souffrant d'eczéma léger peut présenter des rougeurs et des démangeaisons localisées. Ces poussées sont gérables avec des émoullients et des ajustements du mode de vie.
- **Eczéma modéré** : Les adolescents et les adultes font face à des poussées plus fréquentes, avec des plaques sèches et squameuses. Les corticoïdes topiques deviennent indispensables.

- **Eczéma sévère** : Pour certains, l'eczéma devient un combat quotidien. Démangeaisons intenses, peau gercée et troubles du sommeil nécessitent souvent des immunosuppresseurs systémiques ou des produits biologiques.

Une peau saine agit comme une barrière protectrice, empêchant la perte d'eau et protégeant contre les irritants externes. Dans l'eczéma, cette barrière vacille. La filaggrine, une protéine essentielle, est souvent déficiente, laissant la peau vulnérable. De plus, l'eczéma affecte la santé mentale. Les enfants peuvent faire face à des moqueries et des exclusions, tandis que les adultes souffrent d'anxiété et de dépression.(38)

### *B) Mécanismes de la thérapie au laser pour l'eczéma*

La thérapie au laser utilise de l'énergie lumineuse focalisée pour cibler des zones spécifiques de la peau :(40)

- **LLLT (Thérapie au Laser de Faible Intensité)** : Stimule les processus de réparation cellulaire, améliore la fonction mitochondriale, favorise la production de collagène, réduit l'inflammation et accélère la cicatrisation.
- **Lasers Fractionnés** : Créent des micro-lésions dans la peau, stimulant une réponse de cicatrisation contrôlée et favorisant le remodelage du collagène.

### **1) Photobiomodulation (PBM), absorption sélective, immunomodulation et remodelage du collagène :**

La PBM implique l'application de longueurs d'onde spécifiques de lumière pour stimuler les processus cellulaires. Les mitochondries absorbent les photons, augmentant ainsi la production d'ATP et favorisant la réparation des tissus. Les longueurs d'onde du laser sont choisies pour correspondre à des chromophores spécifiques dans la peau, permettant une absorption ciblée et minimisant les dommages aux tissus environnants.

La thérapie au laser peut moduler les cellules immunitaires, réduisant les cytokines pro-inflammatoires et favorisant l'activité des cellules T régulatrices (Tregs). Ils stimulent les fibroblastes, responsables de la production de collagène, essentiel à la fermeture des plaies et à la réduction des cicatrices.

### **2) Types de lasers utilisés**

- ⇒ **Laser Excimer (308 nm)** : Utilise une lumière UVB focalisée pour cibler les plaques d'eczéma, supprime l'inflammation et favorise la réparation de la peau. Une étude a montré que ce traitement peut réduire l'abondance du staphylocoque doré et améliorer les lésions cutanées.
- ⇒ **Laser Fractionné** : Crée des colonnes microscopiques de lésions thermiques, stimulant la production de collagène et le remodelage des tissus.
- ⇒ **Laser à Colorant Pulsé (PDL)** : Cible les vaisseaux sanguins avec une lumière jaune, réduisant les rougeurs et les démangeaisons associées à l'eczéma.

### **3) Avantages de la thérapie au laser**

- **Précision** : Cible précisément les zones affectées, minimisant les effets secondaires.
- **Réduction de la dépendance aux stéroïdes** : Moins besoin de stéroïdes topiques.
- **Résultats durables** : Améliorations durables des symptômes.

- **Temps d'arrêt minimal** : Peu de temps d'arrêt, pratique pour les patients occupés.

### *Application concrète et témoignage de réussite(41)*

Les résultats des recherches démontrant les bénéfices de la thérapie au laser pour l'eczéma sont soutenus par plusieurs études. Par exemple, l'étude de Kurosaki et al. a examiné les effets de la lumière excimer de 308 nm sur le microbiome cutané des patients atteints de dermatite atopique.

L'équipe japonaise a évalué l'évolution de la flore microbienne, des lésions et de la fonction barrière de la peau chez 11 patients après deux mois de traitement laser hebdomadaire. Les résultats post-traitement montrent une diminution de la sévérité des lésions, un indice d'hydratation plus élevé et une amélioration de la fonction barrière de la peau. Concernant le microbiote cutané, les chercheurs ont observé une augmentation de certaines bactéries bénéfiques, signifiant une peau plus hydratée, et une réduction de l'espèce bactérienne néfaste, le staphylocoque doré. Ce traitement au laser a donc un effet positif sur le microbiote, particulièrement en réduisant l'abondance du staphylocoque doré, ce qui améliore les lésions cutanées chez les patients atteints de dermatite atopique.

### *Défis et considérations*

- **Coût** : Peut être élevé, surtout avec plusieurs séances.
- **Réponse individuelle** : Variabilité des résultats selon les patients.
- **Entretien** : Nécessité de séances de maintenance pour maintenir les résultats.

Tableau 3 : Tableau des lasers utilisables pour le traitement de l'eczéma

Type de Laser	Longueur d'Onde	Mécanisme d'Action	Efficacité	Effets Secondaires	Observations Cliniques
<b>Laser Excimer(42)</b>	308 nm	Utilise les UVB pour cibler les zones inflammatoires, réduisant l'inflammation et favorisant la guérison.	Efficace pour les lésions d'eczéma localisées et résistantes.	Rougeur, irritation légère.	Souvent utilisé pour les zones difficiles à traiter, comme les mains et les pieds.
<b>Laser CO2 Fractionné(43)</b>	10 600 nm	Crée des micro-perforations pour stimuler la régénération de la peau et réduire l'inflammation.	Amélioration notable des lésions chroniques et épaisses d'eczéma.	Rougeur, gonflement, risque de cicatrices légères.	Utilisé pour les formes sévères et résistantes d'eczéma.
<b>Laser Pulsed Dye (PDL)(55)</b>	585-595 nm	Cible les vaisseaux sanguins pour réduire l'inflammation et l'érythème.	Efficace pour les lésions inflammatoires et vasculaires de l'eczéma.	Rougeur, purpura temporaire (ecchymoses).	Recommandé pour les patients avec des lésions érythémateuses.
<b>Laser Nd:YAG(49)</b>	1064 nm	Pénètre profondément pour traiter les vaisseaux sanguins sous-jacents aux lésions inflammatoires.	Efficace pour les lésions profondes et résistantes de l'eczéma.	Douleur, hyperpigmentation temporaire.	Utilisé lorsque les autres lasers ne sont pas suffisants, notamment pour les lésions plus profondes.

Type de Laser	Longueur d'Onde	Mécanisme d'Action	Efficacité	Effets Secondaires	Observations Cliniques
Laser Erbium:YAG(46)	2940 nm	Utilisé pour ablater les couches superficielles de la peau, réduisant l'inflammation et favorisant la régénération.	Efficace pour les lésions superficielles et modérées d'eczéma.	Rougeur, irritation légère, faible risque de cicatrices.	Recommandé pour les patients avec des lésions superficielles et modérées.

En conclusion, le laser, avec ses différentes modalités telles que le laser Excimer, le laser fractionné et le laser à colorant pulsé, s'affirme comme une option thérapeutique prometteuse dans le traitement de l'eczéma, en offrant des améliorations ciblées et durables des symptômes, tout en réduisant la dépendance aux corticostéroïdes topiques.

## Section 4 : les angiomes

### A) Comprendre les angiomes : types, manifestations et origines

Les angiomes, également appelés **malformations vasculaires**, sont des lésions cutanées qui résultent d'un développement anormal des vaisseaux sanguins durant la période embryonnaire ou peu après la naissance. Ces anomalies se manifestent sous différentes formes, les plus courantes étant les angiomes plans et les hémangiomes infantiles.

**Les angiomes plans**, souvent désignés sous le nom de "**taches de vin**", apparaissent comme des taches rouges ou violacées sur la peau. Ces taches, présentes **dès la naissance**, persistent généralement tout au long de la vie. Elles sont causées par une **dilatation persistante des capillaires de la peau** et peuvent **se localiser n'importe où sur le corps**, bien que le visage et le cou soient des zones fréquemment touchées. Cette localisation peut entraîner une détresse esthétique importante.

En revanche, **les hémangiomes infantiles** sont des **tumeurs vasculaires bénignes** qui apparaissent **peu après la naissance**, souvent sous la forme de petites masses rouges ou violacées en relief. Ces hémangiomes sont caractérisés par une croissance rapide au cours des premiers mois de vie, suivie d'une phase de régression progressive. Bien que la plupart des hémangiomes disparaissent spontanément sans intervention, ceux situés près des yeux, de la bouche ou d'autres zones sensibles peuvent poser des risques fonctionnels, nécessitant ainsi une intervention médicale.

Les causes exactes de cette prolifération anormale des vaisseaux sanguins ne sont pas entièrement élucidées, mais des facteurs génétiques et parfois environnementaux sont suspectés de jouer un rôle. Les traitements, tels que les thérapies au laser ou les médicaments comme le propranolol, visent à prévenir ou à atténuer les impacts esthétiques et fonctionnels de ces malformations.

### B) Traitement des angiomes plans par laser

Depuis plus de 30 ans, les traitements au laser, en particulier le laser à colorant pulsé, sont utilisés comme traitement de référence pour ces lésions. **Ces traitements visent à détruire les capillaires excédentaires des angiomes par photothermolyse, préservant les tissus environnants et évitant les cicatrices.**

Pour obtenir un éclaircissement progressif des angiomes, **plusieurs séances espacées de quelques mois sont nécessaires. Le traitement précoce, idéalement dans les premiers mois de vie, est crucial pour des résultats optimaux.** Les angiomes situés au centre du visage ou aux extrémités des membres, ainsi que ceux traités tardivement, peuvent ne pas s'éclaircir complètement.

### *Douleur et soins post-traitement*

Le traitement peut être douloureux, nécessitant l'application d'une **crème anesthésiante** une à deux heures avant, et parfois une analgésie complémentaire au **gaz MEOPA** ou une anesthésie générale de courte durée. Les suites sont généralement sans douleur, avec l'apparition d'un purpura (semblable à un hématome) qui se résorbe en 10 à 15 jours, accompagné d'un léger œdème pendant deux à quatre jours. Quelques croûtes superficielles peuvent également se former et disparaissent spontanément.

Après la séance, l'application d'une crème apaisante et cicatrisante est recommandée, ainsi qu'une protection solaire rigoureuse pendant au moins un mois. Chez les adultes, un maquillage-camouflage peut aider à maintenir une vie sociale normale.

### *Complications*

Les complications sont rares. Les hyperpigmentations (taches brunes) sont plus fréquentes sur les peaux foncées et les membres inférieurs, disparaissant spontanément ou avec des traitements dépigmentants topiques. Les hypochromies (taches claires) peuvent aussi apparaître. Le risque de cicatrice est faible, généralement lié à un surdosage accidentel. Une protection rigoureuse des yeux pendant la séance est essentielle pour éviter tout risque oculaire.

## *C) Aperçu des résultats pour le traitement des angiomes plans et hémangiomes infantiles*

### **1) Tâches de vin (Port-Wine Stains)**

Leur cause exacte est inconnue, mais elles sont parfois associées à d'autres conditions médicales comme le **syndrome de Sturge-Weber**. Chez l'adulte, c'est le **laser à colorant pulsé** qui est la technique de référence la plus souvent utilisée.

#### *Étude sur l'efficacité du laser Pulsed Dye 595 nm pour les taches de vin faciales :*

L'objectif de cette étude était d'évaluer l'efficacité du laser à colorant pulsé (LCP) de 595 nm dans le traitement des angiomes plans (AP) du visage et du cou, ainsi que d'explorer les principaux facteurs influençant cette efficacité.



Figure 11 : Aperçu d'un angiome plan épais de l'enfant : Avant et après sept séances de traitement par laser combiné colorant pulsé et Nd : YAG. (Coll. Jean-Luc Lévy).

### **Méthodologie**

L'étude rétrospective a inclus 259 patients atteints d'angiomes plans, traités par LCP 595 nm. **L'efficacité** du traitement a été évaluée en **comparant les photographies des patients avant et après traitement**, en utilisant le **purpura léger** comme critère de fin de traitement. Parmi les patients, 82 étaient des hommes et 177 des femmes, avec des âges allant de 1 mois à 63 ans. Une analyse univariée a été réalisée pour sélectionner les facteurs influençant l'efficacité du traitement. Ensuite, une analyse de régression logistique multivariée ordonnée a été effectuée pour évaluer les principaux facteurs influençant l'efficacité. Les statistiques des réactions indésirables ont également été recueillies.(47)

### **Résultats**

Parmi les 259 patients étudiés :

- 57 patients (22%) ont obtenu une disparition complète de l'angiome.
- 106 patients (40.9%) ont montré une amélioration significative.
- 68 patients (26.3%) ont montré une amélioration modérée.
- Au total, 231 patients (89.2%) ont bénéficié d'un traitement efficace, tandis que 28 patients (10.8%) n'ont pas répondu au traitement.



Figure 12 : Photos de visages avec un angiome plan, traités par plusieurs séances de LPD 595nm

L'analyse de régression logistique multivariée a révélé que les principaux facteurs influençant l'efficacité thérapeutique étaient :

- **La couleur de l'angiome** : Les AP de type rouge avaient une meilleure réponse au traitement que ceux de type violet (Odds-ratio [OR]=2.748, P<0.05).
- **La superficie de l'angiome** : Les AP de  $\leq 10$  cm<sup>2</sup> répondaient mieux au traitement que ceux de  $>10$  cm<sup>2</sup> (OR=2.094, P<0.05).
- **Les sites anatomiques** : Les AP situés dans la section centrale du visage avaient une moins bonne réponse que ceux situés sur le cou (OR=0.190, P<0.05). De même, les AP situés dans les sections centrale et latérale du visage répondaient moins bien que ceux sur le cou (OR=0.243, P<0.05).
- **Le nombre de séances de traitement** : Les patients ayant eu plus de 3 séances de traitement montraient une meilleure efficacité que ceux ayant eu 1 à 3 séances (OR=0.508, P<0.05).

Aucun patient n'a présenté de réactions indésirables graves.

Les patients ayant des **angiomes plans situés sur le cou, de type rouge et d'une superficie  $\leq 10$  cm<sup>2</sup> sont particulièrement adaptés au traitement par LCP 595 nm**. Pour une efficacité optimale, il est recommandé de réaliser plus de trois séances de traitement. Le sexe, l'âge et la prolifération des angiomes n'ont pas d'impact significatif sur l'efficacité du traitement.

## 2) Hémangiomes infantiles

Les indications dermatologiques du traitement laser chez l'enfant concernent justement principalement les lésions vasculaires, telles que les hémangiomes infantiles (HI). L'évolution naturelle de l'HI comporte trois phases : une **phase de croissance rapide**, une **phase de stabilisation**, puis une **phase de régression progressive** qui peut s'étaler sur plusieurs années.



Figure 13 : Enfant âgé de douze ans avec résidus d'hémangiomes infantiles (Avant et après trois séances de traitement par laser Nd : YAG. Coll. Jean-Luc Lévy.)

**Dans plus de 80% des cas, aucun traitement n'est nécessaire.** Cependant, **pour limiter la croissance ou accélérer la régression des HI isolés** dès les premières semaines de vie, le traitement par **laser à colorant pulsé (LCP)** peut être envisagé.(48) Les **HI ulcérés ou résiduels** constituent également une indication pour ce type de traitement. Lorsque le pronostic fonctionnel ou esthétique est compromis, **le propranolol systémique est le traitement de**

**première ligne.** Après l'âge d'un an, une approche combinée utilisant le LCP et le propranolol a montré qu'elle pouvait accélérer la régression des HI et **permettre une réduction des doses de propranolol**, optimisant ainsi les résultats thérapeutiques tout en minimisant les effets secondaires.(49)

Tableau 4 : Tableau non exhaustif des lasers utilisables pour le traitement des Angiomes

Type de Laser	Longueur d'Onde	Mécanisme d'Action	Efficacité	Effets Secondaires	Observations Cliniques
Laser Pulsed Dye (PDL)(47,50)	585-595 nm	Cible les vaisseaux sanguins en favorisant l'absorption de l'oxyhémoglobine.	Efficace pour réduire les taches de vin (Port-Wine Stains) et les hémangiomes infantiles.	Rougeur, purpura temporaire (ecchymoses).	Recommandé pour les angiomes faciaux et les télangiectasies.
Laser Nd:YAG(51)	1064 nm	Pénètre plus profondément pour traiter les vaisseaux sanguins plus larges et les angiomes résistants.	Efficace pour les veines d'araignée et les hémangiomes profonds.	Douleur, hyperpigmentation temporaire.	Utilisé lorsque le PDL n'est pas suffisant, notamment pour les angiomes plus profonds.
Laser Alexandrite(52)	755 nm	Cible les pigments et les vaisseaux sanguins, souvent utilisé pour les lésions vasculaires superficielles.	Efficace pour les angiomes de petite taille et les télangiectasies.	Rougeur, irritation temporaire.	Recommandé pour les petits angiomes et les lésions vasculaires de surface.
Laser KTP(53)	532 nm	Absorbé par les vaisseaux sanguins superficiels, détruisant les capillaires sans endommager la peau.	Efficace pour les télangiectasies et les petites lésions vasculaires.	Rougeur, légère irritation.	Utilisé principalement pour les lésions vasculaires superficielles et les angiomes cerises.
Laser CO2 Fractionné(54)	10 600 nm	Ablatif, il vaporise les tissus affectés, stimulant la régénération.	Efficace pour les angiomes profonds et résistants après d'autres traitements.	Rougeur, gonflement, risque de cicatrices légères.	Utilisé en combinaison avec d'autres lasers pour les cas résistants et les cicatrices résiduelles.
Laser Vbeam(55)	595 nm	Version avancée du laser Pulsed Dye, il cible les vaisseaux sanguins en utilisant des impulsions plus précises.	Très efficace pour les taches de vin, les hémangiomes et les télangiectasies.	Rougeur, purpura temporaire, légère douleur.	Considéré comme le gold standard pour le traitement des lésions vasculaires en raison de sa précision.

En conclusion, le laser à colorant pulsé est un outil clé dans le traitement des angiomes, permettant de cibler efficacement les lésions vasculaires avec des résultats esthétiques et fonctionnels significatifs.

## Section 5 : Les cancers cutanés et la photothérapie dynamique

La photothérapie dynamique (PDT) utilise une **crème photosensibilisante**, telle que le Metvixia (méthylester de 5-ALA), **combinée à une lumière LED rouge** pour traiter certains cancers cutanés superficiels. Le choix de la lumière rouge est basé sur ses propriétés physiques : **elle pénètre plus profondément dans les tissus cutanés** par rapport aux autres longueurs d'onde, comme le bleu ou le jaune, ce qui permet d'activer efficacement la crème photosensibilisante concentrée dans les cellules cancéreuses.

Le mécanisme d'action repose sur la photobiomodulation : lorsque la lumière rouge illumine la zone traitée, elle **déclenche une réaction photochimique dans la crème photosensibilisante, produisant des espèces réactives de l'oxygène qui détruisent les cellules cancéreuses tout en préservant les tissus sains environnants**. Cette méthode est particulièrement efficace pour traiter **des lésions étendues ou multiples difficiles à opérer**, tout en offrant d'excellents résultats cosmétiques avec un risque minimal de cicatrices.

- ⇒ La crème, inefficace dans l'obscurité, se concentre dans certaines cellules cancéreuses et les détruit après activation par la lumière. La C-PDT est remboursée par l'assurance maladie en France pour traiter certains pré-cancers et cancers superficiels cutanés étendus ou multiples dans la même zone, difficiles à opérer.

### *Procédure de traitement :*

1. **Préparation à la maison** : Application de crèmes kératolytiques pour diminuer l'épaisseur des lésions.
2. **Préparation au cabinet** : Curetage doux, microperforation de la peau par microneedling, ponçage doux ou laser à micro-aiguille.
3. **Application du Metvixia** : Incubation sous film transparent et pansement opaque pendant 3 heures.
4. **Illumination par LED rouge** : Exposition des zones traitées à la lumière rouge pendant 7 à 30 minutes. Des lunettes de protection sont utilisées.

### *Soins post-traitement :*

Pendant le traitement, une **sensation de brûlure intense peut être ressentie**, surtout en cas de lésions étendues. Des médicaments antidouleur, un appareil d'air froid ou des anesthésies locales peuvent être utilisés pour atténuer la douleur. Après le traitement, **la peau devient rouge, gonflée et sensible, signe d'efficacité**. Une éviction totale du soleil est recommandée pendant 48 heures. Les effets secondaires locaux sont maximaux autour du 3<sup>ème</sup>-4<sup>ème</sup> jour : rougeurs, croûtes, érosions et parfois saignements. **Ensuite, la peau pèle et se renouvelle**. Une seule session peut suffire, mais plusieurs peuvent être nécessaires.

Le grand avantage de la PDT est l'absence de cicatrices et les excellents résultats cosmétiques. C'est une alternative à la chirurgie, particulièrement chez les **patients prenant des anticoagulants** et ayant **des lésions multiples et étendues**.

### *Les effets secondaires :*

- **Douleur** : Intense, surtout en cas de lésions étendues.
- **Rougeurs** : Jusqu'à 2 mois, surtout pour les peaux claires.

- **Pigmentation Post-Inflammatoire** : Ombres brunes transitoires chez les peaux mates.
- **Efficacité Insuffisante** : Nécessite parfois des combinaisons avec d'autres techniques.
- **Récidives** : Nécessite des séances d'entretien régulières.



Figure 14 : Photo d'un résultat de Photothérapie dynamique avec Metvix sur un patient atteint d'un cancer cutané (56)

## **Partie III : Laser et dispositifs à base d'énergie en dermatologie : De l'épilation à la réparation cutané**

### **Section 1 : L'épilation définitive**

L'épilation par laser et lumière pulsée intense (IPL), couramment utilisée depuis les années 1990, a largement prouvé son efficacité. Cette méthode est plus rapide, moins douloureuse et plus durable que l'épilation par électrolyse (méthode d'épilation définitive qui utilise une fine aiguille insérée dans le follicule pileux pour délivrer un courant électrique. Ce courant détruit les cellules responsables de la croissance des poils, empêchant ainsi leur repousse.). Elle améliore considérablement la qualité de vie des patients souffrant de pilosité excessive ou de pathologies telles que l'hypertrichose, l'hirsutisme, les folliculites, les nodules d'hydradénite, et les kystes pilonidaux. Par exemple, les folliculites liées à l'inflammation ou à l'incarnation des poils après rasage ou épilation à la cire peuvent être améliorées en une ou deux séances seulement. Les résultats varient en fonction du sexe, de l'âge, de la zone traitée et des modifications hormonales.

*A) Brèves descriptions des pathologies traitables par laser épilatoire ( Hypertrichose, hirsutisme, folliculites, nodules d'hidradénite suppurée, kystes pilonidaux ) : (57)*

**Hypertrichose**

L'hypertrichose est une condition caractérisée par une croissance excessive de poils dans des zones où les poils sont normalement peu présents ou absents. Elle peut être généralisée ou localisée et est souvent causée par des facteurs génétiques, des troubles hormonaux, ou des médicaments spécifiques. Contrairement à l'hirsutisme, l'hypertrichose n'est pas liée à des niveaux élevés d'androgènes.

**Hirsutisme**

L'hirsutisme désigne la croissance excessive de poils chez les femmes dans des zones typiquement masculines, comme le visage, le torse, et le dos. Cette condition est souvent causée par un excès d'androgènes, hormones mâles, et est fréquemment associée à des syndromes tels que le syndrome des ovaires polykystiques (SOPK).

**Folliculites**

La folliculite est une inflammation des follicules pileux, souvent causée par une infection bactérienne, notamment par **Staphylococcus aureus**. Elle se manifeste par des rougeurs, des démangeaisons, et des pustules autour des follicules pileux. Elle peut être superficielle ou profonde et peut toucher n'importe quelle partie du corps couverte de poils.

**Nodules d'Hidradénite Suppurée**

L'hidradénite suppurée est une maladie chronique de la peau qui provoque la formation de nodules douloureux sous la peau, souvent dans les zones où la peau se frotte, comme les aisselles, l'aîne et sous les seins. Ces nodules peuvent se rompre et libérer du pus, entraînant des cicatrices et des tunnels sous la peau. La cause exacte est inconnue, mais elle est liée à l'inflammation des glandes sudoripares et des follicules pileux.

**Kystes Pilonidaux**

Les kystes pilonidaux sont des cavités remplies de poils et de débris cutanés situées généralement près du coccyx, au sommet de la fente des fesses. Ils peuvent devenir infectés et former des abcès douloureux qui nécessitent souvent un drainage chirurgical. Les kystes pilonidaux sont fréquents chez les jeunes adultes, surtout ceux qui passent beaucoup de temps assis.

Ces descriptions succinctes fournissent un aperçu des pathologies souvent traitées par épilation laser, soulignant leur impact potentiel sur la qualité de vie des patients.

*B) Le poil et son cycle de croissance*

Un poil naît au fond du follicule pileux. Chaque poil est caractérisé par :

- Sa couleur, déterminée par la qualité et la teneur en mélanine.
- Son type, qui détermine sa profondeur et son épaisseur : duvet (fin et superficiel), intermédiaire, et terminal (épais et profond).
- Son stade de croissance, qui dure de 5 à 18 mois selon les zones (anagène : pousse, catagène : repos, télogène : chute).

Il est important de noter que tous les poils d'une même zone ne sont pas au même stade de croissance ni implantés de manière homogène à la même profondeur, ce qui explique pourquoi le laser ne peut pas tous les détruire en une seule séance.

### C) L'acte d'épilation laser

L'épilation laser est une méthode efficace pour réduire durablement la pilosité en ciblant la mélanine du poil, provoquant ainsi la destruction du bulbe et de la tige pileuse. En général, 8 à 10 séances sont nécessaires pour une réduction significative des poils corporels, tandis que le duvet facial peut nécessiter jusqu'à 12 séances. Les lasers Alexandrite (755 nm) sont adaptés aux phototypes 1 à 3, et les lasers Nd(1064 nm) aux phototypes 4 à 6, ce qui permet de traiter différents types de peau en toute sécurité.

Avant chaque séance, il est recommandé de raser la zone à traiter, et une protection oculaire est essentielle. Les effets secondaires incluent des rougeurs (présentes chez 90% des patients), des croûtes (10-20%), et, dans des cas rares, des cloques (<1%). L'hypertrichose paradoxale, une augmentation de la pilosité dans des zones adjacentes, est observée chez 2 à 10% des patients, principalement ceux avec des déséquilibres hormonaux. Les zones concernées par la repousse paradoxale sont les lèvres du visage, la ligne ombilicale et la poitrine. La gestion de la repousse paradoxale peut nécessiter jusqu'à 20 séances supplémentaires pour certains patients.

### D) Récapitulatif des lasers et IPL utilisables pour l'épilation définitive

Type de Technologie	Mécanisme d'Action	Efficacité	Effets Secondaires	Observations Cliniques
Laser Alexandrite, 755 nm	Absorbé par la mélanine dans le follicule pileux, ce laser chauffe et détruit le follicule sans endommager la peau environnante.	Très efficace pour les peaux claires à cheveux foncés.	Rougeur, gonflement, formation de croûtes, hypo-/hyperpigmentation.	Considéré comme l'un des lasers les plus efficaces pour l'épilation sur les peaux claires.
Laser Diode, 800-810 nm	Émet une longueur d'onde absorbée par la mélanine du poil, chauffant et détruisant le follicule pileux.	Efficace pour une large gamme de types de peau et de couleurs de cheveux, bien que moins efficace sur les cheveux très clairs ou roux.	Rougeur, gonflement, hypo-/hyperpigmentation.	Très populaire en raison de sa polyvalence et de son efficacité pour différents types de peau.
Laser Nd, 1064 nm	Pénètre plus profondément dans la peau, chauffant et détruisant les follicules pileux tout en étant plus sûr pour les peaux plus foncées.	Efficace pour tous les types de peau, y compris les peaux foncées, mais moins efficace pour les cheveux fins ou clairs.	Douleur, rougeur, gonflement, hypo-/hyperpigmentation.	Choix privilégié pour les peaux foncées en raison de son profil de sécurité supérieur.
Laser Ruby, 694 nm	Absorbé fortement par la mélanine, ce laser chauffe et détruit les follicules pileux, particulièrement efficace pour les poils foncés sur les peaux claires.	Efficace pour les poils foncés sur les peaux claires, moins efficace pour les peaux plus foncées et les poils clairs.	Rougeur, gonflement, formation de croûtes, hypo-/hyperpigmentation.	Moins utilisé aujourd'hui en raison de la disponibilité de lasers plus avancés et polyvalents.
Lumière Pulsée Intense (IPL)	Utilise un large spectre de lumière pour chauffer et détruire les follicules pileux, avec des filtres pour ajuster les longueurs d'onde en fonction du type de peau.	Efficace pour une gamme de types de peau et de couleurs de cheveux, mais généralement moins efficace que les lasers pour les cheveux très clairs	Rougeur, gonflement, formation de croûtes, hypo-/hyperpigmentation.	Offre une alternative flexible et moins coûteuse aux lasers, mais nécessite plus de sessions pour des résultats optimaux.

Type de Technologie	Mécanisme d'Action	Efficacité	Effets Secondaires	Observations Cliniques
		ou les peaux très foncées.		
Laser Clarity II, 755 nm et 1064 nm	Combinaison de deux longueurs d'onde pour une épilation efficace sur tous les types de peau.	Efficace pour une large gamme de types de peau, y compris les peaux foncées et bronzées.	Rougeur, légère gêne, hypo-/hyperpigmentation.	Permet de traiter efficacement tous les types de peau grâce à la combinaison de deux longueurs d'onde.

Tableau 5 : Récapitulatif des différents lasers utilisables pour l'épilation définitive

En conclusion, l'épilation laser est une méthode efficace pour la réduction durable de la pilosité et le traitement de certaines pathologies comme l'hirsutisme et les folliculites, adaptée à divers phototypes, mais nécessitent des précautions spécifiques pour minimiser les effets secondaires et gérer les cas de repousse paradoxale.

## Section 2 : Le détatouage au laser

### A) Principe de la technologie

Le tatouage permanent connaît un regain de popularité, avec environ 25% des moins de 30 ans en France étant tatoués. Cependant, ces tatouages, qu'ils soient artistiques, rituels ou médicaux, deviennent parfois indésirables pour diverses raisons, y compris des changements personnels ou professionnels. On estime qu'au moins 10% des 5 à 10 millions de personnes tatouées souhaiteront se faire retirer leur tatouage dans les prochaines années. (58)

**Principe de la technologie :** Le détatouage au laser est désormais la méthode privilégiée pour éliminer les tatouages, surpassant des techniques plus invasives comme la dermabrasion et l'exérèse chirurgicale. Ce processus repose sur la fragmentation des pigments du tatouage en particules suffisamment petites pour être éliminées par le système immunitaire, sans endommager l'épiderme.

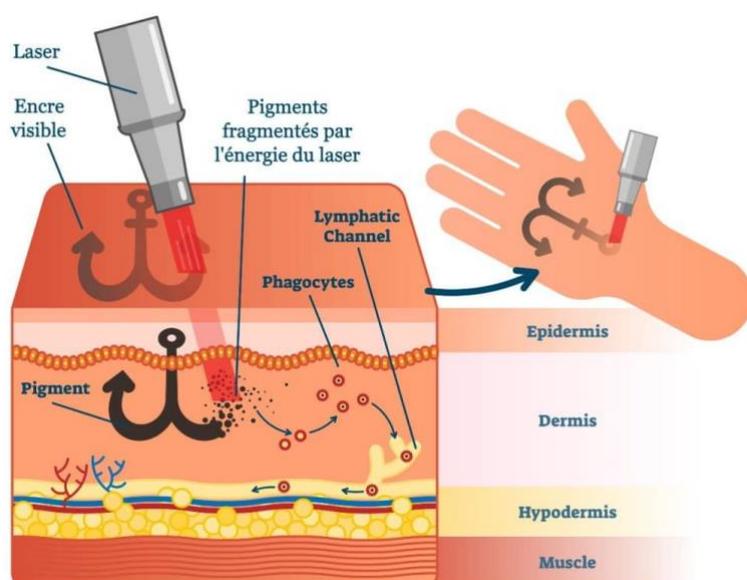


Figure 15 : Schéma montrant le fonctionnement du retrait d'un tatouage par technique laser(59)

**Dermabrasion** : La dermabrasion est une technique plus ancienne qui consiste à "poncer" la couche superficielle de la peau pour enlever le pigment du tatouage. Cette méthode utilise une fraise ou une brosse rotative à grande vitesse pour abraser la peau. La dermabrasion peut être **douloureuse** et entraîne souvent des **saignements et une période de récupération prolongée**. Elle est également associée à un risque élevé de cicatrices et de changements pigmentaires, ce qui la rend moins favorable que les techniques modernes de détatouage au laser. De plus, elle est généralement réservée à des zones spécifiques ou dans les cas où le laser n'est pas une option viable.

**Exérèse chirurgicale** : L'exérèse chirurgicale implique l'ablation du tatouage en découpant la peau tatouée. Cette méthode est utilisée principalement pour les petits tatouages ou ceux qui ne répondent pas aux traitements laser. L'exérèse est une procédure invasive qui nécessite des points de suture et **laisse inévitablement une cicatrice**. Cette technique est rapide et permet de **retirer complètement le tatouage en une seule intervention**, mais elle est souvent réservée dans les cas où les autres méthodes sont inefficaces ou inapplicables. L'exérèse chirurgicale est généralement suivie par une période de guérison et peut nécessiter des soins post-opératoires pour minimiser les risques de cicatrisation excessive.

En résumé, chacune de ces techniques a ses indications spécifiques, et le choix dépendra de divers facteurs, notamment la taille, l'emplacement et la nature du tatouage, ainsi que les préférences du patient et les conseils du professionnel de santé, mais on comprend aisément que le détatouage au laser est la méthode la plus avancée et préférée en raison de sa capacité à cibler les pigments sans endommager gravement l'épiderme.

### ***B) Types de lasers, applications et déroulement du traitement***

Les lasers utilisés pour le détatouage émettent des faisceaux à des longueurs d'onde spécifiques qui ciblent les pigments sans altérer la peau environnante. Les principaux types de lasers incluent :

- **Lasers Q-switched** : Utilisant des **nanosecondes** pour fragmenter les pigments, ces lasers sont adaptés à diverses couleurs de tatouages grâce à des longueurs d'onde spécifiques.
  - ⇒ le Nd 1064 nm est utilisé pour les **pigments bleus, noirs et marrons**
  - ⇒ le Nd 532 nm pour les **pigments rouges**
  - ⇒ le Rubis 694 nm pour le **violet et le vert**,
  - ⇒ l'Alexandrite 755 nm pour le **bleu et le vert**
- **Lasers picoseconde** : Ces lasers offrent **des impulsions plus courtes** pour une efficacité accrue, nécessitant potentiellement moins de séances pour les tatouages multicolores, bien qu'à un coût plus élevé.

**Déroulement du traitement** : Le traitement de détatouage au laser nécessite plusieurs séances, **espacées d'au moins un mois**, pour permettre à la peau de cicatriser et d'éliminer les pigments fragmentés. En moyenne, 2 à 10 séances sont nécessaires, parfois plus pour les tatouages professionnels ou les **couleurs plus résistantes comme le vert et le bleu turquoise**. Les tatouages faits maison et les tatouages rituels nécessitent généralement moins de séances. Durant les séances, les yeux sont protégés par des lunettes spéciales. Une crème anesthésiante ou une anesthésie locale peut être utilisée pour réduire la douleur. Après le traitement, un

blanchiment immédiat et un léger saignement peuvent survenir, suivis de gonflements temporaires et de cloques, en particulier avec les lasers picoseconde. Des pansements et des crèmes cicatrisantes sont recommandés pour faciliter la guérison en une à deux semaines.

**Contre-indications et précautions :** Les principales contre-indications incluent les affections dermatologiques actives, les peaux récemment bronzées, et les tatouages récents. La grossesse est également une contre-indication. Il est essentiel d'éviter l'exposition au soleil après le traitement pour réduire le risque d'hyperpigmentation.

*Coûts et considérations financières :* Les coûts du détatouage varient considérablement, allant de 50 euros pour des petits tatouages monochromes à plus de 200 euros pour des œuvres plus grandes et multicolores, par séance.

### **C) Aperçu clinique de l'acte de détatouage (60)**



Figure 16 : Résultat détatouage : 3 couches de tatouages en haut du bras, 3 longueurs d'ondes, plus de 15 séances, 6 ans après aspect cicatriciel montrant un changement de texture, de l'achromie, et de l'encre vert.



Figure 17 : Résultat détatouage : Tatouage cosmétique des lèvres, 21 mois plus tard l'aspect cicatriciel montre la limite du détatouage au laser déclenché ( dans ce cas il faut préférer le laser resurfacing ))



Figure 18 : Résultat détatouage : Tatouage professionnel des lombes traité au laser déclenché Nd : Yag 1064nm. L'aspect cicatriciel après 13 séances n'est pas dû au laser mais à l'aiguille du tatoueur

En conclusion, le détatouage au laser est une méthode efficace et sûre pour éliminer les tatouages, offrant des résultats significatifs avec un risque minimal d'effets secondaires lorsqu'il est réalisé par des professionnels compétents. Les avancées technologiques continuent d'améliorer son efficacité et de minimiser les complications, rendant le processus plus accessible et satisfaisant pour ceux qui souhaitent retirer leurs tatouages.

Tableau 6 : Tableau récapitulatif des principaux lasers utilisés pour le détatouage

Type de Laser	Longueur d'Onde	Mécanisme d'Action	Efficacité	Effets Secondaires	Observations Cliniques
Laser Q-Switched Nd:YAG(61)	1064 nm / 532 nm	Emission de courtes impulsions pour fragmenter les pigments de l'encre en particules plus petites, permettant leur élimination par le système immunitaire.	Efficace pour les encres noires et sombres (1064 nm) et les encres rouges (532 nm).	Rougeur, gonflement, formation de croûtes, hypo-/hyperpigmentation	Considéré comme la norme en détatouage pour sa polyvalence et son efficacité.
Laser Q-Switched Ruby(62)	694 nm	Absorbé fortement par les pigments sombres, le laser fragmente l'encre en particules plus petites éliminées par le système immunitaire.	Efficace pour les encres noires, bleues et vertes.	Douleur, formation de croûtes, hypo-/hyperpigmentation	Très efficace pour les encres plus sombres, mais avec un risque plus élevé de cicatrices et d'effets secondaires par rapport au Nd:YAG.
Laser Q-Switched Alexandrite(63)	755 nm	Absorbé par les pigments foncés et verts, ce laser fragmente les pigments pour permettre leur élimination par le système immunitaire.	Efficace pour les encres noires, vertes et bleues.	Douleur, formation de croûtes, hypo-/hyperpigmentation	Convient bien pour les encres vertes et bleues, mais a un risque de cicatrices et de changements de pigmentation similaires au Ruby.
Laser PicoSure(64)	755 nm	Utilise des impulsions ultracourtes (picosecondes) pour fragmenter les pigments en particules plus petites que celles traitées par les lasers Q-Switched.	Efficace pour une large gamme de couleurs d'encre, y compris les couleurs réfractaires.	Rougeur, gonflement, formation de croûtes, hypo-/hyperpigmentation	Permet une élimination plus rapide et potentiellement moins de sessions nécessaires par rapport aux lasers Q-Switched, mais peut être plus coûteux.

### Section 3 : L'acné, les tâches pigmentaires, les cicatrices et le relissage cutané

#### Sous section 1 : L'acné

##### A) Comprendre les conséquences de l'acné avant d'aborder les traitement par Laser

Avant de se pencher sur les traitements laser pour l'acné, il est crucial de comprendre les conséquences que cette pathologie peut avoir sur la peau, ainsi que son mode de fonctionnement. L'acné ne se limite pas à l'apparition de boutons; elle entraîne une série de réactions inflammatoires et biologiques qui peuvent laisser des marques durables et des cicatrices sur la peau. Ces lésions et cicatrices ne sont pas seulement des préoccupations esthétiques, mais elles reflètent des processus cutanés complexes impliquant les follicules pilosébacés, la production excessive de sébum, et l'activité bactérienne. En outre, l'acné, particulièrement sous ses formes modérées à sévères, peut provoquer des altérations permanentes de la texture et de la pigmentation de la peau. Ces altérations incluent des cicatrices atrophiques (creusées) et hypertrophiques (surélevées), ainsi que des taches pigmentées et érythémateuses. Chacune de ces séquelles résulte d'un mécanisme biologique spécifique qu'il est essentiel de comprendre pour pouvoir choisir le traitement approprié.

C'est cette compréhension approfondie des mécanismes et des impacts de l'acné qui guide la sélection et l'application des traitements laser, lesquels visent non seulement à réduire les lésions actives, mais aussi à atténuer les marques et cicatrices laissées par la maladie.

## *B) Détail de la pathologie et traitements existants*

### **1) Prévalence, causes, mécanisme et facteurs déclenchants de l'acné : (65)**

L'acné se manifeste généralement à partir de la puberté, touchant 80 % des adolescents et jeunes adultes entre 12 et 20 ans. Environ 15 à 20 % des cas sont considérés comme sévères. Chez les adultes, l'acné est de plus en plus fréquente, particulièrement chez les femmes (environ 25 %). Cette forme d'acné peut être une continuation de l'acné adolescente non résolue ou apparaître à l'âge adulte, parfois associée à des troubles hormonaux comme le syndrome des ovaires polykystiques. Plusieurs facteurs contribuent à l'apparition et à l'aggravation de l'acné, incluant des facteurs hormonaux (augmentation des androgènes), génétiques, environnementaux (comme certains cosmétiques), et le stress. Bien que non dangereuse, l'acné peut avoir un impact psychologique significatif, affectant l'estime de soi et la qualité de vie.

**Mécanisme de l'acné :** Cette condition inflammatoire concerne le follicule pilosébacé, où chaque follicule contient un poil associé à une glande sébacée. Cette glande sécrète du sébum, une substance normalement fluide qui s'écoule à travers les pores de la peau pour la protéger. Dans le cas de l'acné, **le sébum est produit en excès et devient épais, tandis que les cellules mortes obstruent les pores de la peau.** Cet environnement riche en lipides favorise la multiplication anormale de la bactérie **Propionibacterium acnes**, entraînant l'apparition de lésions d'acné.

#### **Zones touchées par l'acné :**

Environ 95 % des personnes souffrant d'acné présentent des lésions principalement sur le visage. Cependant, d'autres zones peuvent également être affectées : Le dos : 43 % des cas / Le cou : 20 % / La poitrine : 20 %.

#### **Les principales lésions d'acné incluent :**

- **Hyperséborrhée :** Peau grasse caractérisée par un aspect brillant, prédominant sur la zone médiane du visage.
- **Comédons ouverts (points noirs) :** Bouchons de 1 à 3 mm de diamètre obstruant les pores de la peau, colorés en noir par la mélanine.
- **Comédons fermés (points blancs) :** Papules blanchâtres de 2 à 3 mm de diamètre dues à l'accumulation de sébum et de kératine.
- **Papules et pustules :** Boutons rouges inflammatoires avec ou sans pus.
- **Nodules et kystes :** Bosses profondes et douloureuses de plus de 5 mm, pouvant laisser des cicatrices.

#### **L'acné est classifiée selon la gravité des lésions :**

- **Légère :** Quelques comédons et boutons sur **moins de la moitié du visage.**
- **Modérée :** Présence de comédons, papules et pustules sur **plus de la moitié du visage,** avec possibilité de nodules.
- **Sévère :** Nombreux comédons, papules et pustules sur **tout le visage,** rares nodules.

- **Très sévère** : Acné très inflammatoire avec de nombreuses lésions volumineuses et nodules ancrés sous la peau.

L'acné évolue souvent par poussées et peut durer plusieurs années avant de guérir. Une fois guérie, l'acné peut laisser des cicatrices temporaires (rouges ou pigmentées) ou définitives (creux ou reliefs sur la peau). Il est donc crucial de traiter l'acné sérieuse ou ayant un impact psychosocial dès que possible pour prévenir les cicatrices et améliorer la qualité de vie.

## 2) Options thérapeutiques (topiques, systémiques, physiques).

Le traitement de l'acné vise à réduire la production de sébum, à accélérer le renouvellement des cellules de la peau, à combattre l'infection bactérienne, et à diminuer l'inflammation.

Les options thérapeutiques incluent (66):

- **Traitements topiques** : rétinoïdes (comme l'adapalène), antibiotiques, acide azélaïque, et peroxyde de benzoyle.
- **Traitements systémiques** : antibiotiques oraux (comme la doxycycline et la minocycline), isotrétinoïne (pour les formes sévères), et agents hormonaux (comme la pilule contraceptive chez les femmes).
- **Traitements physiques** : nettoyage de la peau, extraction des comédons, et dans certains cas, des traitements au laser ou la dermabrasion.

Les traitements de première intention dépendent de la gravité et du type d'acné. Pour l'acné légère, les traitements topiques sont souvent suffisants. Pour l'acné modérée à sévère, une combinaison de traitements topiques et systémiques peut être nécessaire.

### C) Les différentes marques d'acné :

Cette partie de la thèse se penche sur les conséquences dermatologiques de l'acné, notamment les types de marques et de cicatrices post-acnéiques qui peuvent altérer la peau de manière plus ou moins permanente.

#### 1) Marques post-acnéiques

Les marques laissées par l'acné sont généralement divisées en deux catégories en fonction de leur coloration et de la pathologie sous-jacente qui conduit à leur formation:

##### a) Taches pigmentées (brunes à noires):



Ces taches résultent d'une hyperpigmentation post-inflammatoire, où une **production excessive de mélanine est stimulée par l'inflammation**. Ce type de marques est **plus fréquent chez les phototypes métissés à foncés**. Des soins topiques contenant des ingrédients actifs comme l'acide azélaïque, la niacinamide, ou la vitamine C sont recommandés pour atténuer ces marques. Pour les cas résistants, des procédures dermatologiques telles que le peeling chimique, le traitement au laser, prescription d'hydroquinone ou encore l'utilisation de la lumière pulsée peuvent être envisagées.(66)

Figure 19 : Photo d'un visage avec des taches pigmentées (brunes à noires)

**b) Taches érythémateuses (rouges à roses):**



Celles-ci sont dues à une **vasodilatation des capillaires cutanés suite à l'inflammation**. L'hydratation de la peau (aloe vera, glycérine, acide hyaluronique, acide polyglutamique...) et le renforcement de la barrière cutanée avec des soins contenant des céramides, de la niacinamide, et des ingrédients apaisants sont cruciaux pour réduire ces marques.

Figure 20 : Photo d'un visage avec des taches érythémateuses (rouges à roses)

**2) Cicatrices d'acné**

Quant aux cicatrices, elles sont considérées comme telles lorsque les marques restent visibles **un an après la guérison de l'acné**. On distingue principalement:

**a) Les cicatrices atrophiques:**



Ces cicatrices sont caractérisées par une perte de tissu, donnant un aspect creusé à la peau. Elles peuvent être classées selon leur forme et leur profondeur en cicatrices

- **"pic à glace"** : étroites et profondes
- **"en U"** : larges et peu profondes, bords nets ou arrondis
- **"quadrangulaires"** : large et profondes

Bien qu'il soit souvent difficile d'éliminer complètement ces cicatrices, divers traitements peuvent les atténuer, notamment la microdermabrasion, les injections d'acide hyaluronique, le microneedling, ou les lasers.

Figure 21 : Photo d'un visage avec des cicatrices atrophiques

**b) Les cicatrices hypertrophiques:**



Ces cicatrices se manifestent par une **surélévation de la peau due à un excès de production de tissu cicatriciel**. Les traitements incluent les injections intra lésionnelles de corticoïdes, l'ablation laser, la pressothérapie ou encore la radiothérapie pour réduire l'aspect boursoufflé.

Figure 22 : Photo d'un visage avec des cicatrices hypertrophiques

L'approche thérapeutique doit donc être individualisée, prenant en compte le type de cicatrice, les caractéristiques de la peau du patient, et ses attentes en termes de résultats.

#### ***D) Les différentes techniques de traitement de l'acné utilisant les ondes électromagnétiques***

Les traitements au laser se distinguent parmi les approches thérapeutiques disponibles grâce à leur efficacité et leur précision. Cette section examine brièvement quelques techniques de traitement de l'acné au laser, en s'appuyant sur des études récentes.

### **Les types de lasers pour l'acné et leur fonctionnement**

#### **1) Lasers ablatifs**

Les lasers ablatifs, tels que le laser CO2 fractionné, sont utilisés pour traiter les cicatrices profondes de l'acné en vaporisant les couches superficielles de la peau, stimulant ainsi la production de collagène et favorisant la régénération cutanée.

- Une étude menée par Chalerm suwattanakan et al. (2021) a montré que le laser CO2 fractionné permet une amélioration de 50-80% des cicatrices d'acné après trois séances, réduisant significativement la profondeur des cicatrices et améliorant la texture de la peau (67,68)

#### **2) Lasers non ablatifs**

Les lasers non ablatifs, tels que le laser Fraxel, pénètrent la peau sans enlever la couche superficielle. Ils chauffent les tissus sous-cutanés pour stimuler la production de collagène, réduisant ainsi les cicatrices sans temps d'arrêt significatif.

- Une étude de Yang et al. (2022) a démontré que le laser Fraxel entraîne une amélioration moyenne de 56% de l'apparence des cicatrices d'acné après cinq séances, avec un faible risque d'effets secondaires et une récupération rapide. (69)

#### **3) Laser à diode**

Le laser à diode cible les glandes sébacées, réduisant la production de sébum et l'inflammation. Ce type de laser est particulièrement efficace pour l'acné active.

- Kesty et Goldberg (2020) ont révélé que le laser à diode pouvait réduire la sévérité de l'acné de 50% après quatre séances, avec des résultats maintenus jusqu'à six mois après le traitement.

**Exemple clé :** Le laser **AviClear** est une technologie récente développée spécifiquement pour traiter l'acné en ciblant les glandes sébacées et en réduisant leur activité. (70)

Il fonctionne en utilisant une longueur d'onde spécifique (**1726 nm**) pour cibler et réduire l'activité des glandes sébacées, qui sont responsables de la production excessive de sébum contribuant à l'acné. Contrairement aux lasers à diode traditionnels, qui sont souvent utilisés pour une variété de traitements dermatologiques, Aviclear est spécifiquement conçu pour le traitement de l'acné en réduisant la production de sébum de manière ciblée.



Figure 23: Résultats avant et après un traitement laser Aviclear pour l'acné



Figure 24 : Résultats avant et après un traitement laser Aviclear pour l'acné 2 ans après

## Techniques de traitements avancées

### 4) Photothérapie dynamique (PDT)

La photothérapie dynamique combine un agent photosensibilisant avec une source lumineuse pour cibler et **détruire les glandes sébacées**. La PDT a démontré une efficacité notable dans le traitement de l'acné, comme le montre une étude comparative menée par **Kang** et al. .Dans cette étude, 40 patients atteints d'acné sévère ont reçu des traitements de PDT utilisant la lumière bleue. Après huit semaines, les résultats ont révélé une réduction de 75% des lésions acnéiques, accompagnée d'une amélioration significative de la texture de la peau. Cette étude souligne que la PDT est non seulement efficace pour réduire les lésions acnéiques, mais améliore également l'apparence générale de la peau avec des effets secondaires minimaux. (69)

Tableau 7 : Tableau des lasers utilisables pour le traitement de l'Acné

Type de Laser	Longueur d'Onde	Mécanisme d'Action	Efficacité	Effets Secondaires	Observations Cliniques
Laser Diode(71)	1450 nm	Supprime l'activité des glandes sébacées pour réduire la production d'huile sur la peau.	Réduction des lésions inflammatoires après quelques séances.	Rougeur, légère irritation.	Utilisé efficacement sur les peaux plus foncées.
Laser Nd:YAG(72)	1064 nm	Émet des micro-impulsions pour détruire <i>P. acnes</i> et endommager les glandes sébacées.	Réduction significative des lésions inflammatoires.	Rougeur, légère gêne.	Préférée pour sa sécurité et son efficacité sur divers types de peau.
Laser Pulsed Dye (PDL)(73)	585-595 nm	Cible les vaisseaux sanguins, réduisant l'inflammation et l'épaississement cutané.	Amélioration notable des lésions inflammatoires et post-inflammatoires.	Rougeur, purpura temporaire (ecchymoses).	Souvent utilisé pour traiter l'érythème post-inflammatoire (PIE).
Laser Fractionné CO2(74)	10 600 nm	Crée des micro-perforations pour stimuler la régénération de la peau et réduire les cicatrices d'acné.	Efficace pour traiter les cicatrices d'acné atrophiques.	Rougeur, gonflement, risque de cicatrices légères.	Utilisé en combinaison avec des traitements topiques pour améliorer les résultats de cicatrisation.
Laser Accure(75)	1726 nm	Cible les glandes sébacées en contrôlant précisément la	Réduction significative des	Rougeur, légère irritation.	Premier système laser 1726 nm approuvé par la FDA pour le

Type de Laser	Longueur d'Onde	Mécanisme d'Action	Efficacité	Effets Secondaires	Observations Cliniques
		profondeur thermique, endommageant ces glandes pour réduire la production de sébum.	lésions d'acné après quatre traitements, avec des résultats durables.		traitement de l'acné inflammatoire.
Laser Milesman 445 nm(76)	445 nm	Utilise des impulsions de lumière bleue pour cibler les glandes sébacées et réduire l'inflammation.	Efficace pour réduire les papules et pustules après une séance.	Rougeur, légère irritation.	Étude clinique démontrant l'efficacité sur les lésions inflammatoires.

En conclusion, les lasers jouent un rôle central dans le traitement de l'acné, tant pour les lésions actives que pour les cicatrices post-acnéiques. Les lasers ablatifs, non ablatifs, à diode, et des techniques avancées comme la photothérapie dynamique et le laser AviClear, offrent des solutions efficaces pour réduire la sévérité de l'acné et améliorer la texture de la peau, avec des résultats cliniques significatifs et des effets secondaires limités. Ces technologies constituent un complément essentiel aux traitements traditionnels de l'acné.

## Sous section 2 : Les taches pigmentaires

### A) Origine des taches brunes

Il existe deux types de taches brunes :



Figure 25 : Photo d'une main avec des lentigos solaires

**1) Les lentigos solaires** : Aussi appelées **tâches de vieillesse**, elles apparaissent **après 40 ans** sur les **zones exposées aux UV** (visage, mains, décolleté, avant-bras, jambes). Elles sont dues au vieillissement solaire et doivent être distinguées d'autres lésions brunes potentiellement dangereuses par un dermatologue.



Figure 26 : Photo d'un visage présentant un mélasma

**2) Le mélasma** : Connues sous le nom de **masque de grossesse**, ces taches brunes diffuses apparaissent sur le visage, parfois indépendamment de la grossesse, chez les hommes et les femmes. C'est une **pathologie chronique des cellules pigmentaires**, souvent familiale et multifactorielle.

### ***B) Traitement des lentigos solaires***

Les lasers et les lumières pulsées médicales sont des traitements efficaces et rapides pour les taches multiples du visage, des mains et du corps. Ils sont **moins douloureux et plus sélectifs** que les techniques anciennes comme **l'azote liquide**, évitant les cicatrices post-traitement. Les lasers Q-switch ou pico-seconde sont particulièrement efficaces, ciblant la mélanine sans endommager les tissus environnants.

Le traitement est peu douloureux, avec une **sensation de picotement**, et ne nécessite pas d'anesthésie. Après traitement, les **taches deviennent grises ou plus foncées, se transforment en croûtes et disparaissent progressivement en quelques jours**. Une rougeur peut persister quelques semaines, surtout chez les peaux très blanches. Une protection solaire stricte est essentielle pour éviter les récives.

#### ***Effets secondaires***

- **Peaux foncées** : Risque de pigmentation post-inflammatoire temporaire.
- **Peaux très blanches** : Rougeur persistante.
- **Complications rares** : Cicatrices.
- **Protection solaire** : Essentielle pour éviter les récives.

### ***C) Traitement du mélasma***

**Les lasers et les lumières pulsées ne sont pas les premiers choix pour le mélasma en raison du risque de rebond pigmentaire.** Après 3 à 4 mois de traitements dépigmentants ( avec des crèmes dépigmentantes à base d'hydroquinone par exemple ) et de protection solaire stricte, certains protocoles laser **peuvent être proposés pour éclaircir les taches persistantes**. Les lasers pigmentaires à basse énergie, les lasers fractionnés non ablatifs et les lumières pulsées peuvent être utiles, nécessitant souvent des séances d'entretien.

Une étude française a inclus 180 patients âgés de 35 à 65 ans, présentant des lentigos solaires et du mélasma. Les patients ont été traités avec des lasers Q-switch et des lumières pulsées. Les résultats ont montré une réduction significative des taches après 1 à 2 séances pour les lentigos solaires et après 3 séances pour le mélasma, avec une amélioration notable de la texture de la peau. Les effets secondaires ont été rares, principalement des rougeurs et des pigmentations post-inflammatoires temporaires chez les peaux foncées. Cette étude confirme l'efficacité des traitements laser pour les taches pigmentaires, avec des risques minimaux lorsqu'ils sont effectués par des professionnels qualifiés. (77)

### ***Sous-section 3 : Comprendre et traiter les cicatrices par laser***

Une cicatrice est une marque permanente laissée après une blessure, une brûlure, une plaie ou une intervention chirurgicale. Elle se compose souvent de tissu fibreux en relief, parfois avec des rougeurs, des vaisseaux visibles ou des taches de pigmentation. Certaines cicatrices peuvent être en creux, élargies, gaufrées ou hypopigmentées. Le traitement des cicatrices est complexe et nécessite une approche spécialisée.

Les traitements des cicatrices incluent souvent l'utilisation de lasers, parfois combinés avec des traitements chirurgicaux ou des injections de corticoïdes. Les lasers ablatifs comme le CO2 ou l'Erbium lissent la surface de la peau, tandis que les lasers vasculaires améliorent la couleur et traitent les rougeurs et les vaisseaux. Les lasers fractionnés agissent sur la souplesse et l'épaisseur des cicatrices, stimulant également la production de collagène pour les cicatrices en

creux. Les technologies de lumière pulsée (IPL) et les LEDs aident à la photobiomodulation, influençant divers facteurs de la cicatrisation.

### *Les différents types de cicatrices :*

#### **a) Cicatrices atrophiques**



Figure 27: Photo d'un avant bras avec une cicatrice atrophique

Les cicatrices atrophiques se caractérisent par une **trace en creux sur la peau**. Elles résultent souvent de varicelle ou d'acné sévère. Les lasers fractionnés, ablatifs ou non ablatifs, ainsi que les radiofréquences avec micro-aiguilles, sont efficaces pour **stimuler le collagène** et améliorer la texture de la peau. Une étude menée en France sur 413 patients a montré que le laser fractionné CO2 combiné à la subcision améliorerait significativement l'apparence des cicatrices atrophiques par rapport à l'utilisation seule du laser fractionné CO2 (78)

#### **b) Cicatrices hypertrophiques**



Figure 28 : Photo d'un mollet avec une cicatrice hypertrophique

Les cicatrices hypertrophiques apparaissent comme des **boursoufflures rougeâtres en relief**, souvent dues à une perturbation de la cicatrisation par un corps étranger. Les lasers à colorant pulsé et fractionnés sont utilisés pour réduire l'épaisseur et améliorer la souplesse de ces cicatrices. Plusieurs études montrent que ces lasers peuvent significativement atténuer les cicatrices hypertrophiques en 12 à 18 mois (79)

#### **c) Cicatrices chéloïdes**



Figure 29 : Photo d'un coude présentant une cicatrice chéloïde

Les cicatrices chéloïdes sont des **boursoufflures irrégulières** qui s'étendent au-delà de la plaie initiale. Elles nécessitent souvent des traitements combinés, tels que le laser à colorant pulsé avec des injections de corticoïdes intralésionnelles. Une revue systématique de 108 études a montré que le triamcinolone acétonide (TAC) est particulièrement efficace pour réduire ces cicatrices en diminuant l'inflammation et en inhibant la prolifération des fibroblastes. Cette revue a inclus 4552 sujets, montrant une amélioration notable avec des doses de 10 à 40 mg/ml de TAC (79)

#### d) Cicatrices de brûlures



Ces cicatrices sont souvent **épaisses, avec des rétractions et des taches pigmentaires**. Les lasers fractionnés ablatifs et non ablatifs créent des micro-puits de chaleur qui cassent la fibreuse et stimulent la formation d'un nouveau collagène. Les lasers colorants pulsés et les lumières intenses pulsées (IPL) sont également utilisés pour améliorer l'apparence générale de ces cicatrices .(78)

Figure 30 : Photo d'un avant bras présentant une cicatrice de brûlure

#### e) Cicatrices post-chirurgicales



Les cicatrices post-chirurgicales récentes bénéficient de traitements précoces au laser. Les lasers CO2 fractionné, Erbium et les lumières pulsées favorisent une cicatrisation esthétique rapide. Les études montrent que l'utilisation de ces lasers dès le retrait des points de suture peut améliorer significativement l'aspect des cicatrices.(78)

Figure 31 : Photo d'un abdomen avec une cicatrice post-chirurgicale

Les traitements au laser pour les cicatrices sont généralement peu douloureux, avec une simple crème anesthésiante suffisant souvent. Plusieurs séances et des combinaisons d'appareils peuvent être nécessaires pour obtenir des améliorations notables. Une consultation spécialisée est essentielle pour déterminer le traitement le plus approprié.

## Partie IV : Techniques innovantes pour améliorer l'aspect du visage et du corps : Rajeunissement et soins dermatologiques

### Section 1 : Les traitements courants sur le visage

#### Sous section 1 : Retirer les grains de milium du visage

##### **Définition et aperçu :**

Les grains de milium, également appelés milia, sont de petits **kystes** superficiels blancs ou jaunâtres qui apparaissent généralement sur le **visage**, notamment autour des yeux et des joues, mais aussi sur le cou et les mains. Ils sont constitués de **kératine emprisonnée sous la peau**. Les grains de milium peuvent toucher les individus de tous âges, des nourrissons aux adultes, bien qu'ils soient particulièrement fréquents chez les bébés.



Figure 32 : Photo d'un contour de l'oeil avec des grains de milium

L'origine des grains de milium n'est pas entièrement élucidée. Ils peuvent apparaître spontanément ou à la suite de divers facteurs tels que **l'obstruction des follicules pileux** par l'accumulation de cellules mortes ou l'application de **crèmes trop riches**. Des traitements cutanés agressifs, une **exposition excessive aux rayons UV**, et des traumatismes cutanés peuvent également favoriser leur apparition. Parfois, les grains de milium peuvent **être congénitaux**, présents dès la naissance, et disparaissent spontanément en quelques semaines.

Bien que **bénins et sans danger pour la santé**, les grains de milium sont souvent considérés comme inesthétiques. **Ils peuvent être retirés par un dermatologue par une simple incision avec une aiguille stérile**, mais il est déconseillé de les percer soi-même en raison du risque d'infection. Pour prévenir leur apparition, il est conseillé d'adopter une routine de soins douce, d'éviter les produits cosmétiques trop gras et les expositions prolongées au soleil.(91)

Le traitement des grains de milium a connu une évolution significative avec l'adoption de la technologie laser, en particulier le laser CO2. Pour rappel, ce dernier, fonctionne grâce à l'excitation du dioxyde de carbone par un courant électrique générant des photons et produisant une lumière ciblée. Il est devenu une méthode de choix dans la dermatologie esthétique pour l'élimination de ces grains.

### *Le traitement de choix : Le laser CO2*

#### **Procédure de traitement laser :**

Avant le recours au laser, une consultation dermatologique approfondie est primordiale pour évaluer les caractéristiques et la distribution des milia, permettant ainsi de déterminer la méthode de traitement la plus appropriée. Le dermatologue, après diagnostic, peut recommander le laser CO2, prenant en compte la localisation et le nombre de grains de milium. Des précautions, telles que **l'évitement de l'exposition UV et l'application d'une anesthésie locale ou générale** selon le cas, sont prises pour préparer la peau au traitement.

La séance de laser implique l'utilisation d'un dispositif manuel dirigeant les impulsions lumineuses sur les grains de milium. **L'absorption de cette lumière par l'eau dans les cellules entraîne une photo-vaporisation de l'épiderme et du derme superficiel, détruisant efficacement le grain de milium.** Le traitement stimule également la photo-coagulation dans le derme profond, favorisant la régénération de la peau et la formation de nouvelles fibres de collagène. La durée de la procédure varie de **15 minutes à une heure**, dépendant de l'étendue de la zone à traiter.(81)

#### **Avantages du Traitement au Laser CO2 :**

Cette technique a prouvé son efficacité et sa rapidité, permettant d'éliminer tous les grains de milium en une seule séance pour la majorité des patients. La recherche menée par Beatriz FERNÁNDEZ-JORGE et son équipe a démontré que le laser CO2, avec deux passages sur chaque lésion, a réussi à éliminer entièrement les grains de milium sans récurrence ni cicatrices

pendant 12 à 36 mois après le traitement. De plus, cette méthode offre l'avantage de traiter plusieurs lésions simultanément, avec une convalescence permettant souvent aux patients de quitter le jour même.(82)

### **Inconvénients et risques du traitement au laser :**

Malgré ses avantages, le traitement au laser CO2 n'est pas exempt de désagréments. La fin de la séance peut laisser le derme exposé, entraînant **une vulnérabilité de la peau, des saignements et un processus de guérison pouvant s'étendre sur deux semaines**. Des soins cutanés post-intervention sont nécessaires pour favoriser une cicatrisation optimale. Les patients peuvent également expérimenter une sécheresse, une rougeur et des gonflements post-traitement, nécessitant parfois des soins anti-inflammatoires et un maquillage correcteur. L'exposition solaire doit être rigoureusement évitée post-intervention, avec l'application d'une **protection solaire** à haut indice recommandée **pendant six mois**.

Des complications rares, telles que **des infections virales, des poussées d'acné ou de rosacée, ou encore des réactions d'hypopigmentation ou d'hyperpigmentation**, peuvent survenir. Toutefois, ces effets secondaires restent exceptionnels.

En conclusion, le laser CO2 représente une option thérapeutique avancée et efficace pour l'élimination des grains de milium, offrant des résultats satisfaisants avec un risque minimal de complications lorsqu'il est correctement appliqué par un professionnel de la santé qualifié.

Tableau 8 : Tableau des lasers couramment utilisés pour le retrait des grains de milium

Type de Laser	Longueur d'Onde	Mécanisme d'Action	Efficacité	Effets Secondaires	Observations Cliniques
Laser CO2(82)	10 600 nm	Vaporise les grains de milium par ablation des couches superficielles de la peau.	Très efficace pour les milia persistants et récurrents.	Rougeur, gonflement, risque de cicatrices légères.	Utilisé principalement pour les cas de milia plus sévères et récalcitrants.
Laser Erbium:YAG(94)	2940 nm	Émet une énergie lumineuse absorbée par l'eau dans les tissus cutanés, vaporisant les milia avec précision.	Efficace pour les grains de milium superficiels.	Rougeur, légère irritation, risque de cicatrices minimal.	Recommandé pour les peaux sensibles en raison de son action précise et de son faible risque de cicatrices.

### ***Sous section 2 : Lutter contre la rosacée***

La couperose, également appelée rosacée du visage, est **l'une des raisons les plus fréquentes de consultation en dermatologie**. Cette affection vasculaire de la peau se manifeste par une **dilatation permanente des petits vaisseaux sanguins** ou capillaires, souvent chez des individus ayant une prédisposition génétique marquée. En France, la prévalence de la rosacée varie entre 2 et 10 % de la population, touchant majoritairement les femmes, bien que les formes sévères soient plus fréquentes chez les hommes.(84)

Les termes « flush », « érythrose », « couperose » ou « rosacée » désignent différents stades d'une même maladie inflammatoire chronique des vaisseaux du visage. Le terme générique de rosacée correspond à un phénomène de vasodilatation, c'est-à-dire à la dilatation des vaisseaux sanguins situés juste en dessous de la peau.

On distingue plusieurs stades de la rosacée :

1. **Flushes : Rougeurs passagères** qui se manifestent au niveau du nez, des pommettes ou du front, accompagnées de picotements et d'une sensation de brûlure légère. Ces rougeurs disparaissent généralement après quelques minutes et peuvent ressembler à des « bouffées de chaleur ».



2. **L'érythrose : Rougeurs diffuses permanentes**, visibles sur les pommettes et les joues, mais les vaisseaux ne sont pas discernables.

Figure 33 : Photo d'un visage avec une rosacée au stade « erythorse »



3. **La couperose « vraie »** : Marquée par des **vaisseaux sanguins fins et bien définis** à la surface de la peau, principalement sur les pommettes, les ailes du nez et le menton.

Figure 34 : Photo d'un visage avec une rosacée au stade « couperose »



4. **Stade papulo-pustuleux** : Stade avancé de la couperose avec lésions cutanées (boutons rouges, pustules, papules) et boursoufflures au niveau du nez (rhinophyma), du menton et des joues. Ce stade est plus fréquent chez les hommes après 50 ans.

Figure 35 : Photo d'un visage avec une rosacée au stade « papulo-pustuleux »

Ces symptômes peuvent être aggravés par des bouffées vasomotrices, ou flushs, similaires à des bouffées de chaleur, souvent déclenchées par des changements de température, l'exposition solaire, la consommation d'alcool, de boissons chaudes, d'aliments épicés, ainsi que par les émotions.

**Les solutions :** Le traitement par laser est privilégié pour sa **précision** et sa capacité à être utilisé sur **tous les types de peau**, y compris les phototypes variés. La lumière pulsée, bien que moins sélective et adaptée principalement aux peaux claires, reste une option efficace. Ces traitements sont contre-indiqués pour les femmes enceintes et les personnes sous médication photosensibilisante, en raison du risque accru de troubles pigmentaires induits par les bouleversements hormonaux ou les réactions médicamenteuses. Bien que les lasers et lumières pulsées puissent offrir des améliorations significatives, **la rémission n'est pas définitive et le risque de récurrence persiste après l'arrêt des traitements.**

Deux types de lasers sont principalement employés : le **laser KTP 532 nm** et le **laser à colorant pulsé**. Les lumières polychromatiques pulsées médicales (lampes flash médicales) peuvent également être utilisées dans certains cas.

Le laser agit par l'intermédiaire d'une lumière intense, provoquant la sclérose progressive des capillaires dilatés :

- **Effet thermique :** Photo thermocoagulation des parois des vaisseaux.
- **Coagulation et éclatement :** Photo thermolyse sélective, éclatant les capillaires tout en préservant l'intégrité de la peau sans cicatrice résiduelle.

Il est recommandé d'éviter de traiter les peaux bronzées, et les traitements sont généralement déconseillés en été. Les paramètres doivent être adaptés pour les peaux foncées, mates ou métissées, qui présentent ce problème moins fréquemment que les peaux claires mais sont plus difficiles à traiter.

**En pratique :** Le traitement s'effectue généralement sans crème anesthésiante, car cela pourrait interférer avec le laser. La peau doit être préalablement démaquillée. La séance dure de cinq à vingt minutes, avec une sensation comparable à des « coups d'élastique » accompagnée d'une légère brûlure.

Les suites immédiates peuvent inclure :

- Rougeurs avec sensation de chaleur pendant 2 à 3 jours.
- Léger œdème, surtout sous les paupières, pendant 2 à 3 jours.
- Formation de petites croûtelles disparaissant en 4 à 7 jours.



Figure 36 : Photos de résultats de traitements au laser sur la couperose

**Résultats :** Les résultats apparaissent progressivement dans les semaines suivant le traitement. En moyenne, **1 à 5 séances espacées de 2 à 3 mois sont nécessaires**, selon la sévérité des lésions et la technique utilisée. La rosacée étant une maladie chronique, le laser peut apporter des améliorations significatives et durables, mais des séances d'entretien peuvent être nécessaires selon les individus et la sévérité de la maladie.(85)

Tableau 9 : Tableau des lasers utilisables pour le traitement de la rosacée

Type de Laser	Longueur d'Onde	Mécanisme d'Action	Efficacité	Effets Secondaires	Observations Cliniques
Laser Pulsed Dye (PDL)(86)	585-595 nm	Cible les vaisseaux sanguins pour réduire l'inflammation et l'érythème.	Efficace pour les lésions vasculaires et les rougeurs persistantes.	Rougeur, purpura temporaire (ecchymoses).	Considé­ré comme le gold standard pour le traitement de la rosacée vasculaire.
Laser Nd:YAG(87)	1064 nm	Pénètre profondément pour traiter les vaisseaux sanguins sous-jacents aux lésions inflammatoires.	Efficace pour les lésions profondes et résistantes de la rosacée.	Douleur, hyperpigmentation temporaire.	Utilisé pour les lésions plus profondes et les cas réfractaires.
Laser Erbium:YAG(88)	2940 nm	Utilisé pour ablater les couches superficielles de la peau, favorisant la régénération et réduisant l'inflammation.	Efficace pour les lésions superficielles de la rosacée.	Rougeur, légère irritation, faible risque de cicatrices.	Recommandé pour les patients avec des lésions superficielles de rosacée.
Laser KTP(89)	532 nm	Absorbé par les vaisseaux sanguins superficiels, détruisant les capillaires sans endommager la peau.	Efficace pour les télangiectasies et les petites lésions vasculaires.	Rougeur, légère irritation.	Utilisé principalement pour les lésions vasculaires superficielles et les angiomes cerises.
Laser CO2 Fractionné(90)	10 600 nm	Crée des micro-perforations pour stimuler la régénération de la peau et réduire l'inflammation.	Amélioration notable des lésions chroniques et épaisses de la rosacée.	Rougeur, gonflement, risque de cicatrices légères.	Utilisé pour les formes sévères et résistantes de la rosacée.

\* Ces informations offrent une vue d'ensemble des différentes options de traitement laser pour la rosacée, basées sur des études cliniques récentes et des articles scientifiques. Pour des résultats optimaux, il est recommandé de consulter un professionnel de santé qualifié pour évaluer vos besoins spécifiques et discuter des options de traitement appropriées.

### Sous section 3 : Les technologies pour le rajeunissement facial :

Les technologies de rajeunissement facial utilisant des lasers et autres appareils énergétiques sont nombreuses et diversifiées. Elles permettent de tonifier et d'éclaircir la peau sans altérer les contours du visage ou les expressions, améliorant ainsi l'apparence générale de la peau.

#### Technologies disponibles en 2023 - début 2024

Les technologies disponibles varient en termes d'efficacité et d'invasivité. Voici un résumé des principales technologies, leurs caractéristiques et leurs bénéfices (95) :

Technologie	Mode d'action	Anesthésie	Éviction Sociale	Risques	Bénéfices
Laser Ablatif CO2 ou Erbium-YAG 2940 nm	Dermabrasion et vaporisation contrôlée.	Tronculaire ou générale	10 à 15 jours	Hyperpigmentation, achromie, infection, cicatrice (rares)	Lissage des rides profondes, peau liftée et renouvelée, contraction des zones fines (blépharoplastie)

Technologie	Mode d'action	Anesthésie	Éviction Sociale	Risques	Bénéfices
					non chirurgicale). Peut rajeunir de 10 à 20 ans selon les paramètres.
<b>Technologies Fractionnées</b>	Laser fractionné CO2, Erbium YAG, Radiofréquence avec micro-aiguilles, Laser non ablatif (Erbium Glass 1550 nm), Laser Q-switch YAG.	Crème anesthésiante	3 à 5 jours	Minimisés grâce aux îlots de peau saine	Amélioration de la texture de la peau, du teint et des rides périoculaires.
<b>Radiofréquences ou Remodelage Laser Non Ablatif</b>	Radiofréquence uni/bipolaire, Laser Nd long pulse.	Aucun ou crème anesthésiante	Aucun ou minimal	Rougeurs et gonflement léger	Amélioration de la texture de la peau et stimulation du collagène.
<b>Méso-laser ou Méso-radiofréquence</b>	Micro-perforation de la peau suivie de l'application de produits de mésothérapie.	Aucun ou crème anesthésiante	Rougeur et œdème léger (48h max)	RAS	Pénétration profonde des produits de mésothérapie sans hématome ni papule.
<b>Lumières Pulsées</b>	Agissent sur les taches, vaisseaux dilatés et stimulent le collagène.	Aucun	Gonflement léger, rougeurs	RAS	Amélioration des taches, vaisseaux dilatés et stimulation du collagène.
<b>LEDs</b>	Prévention ou complément à des techniques plus invasives.	Aucun	Aucun	RAS	Photobiomodulation, amélioration de la texture et du teint sans effets secondaires visibles.
<b>Photoréjuvenation Photodynamique (PR-PDT)</b>	Vieillesse solaire sévère, lentigos solaires, kératoses actiniques, fines rides.	Aucun ou crème anesthésiante	Gonflement, rougeurs, croûtes et desquamation (5 à 6 jours)	RAS	Amélioration des taches solaires, kératoses actiniques et des fines rides.

Tableau 10 : Les technologies disponibles en 2023 en France pour le rajeunissement facial

### Contre-indications

- **Grossesse**
- **Troubles de la cicatrisation** : Chéloïdes, maladies du tissu conjonctif, diabète.
- **Médicaments photosensibilisants** : Rétinoïdes, anti-inflammatoires, anticoagulants.

### Effets secondaires généraux

- Ne pas gratter les croûtes.
- Rougeurs prolongées pour les peaux claires, pigmentations pour les peaux mates.
- Protection solaire nécessaire.

### Soins pré et post-opératoires

Les soins varient selon la technique utilisée :

- **Protection des yeux** : Coques oculaires.
- **Anesthésie** : Crème anesthésiante, froid pulsé, tronculaire, ou générale.
- **Soins post-opératoires** : Application de crèmes cicatrisantes, hygiène des mains, protection solaire.
- **Évaluation des bénéfices** : Les améliorations sont visibles dès le deuxième mois, avec un maximum d'efficacité entre 3 et 12 mois.

Les technologies à base de laser et autres appareils énergétiques offrent de nombreuses options pour le rajeunissement facial. Elles permettent des protocoles personnalisés adaptés aux besoins

et attentes de chaque patient. Une consultation préalable et un devis détaillé sont essentiels pour une prise en charge optimale.

## Section 2 : Les traitements courants pour le corps

### *Sous section 1 : Les vergetures*

Les vergetures représentent une pathologie courante mais **complexe à traiter**, souvent source de complexes significatifs pour les patients. Elles apparaissent sous forme de stries linéaires, initialement rouges ou pourpres, puis devenant blanc-nacrées et creusées avec le temps, leur donnant un aspect "gauffré". Les zones touchées sont variées : seins, ventre, hanches, intérieur des cuisses, fesses, jambes, bras.

Leurs causes incluent des facteurs médicaux (comme un excès de cortisol dû à des traitements, des tumeurs, la puberté), mais elles sont principalement dues à un **étirement rapide de la peau** (croissance, prise de poids, grossesse). Il existe une nette variation individuelle, suggérant une composante génétique. **Lorsque les fibroblastes, responsables de la synthèse du derme, cessent brusquement leur activité dans une zone, une sorte de cassure se produit, créant une vergeture qui ne régressera jamais spontanément.**

#### **Les traitements principaux, hors lasers, incluent :**

- **Application de crèmes stimulantes** : Aucune crème en vente libre n'a prouvé son efficacité. La vitamine A acide sur ordonnance peut offrir une certaine réparation chez les jeunes patients, généralement appliquée avec un coton-tige au fond des vergetures.
- **Microdermabrasions** : projection de fins cristaux d'aluminium.
- **Peelings (« sandbrasion »)** : liquéfaction de la peau suivie d'une cicatrisation sous occlusion, avec des risques cicatriciels importants.

#### **Listing des principaux appareils de traitement LASER ou basés sur l'énergie:**

⇒ Lasers vasculaires : Laser à colorant pulsé et lumières pulsées. / Lasers fractionnés non ablatifs et autres lasers non ablatifs. / Lasers fractionnés ablatifs (CO2 ou Erbium). / Radiofréquences fractionnées à micro-aiguilles. / LEDs. / Combinaison de laser vasculaire et appareil fractionné. / Combinaison de lasers et LEDs.(92)

Les techniques fractionnées sont particulièrement adaptés à l'application de produits stimulants ou contenant de l'acide hyaluronique après la séance, à renouveler 1 ou 2 fois par jour pendant 48h. Ces produits doivent être stériles et spécifiquement indiqués pour cette utilisation. Des applications inappropriées ont entraîné des allergies sévères et prolongées.

Le choix du traitement dépend de l'ancienneté et du stade des vergetures, du phototype du patient et des appareils disponibles chez le médecin.(93)

- **Pour les vergetures rouges récentes** : Lasers vasculaires (laser à colorant pulsé ou IPL), 3 à 4 séances espacées de 2 mois pour les peaux claires, ou une combinaison de lasers vasculaires, laser ou radiofréquence fractionnée, et LEDs.
- **Pour les vergetures blanches et creusées** : Appareils de remodelage et de stimulation de la synthèse de collagène (appareils fractionnés, combinaisons d'appareils fractionnés, vasculaires et LEDs).
- **Pour les peaux mates et foncées, à risque de pigmentation** : Appareils fractionnés en mode non thermiques, tels que les appareils fractionnés Erbium, CO2 à impulsions courtes, ou radiofréquences fractionnées suivis d'une exposition à une LED rouge.

**Si la surface à traiter est étendue, il est recommandé de commencer par des séances de test sur une petite zone pour évaluer les résultats avant d'engager un budget plus important.** Il faut patienter trois mois pour évaluer une zone test.

**Modalités de traitement et suites :** Les zones à traiter sont photographiées. Les douleurs varient, une crème **anesthésiante** peut être utilisée **sous occlusion 1H30 avant les séances.** Après la séance, une crème apaisante riche en acide hyaluronique fragmenté est appliquée, et les expositions solaires sont déconseillées tant que des rougeurs persistent.

Le nombre de séances nécessaires varie, en général **4 à 5 séances sont requises** pour obtenir des résultats. Les meilleurs résultats sont souvent observés au niveau de la poitrine, alors que pour l'abdomen, les résultats peuvent être plus aléatoires. Les membres sont les zones les plus difficiles à traiter(94)

### *Sous section 2 : Les télangiectasies (ou varicosités)*

Les varicosités, également appelées télangiectasies, sont des **dilatations permanentes de petites veines de couleur rouge, bleue ou violette, mesurant entre 0,1 et 1 mm** et situées dans la **couche profonde du derme.** Elles se trouvent souvent sur les membres inférieurs comme les cuisses, les mollets ou les pieds. Lorsqu'elles apparaissent sur le visage, on les appelle **couperoses.**

L'apparition des varicosités peut indiquer une insuffisance veineuse chronique, souvent due à une **mauvaise circulation sanguine.** Les facteurs favorisant leur développement incluent l'hérédité, le vieillissement, les changements hormonaux (comme pendant la grossesse), le surpoids et les variations importantes de poids. Bien que médicalement non dangereuses, **il est important de surveiller les varicosités pour éviter qu'elles ne se transforment en varices.** Un **écho-doppler** peut être utilisé pour évaluer la gravité des lésions vasculaires. (94)

#### *Différence entre varicosité et varice :*

Les varicosités sont principalement **un problème esthétique,** étant généralement **indolores.** Les varices, en revanche, sont des veines dilatées et tortueuses résultant d'une incompétence des valves veineuses, ce qui **provoque une accumulation de sang.** Contrairement aux télangiectasies, **les varices sont plus larges** et bien visibles sous la peau. Elles se localisent principalement sur les jambes et peuvent causer divers symptômes tels que **douleur, lourdeur, sensation de brûlure, et gonflement.** Dans certains cas, elles peuvent également entraîner des complications plus graves comme des **ulcères cutanés.** Les causes des varices incluent l'insuffisance veineuse chronique, une pression accrue dans les veines des jambes due à une position debout prolongée, la grossesse, le vieillissement, l'obésité et des facteurs héréditaires.

#### *Les différents types de varicosités et présentation d'un exemple de traitement au laser*

On distingue plusieurs types de varicosités :

- Les varicosités en **forme d'éventail ou d'étoile,** centrées autour d'une veine bleue.
- Les taches denses localisées **en forme d'arbre.**
- Les **brindilles isolées et diffuses.**

Contrairement aux varices, causées par une incompétence veineuse, les varicosités résultent souvent d'un défaut héréditaire de la paroi veineuse, elles peuvent être traitées par des interventions adaptées.

#### Pour prévenir les varicosités :

- Éviter de rester assis ou debout trop longtemps.
- Adopter de bonnes positions, notamment en **évitant de croiser les jambes**.
- **Éviter** de porter des chaussures à **talons hauts**.
- Utiliser des **bas de contention** lors de longs voyages en avion ou en train.
- Pratiquer régulièrement une **activité physique**.
- Adopter une alimentation saine, riche en fibres et pauvre en sel.

#### Exemple du traitement au laser ND Yag :

Le laser ND Yag est efficace pour traiter les varicosités rouges, en ciblant spécifiquement les petits vaisseaux dilatés. Le laser Clarity II ND Yag de la marque Lutronic offre une large gamme de paramètres pour un traitement précis sans endommager les tissus environnants.

**Le traitement se fait sans anesthésie, car les crèmes anesthésiantes peuvent gêner la visibilité des vaisseaux par le laser.** Le patient et le médecin doivent porter des lunettes de protection. La séance commence avec un **appareil de refroidissement pour réduire l'inconfort**, suivi par le traitement laser le long de chaque vaisseau, attiré par la couleur rouge. Un appareil de transillumination peut aider à visualiser les vaisseaux plus profonds. Chaque séance dure entre **15 et 30 minutes**.(95)

Après la séance, les vaisseaux restent visibles mais avec une rougeur et parfois un léger gonflement. Il est conseillé d'appliquer une crème cicatrisante et apaisante. Les vaisseaux dilatés s'estompent progressivement, avec des **résultats visibles à partir de 2 à 3 mois. Entre 2 et 4 séances espacées de 6 à 8 semaines sont nécessaires** pour un résultat optimal. Des séances de rappel mensuelles pendant l'hiver peuvent être nécessaires pour maintenir les résultats.

#### Certaines contre-indications au traitement laser des varicosités incluent :

- Peaux foncées ou bronzées.
- Grossesse et allaitement.
- Lésions dermatologiques sur la zone à traiter (comme l'herpès ou une infection).
- Usage d'anticoagulants et d'anti-agrégants plaquettaires.
- Prise de compléments alimentaires à base de bêta-carotène ou d'auto-bronzant.

### **Section 3 : Zones spécifiques et phototypes particuliers pour l'utilisation du laser**

#### ***Sous section 1 : Les lasers fractionnés au niveau génital***

Les lasers fractionnés (CO2 ou Erbium-YAG) ont également trouvé une utilisation récente pour des traitements au niveau génital, s'avérant utiles dans plusieurs indications spécifiques. (96)

### **Indications pour le traitement au laser sur la partie génitale :**

1. **Atrophie Vaginale** : Les lasers fractionnés sont utilisés pour traiter l'atrophie vaginale, une condition fréquente chez **les femmes post-ménopausées**, caractérisée par un **amincissement, un dessèchement et une inflammation des parois vaginales**. Ce traitement vise à stimuler la production de collagène et à restaurer la santé de la muqueuse vaginale.
2. **Syndrome Génito-Urinaire de la Ménopause (SGUM)** : Ce syndrome **englobe un ensemble de symptômes incluant la sécheresse, l'irritation, la dyspareunie** (douleur pendant les rapports sexuels), et les **infections urinaires récurrentes**. Le traitement au laser peut améliorer la trophicité de la muqueuse vaginale, restaurer la lubrification naturelle et améliorer le confort général.
3. **Laxité Vaginale** : Le **relâchement vaginal**, souvent résultant de l'accouchement ou du vieillissement, peut être traité avec des lasers fractionnés pour resserrer les tissus vaginaux, améliorant ainsi la fonction et la sensation sexuelle.
4. **Cicatrices et troubles de la muqueuse** : Les lasers peuvent être utilisés pour traiter les cicatrices résultant d'accouchements, d'épisiotomies ou d'interventions chirurgicales. Ils aident à améliorer l'élasticité et la texture de la muqueuse, réduisant ainsi l'inconfort.
5. **Hyperpigmentation vulvaire** : Les lasers fractionnés peuvent être utilisés pour traiter l'hyperpigmentation au niveau de la vulve, améliorant l'apparence esthétique et augmentant la confiance en soi des patientes.

**Déroulement global de ce type de séance :** Il est recommandé d'interrompre tout traitement local au moins 48 heures avant la séance laser. **Le praticien insère une pièce à main cylindrique au niveau vaginal, puis commence le traitement en retirant progressivement cet outil.** Les tirs laser sont généralement **indolores**, à l'exception des derniers centimètres, qui peuvent provoquer des picotements et une sensation de chaleur selon les paramètres utilisés. Un traitement externe de la muqueuse vulvaire est parfois nécessaire.

La procédure complète dure entre 10 et 20 minutes. Le nombre de séances varie, souvent trois séances espacées d'un mois, suivies d'une séance annuelle, mais le plan de traitement est personnalisé en fonction des symptômes du patient. Les effets ne sont pas immédiats, et les résultats sont évalués entre 4 à 8 semaines après chaque séance, avec une amélioration pouvant se prolonger jusqu'à 6 mois.

**Certaines contre-indications doivent être évaluées avec le médecin :** Grossesse, infections génitales ou urinaires en cours, antécédents d'herpès génital, prolapsus génital important, hémorragie génitale non explorée, menstruations

Les effets secondaires peuvent inclure un **léger saignement pendant 24 à 48 heures**, une sensation **d'œdème et de chaleur pendant 1 à 3 jours**, une augmentation des pertes physiologiques, et des brûlures modérées lors de la miction pendant 24 heures. Si ces symptômes persistent, il faut consulter un médecin, car des cas d'infections urinaires nécessitant des antibiotiques ont été rapportés dans la semaine suivant le traitement. Le traitement peut également réactiver un herpès génital antérieur, nécessitant une prévention.

### ***Soins après la procédure :***

Des soins sont recommandés pendant environ **une semaine** :

- Porter des sous-vêtements doux.
- Éviter les frottements et les nettoyants agressifs lors de la toilette
- Suspendre les bains, rapports sexuels et certains traitements locaux (comme les corticoïdes) pendant une semaine, en concertation avec le médecin.
- Utiliser une crème cicatrisante si nécessaire.

Il est à noter que cette procédure n'est pas prise en charge par la sécurité sociale et ne justifie pas d'arrêt de travail.

### ***Sous section 2 : L'utilisation des lasers sur les peaux mates et foncées***

Les traitements au laser pour des applications dermatologiques comme l'épilation, le traitement de l'érythro-couperose, les varicosités, les tatouages, les taches pigmentaires ou les cicatrices d'acné nécessitent des précautions particulières sur les peaux mates et foncées. Ces précautions visent à minimiser les risques de troubles pigmentaires et autres effets indésirables. (97)

**Précautions nécessaires :** Les peaux mates à foncées, appartenant à divers groupes ethniques, présentent des risques spécifiques selon le type de laser utilisé. Le choix de la technologie, l'adaptation des paramètres et le respect des protocoles pré et post-traitement sont cruciaux pour assurer la sécurité et l'efficacité des traitements.

**Les risques :** Les principaux risques incluent les troubles pigmentaires, principalement l'hyperpigmentation post-inflammatoire, qui se manifestent souvent sous forme de **taches brunes** après des blessures mineures. Ces taches peuvent **persister pendant 12 à 18 mois**. Les traitements laser peuvent provoquer ces mêmes effets, même avec des paramètres bien dosés, car la lumière se transforme en chaleur au niveau de la cible (poils, vaisseaux, derme) pour produire l'effet thérapeutique. Des brûlures superficielles peuvent aussi entraîner des hyperpigmentations ou hypopigmentations, parfois indélébiles, et des cicatrices sur les peaux foncées.

### **Types de lasers recommandés :**

Pour les peaux mates, les dispositifs non invasifs et ceux avec des **longueurs d'onde élevées** sont préférés **pour minimiser la compétition avec la mélanine**.

- **Épilation :** Le laser Nd 1064 nm est particulièrement sûr pour les peaux mates et même bronzées, permettant des séances tout au long de l'année. Les lasers à diode sont également sécuritaires. En revanche, les lasers à alexandrite et les lumières pulsées ne sont pas recommandés pour les peaux noires sauf ajustements spécifiques des paramètres.
- **Techniques non invasives :** Les techniques telles que la radiofréquence non ablativité et les LEDs, n'induisent pas de risque sur les peaux colorées lorsqu'elles sont utilisées dans des conditions normales.
- **Lasers et radiofréquences fractionnés ablatifs :** Pour les traitements anti-âge ou les cicatrices d'acné, il est essentiel de respecter les contraintes saisonnières en évitant les périodes de fort ensoleillement et d'adapter les paramètres pour minimiser les risques. Des lasers erbium ou CO2 avec des durées d'impulsion très courtes et des fluences plus faibles sont recommandés.

**Prévention :**

- Utilisation de vêtements, chapeaux, lunettes ou pansements opaques pour protéger des rayons solaires directs.
- Application d'écrans solaires (non protecteurs à 100%) 20 minutes avant de sortir, en quantité suffisante (2 mg/cm<sup>2</sup>, soit une demi-cuillère à café pour la tête et le cou), et renouvellement toutes les 2 à 4 heures ou plus souvent en cas de transpiration ou baignade.

**Conclusion**

En conclusion de cette thèse sur l'application des technologies laser en médecine, il convient de souligner l'importance croissante de ces outils dans le panorama médical et esthétique contemporain. Les lasers, en transcendant leur rôle initial en physique, ont révolutionné de nombreux domaines médicaux, offrant des options de traitement précises, peu invasives et personnalisées, répondant ainsi aux demandes croissantes de la société moderne.

À travers cette étude, nous avons pu observer comment les lasers sont devenus essentiels dans le traitement de pathologies variées telles que les affections cutanées, les anomalies oculaires, les maladies dentaires et bien d'autres encore. Leur capacité à cibler spécifiquement les tissus malades tout en préservant les tissus sains leur confère un avantage significatif par rapport aux méthodes plus traditionnelles, réduisant les risques de complications et les durées de convalescence. En dermatologie, par exemple, les lasers ont apporté des améliorations notables dans le traitement des maladies de la peau telles que le psoriasis, le vitiligo, et divers types de cancers cutanés, offrant une qualité de vie améliorée à des patients autrefois confrontés à peu d'options efficaces. L'avancement des lasers dans le traitement des cicatrices, qu'elles soient causées par des pathologies, accidents ou des interventions chirurgicales, illustre également l'impact profond de cette technologie sur la récupération esthétique et fonctionnelle des patients.

Cependant, l'impact des lasers dépasse le cadre clinique. Leur intégration dans les pratiques esthétiques reflète une mutation culturelle majeure où l'aspiration à l'amélioration personnelle et au bien-être peut être réalisée à travers des interventions précises et sécuritaires. L'épilation laser, le rajeunissement cutané, et les traitements de la rosacée en sont des exemples éloquentes. Chaque année, des innovations comme le laser picoseconde pour le traitement des pigments et le laser fractionné pour le resurfacing cutané repoussent les frontières des possibilités esthétiques.

Par ailleurs, les défis ne manquent pas, notamment en ce qui concerne l'accessibilité et le coût de ces technologies avancées, qui peuvent limiter leur disponibilité pour tous les segments de la population. De plus, la sécurité des traitements au laser, bien que généralement élevée, nécessite une vigilance constante pour éviter les effets indésirables. En réponse à ces défis, les perspectives futures devraient inclure la recherche continue pour optimiser les protocoles de traitement, réduire les coûts, et améliorer les résultats à long terme. L'adoption croissante de lasers dans les dispositifs à usage domestique indique également une démocratisation potentielle de cette technologie, bien que cela nécessite une régulation et une éducation accrues pour garantir la sécurité et l'efficacité.

Finalement, cette thèse met en lumière non seulement les progrès réalisés mais aussi le potentiel immense des lasers en médecine. Alors que la science avance, les implications sociétales de ces technologies continueront d'évoluer, influençant la manière dont nous vivons, nous soignons et

aspire à un idéal de santé et de beauté. Les lasers, autrefois simples faisceaux de lumière dans des laboratoires de physique, sont désormais des instruments de changement, sculptant non seulement la matière mais aussi nos vies.

Les lasers jouent un rôle de plus en plus important dans le traitement de diverses pathologies, au-delà de leurs applications en dermatologie. Un exemple notable est celui de **Hemerion Therapeutics**, une start-up qui développe des solutions pour le traitement du glioblastome, un cancer du cerveau. Leur approche repose sur l'utilisation d'un photosensibilisateur, le **Pentalafen®**, combiné à une plateforme d'illumination, la **Heliance®**, qui permet de cibler les cellules cancéreuses avec précision. Ce traitement vient en complément des thérapies classiques, en améliorant la précision des interventions.

Les lasers sont également couramment utilisés en ophtalmologie. Des entreprises comme **Visionary Optics** et **Johnson & Johnson Vision** ont développé des systèmes laser qui s'adaptent à la courbure unique de la cornée. Ces technologies permettent une meilleure précision dans les procédures de correction de la vision, réduisant ainsi les risques d'erreur et améliorant les résultats cliniques.

Bien que cette analyse ait porté sur les ondes électromagnétiques, comme les lasers, il aurait également été pertinent d'explorer d'autres types d'ondes, telles que les ondes mécaniques. Par exemple, les **ultrasons** sont déjà largement utilisés en imagerie et en thérapie. Ils offrent des applications prometteuses dans des domaines tels que le traitement de certaines pathologies neurologiques et la stimulation des tissus. La société **InsighTec**, par exemple, utilise des ultrasons focalisés guidés par **IRM** pour traiter des troubles neurologiques sans intervention chirurgicale, ce qui pourrait contribuer à réduire les risques liés aux techniques plus invasives.

Ainsi, les lasers contribuent à l'évolution vers une médecine plus précise, personnalisée et moins invasive, au service de la santé et du bien-être des patients.

## Bibliographie

1. ReportLinker. GlobeNewswire News Room. 2023 [cité 26 juin 2024]. Dermatology Lasers Global Market Report 2023. Disponible sur: <https://www.globenewswire.com/en/news-release/2023/06/09/2685569/0/en/Dermatology-Lasers-Global-Market-Report-2023.html>
2. Iconography - Erwin Panofsky (1892–1968) [Internet]. [cité 4 juin 2024]. Disponible sur: <https://science.jrank.org/pages/9728/Iconography-ERWIN-PANOFSKY-1892-1968.html>
3. Exactitude Consultancy [Internet]. [cité 27 juill 2024]. Marché des lasers esthétiques par type (appareils laser autonomes, appareils laser multiplateformes) Applications (lésions vasculaires, acné et cicatrices, lésions pigmentées et tatouages, épilation, rajeunissement de la peau, veines-découvertes et varices) Utilisation finale (hôpitaux, cliniques privées, Région des spas médicaux (Amérique du Nord, Asie-Pacifique, Europe, Amérique du Sud, Moyen-Orient et Afrique), tendances et prévisions mondiales de 2022 à 2029. Disponible sur: <https://exactitudeconsultancy.com/fr/rapports/11173/march%C3%A9-des-lasers-esth%C3%A9tiques/>
4. Moatti A. Les indispensables mathématiques et physiques. [cité 28 juill 2024]. L'émission stimulée (Einstein 1917) et le laser. Disponible sur: <http://www.maths-et-physique.net/article-3113016.html>
5. Le laser, histoire d'une découverte lumineuse | CNRS Le journal [Internet]. [cité 28 juill 2024]. Disponible sur: <https://lejournel.cnr.fr/articles/le-laser-histoire-dune-decouverte-lumineuse>
6. Laser | l'Encyclopédie Canadienne [Internet]. [cité 28 juill 2024]. Disponible sur: <https://www.thecanadianencyclopedia.ca/fr/article/laser#>
7. L'émission stimulée (Einstein 1917) et le laser - Les indispensables mathématiques et physiques [Internet]. [cité 28 juill 2024]. Disponible sur: <http://www.maths-et-physique.net/article-3113016.html>
8. Lasers in dermatology | DermNet [Internet]. [cité 4 juin 2024]. Disponible sur: <https://dermnetnz.org/topics/lasers-in-dermatology>
9. Weiner SF. Radiofrequency Microneedling: Overview of Technology, Advantages, Differences in Devices, Studies, and Indications. *Facial Plast Surg Clin N Am.* août 2019;27(3):291-303.
10. Kwiatkowski S, Knap B, Przystupski D, Saczko J, Kędzierska E, Knap-Czop K, et al. Photodynamic therapy - mechanisms, photosensitizers and combinations. *Biomed Pharmacother Biomedecine Pharmacother.* oct 2018;106:1098-107.
11. Rkein AM, Ozog DM. Photodynamic therapy. *Dermatol Clin.* juill 2014;32(3):415-25, x.
12. Les indications médicales des lasers | DERMAPOLE [Internet]. [cité 5 juin 2024]. Disponible sur: <https://www.dermapole.fr/fr/les-indications-medicales-des-lasers>
13. Inserm [Internet]. [cité 6 juin 2024]. Vitiligo · Inserm, La science pour la santé. Disponible sur: <https://www.inserm.fr/dossier/vitiligo/>
14. CEA. CEA/Fabrique de savoirs. CEA; 2023 [cité 6 juin 2024]. Portrait de Pierre Agostini, lauréat du prix Nobel de physique. Disponible sur: <https://www.cea.fr/drif/Pages/Actualites/Vie-de-la-DRF/2023/portrait-pierre-agostini-prix-nobel-physique.aspx>
15. vitiligo-frfrpub672v01.pdf [Internet]. [cité 6 juin 2024]. Disponible sur: <https://www.orpha.net/pdfs/data/patho/Pub/fr/vitiligo-frfrpub672v01.pdf>
16. Les traitements du vitiligo [Internet]. Association Française du Vitiligo. [cité 25 juin 2024]. Disponible sur: <https://www.afvitiligo.com/comprendre-le-vitiligo/les-traitements-du-vitiligo/>
17. van Geel N, Passeron T, Wolkerstorfer A, Speeckaert R, Ezzedine K. Reliability and validity of the Vitiligo Signs of Activity Score (VSAS). *Br J Dermatol.* nov 2020;183(5):883-90.
18. Tovar-Garza A, Hinojosa JA, Hynan LS, Pandya AG. Addition of oral minipulse dexamethasone to narrowband ultraviolet B phototherapy and topical steroids helps arrest disease activity in patients with vitiligo. *Br J Dermatol.* janv 2019;180(1):193-4.
19. Ostovari N, Passeron T, Lacour JP, Ortonne JP. Lack of efficacy of tacrolimus in the treatment of vitiligo in the absence of UV-B exposure. *Arch Dermatol.* févr 2006;142(2):252-3.
20. Passeron T, Ostovari N, Zakaria W, Fontas E, Larrouy JC, Lacour JP, et al. Topical tacrolimus and the 308-nm excimer laser: a synergistic combination for the treatment of vitiligo. *Arch Dermatol.* sept 2004;140(9):1065-9.
21. Seneschal J, Duplaine A, Maillard H, Passeron T, Andreu N, Lassalle R, et al. Efficacy and Safety of Tacrolimus 0.1% for the Treatment of Facial Vitiligo: A Multicenter Randomized, Double-Blinded, Vehicle-Controlled Study. *J Invest Dermatol.* juill 2021;141(7):1728-34.
22. Inserm [Internet]. [cité 11 juin 2024]. Psoriasis · Inserm, La science pour la santé. Disponible sur: <https://www.inserm.fr/dossier/psoriasis/>
23. Zanolli M. Phototherapy arsenal in the treatment of psoriasis. *Dermatol Clin.* oct 2004;22(4):397-406, viii.
24. Zhang P, Wu MX. A clinical review of phototherapy for psoriasis. *Lasers Med Sci.* janv 2018;33(1):173-80.
25. Psoriasis AF. Photothérapie UVB [Internet]. Association France Psoriasis. 2018 [cité 11 juin 2024]. Disponible sur: <https://francepsoriasis.org/lassociation/documentation/traitement-du-psoriasis/photothérapie-uvb/>
26. CO2 laser resurfacing of psoriatic plaques: a pilot study - PubMed [Internet]. [cité 26 juin 2024]. Disponible sur: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/9510101/>
27. Réalités thérapeutiques en Dermato-Vénérologie [Internet]. 2024 [cité 26 juin 2024]. Réalités thérapeutiques en Dermato-Vénérologie - Revue médicale. Disponible sur: <https://www.realites-dermatologiques.com/>
28. Randomized, Investigator-Blinded Study to Compare the Efficacy and Tolerance of a 650-microsecond, 1064-nm YAG Laser to a 308-nm Excimer Laser for the Treatment of Mild to Moderate Psoriasis Vulgaris [Internet]. JDDonline - Journal of Drugs in Dermatology. [cité 26 juin 2024]. Disponible sur: <https://jddonline.com/articles/randomized-investigator-blinded-study-to-compare-the-efficacy-and-tolerance-of-a-650-microsecond-106-S1545961620P0176X/>

29. Study: Aerolase Neo Elite Laser Is as Effective as the Gold Standard Laser for Treating Psoriasis [Internet]. [cité 26 juin 2024]. Disponible sur: <https://practicaldermatology.com/news/study-aerolase-neo-elite-laser-is-as-effective-as-the-gold-standard-laser-for-treating-psoriasis/2460674/>
30. Morsy EE, Mohamed R, Omar SI. Intense pulsed light versus pulsed dye laser in the treatment of nail psoriasis: Intra-patient left to right comparative controlled study. *Indian J Dermatol Venereol Leprol.* --;0(0):1-9.
31. Yu Y, Lu J, Zhang Y, Shi Y. A prospective randomized half-body study: 308 nm LED light vs. 308 nm excimer laser for localized psoriasis. *Front Med* [Internet]. 1 nov 2023 [cité 26 juin 2024];10. Disponible sur: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fmed.2023.1275912/full>
32. Afify AA, Shaheen MA, El-Banna MG. Fractional CO2 laser in the treatment of nail psoriasis: how can it help? *Arch Dermatol Res.* 1 août 2023;315(6):1705-15.
33. Psoriasis Therapies in 2024 and Beyond [Internet]. [cité 26 juin 2024]. Disponible sur: <https://www.dermatologytimes.com/view/psoriasis-therapies-in-2024-and-beyond>
34. Hesham Ali Elwan Y, Abdel Azim A, Starace M, Shawky Abd Elhafiz H. Nd:YAG Laser in the Treatment of Nail Psoriasis: Clinical and Dermoscopic Assessment. *Dermatol Pract Concept.* 8 mars 2021;11(2):e2021140.
35. Fractional CO 2 Laser versus Fractional CO 2 Laser Plus Betamethasone/Calcipotriol Ointment in the Treatment of Nail Psoriasis - PubMed [Internet]. [cité 26 juin 2024]. Disponible sur: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/37093675/>
36. New Treatments Bring Hope for Autoimmune Skin Conditions [Internet]. [cité 26 juin 2024]. Disponible sur: <https://www.dermatologytimes.com/view/new-treatments-bring-hope-for-autoimmune-skin-conditions>
37. Weidinger S, Beck LA, Bieber T, Kabashima K, Irvine AD. Atopic dermatitis. *Nat Rev Dis Primer.* 21 juin 2018;4(1):1.
38. Les Français face à l'eczéma... De l'exclusion à la dépression [Internet]. [cité 11 juin 2024]. Disponible sur: <https://www.sanofi.fr/fr/media/communiqués-et-dossiers-de-presse/2020/les-français-face-a-l-eczéma-de-l-exclusion-a-la-dépression>
39. Hello M, Aubert H, Bernier C, Néel A, Barbarot S. [Atopic dermatitis of the adult]. *Rev Med Interne.* févr 2016;37(2):91-9.
40. FasterCapital [Internet]. [cité 28 juill 2024]. Mission de traitement de l'eczéma au laser Guérison de la peau et des affaires Le guide de l'entrepreneur sur le traitement de l'eczéma au laser. Disponible sur: <https://fastercapital.com/fr/contenu/Mission-de-traitement-de-l-eczéma-au-laser-Guérison-de-la-peau-et-des-affaires---Le-guide-de-l-entrepreneur-sur-le-traitement-de-l-eczéma-au-laser.html>
41. Kurosaki Y, Tsurumachi M, Kamata Y, Tominaga M, Suga Y, Takamori K. Effects of 308 nm excimer light treatment on the skin microbiome of atopic dermatitis patients. *Photodermatol Photoimmunol Photomed.* mai 2020;36(3):185-91.
42. Baltás E, Csoma Z, Bodai L, Ignác F, Dobozy A, Kemény L. Treatment of atopic dermatitis with the xenon chloride excimer laser. *J Eur Acad Dermatol Venereol JEADV.* juill 2006;20(6):657-60.
43. Efficacy and Safety of Fractional CO2 Laser Combined with Halometasone Cream for Treatment of Moderate-to-Severe Chronic Hand Eczema: A Prospective, Single-Center, Parallel-Group, Open-Label Randomized Trial - PMC [Internet]. [cité 11 juin 2024]. Disponible sur: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC10366065/>
44. Erceg A, de Jong EMJG, van de Kerkhof PCM, Seyger MMB. The efficacy of pulsed dye laser treatment for inflammatory skin diseases: a systematic review. *J Am Acad Dermatol.* oct 2013;69(4):609-615.e8.
45. Eichenfield LF, Tom WL, Berger TG, Krol A, Paller AS, Schwarzenberger K, et al. Guidelines of care for the management of atopic dermatitis: section 2. Management and treatment of atopic dermatitis with topical therapies. *J Am Acad Dermatol.* juill 2014;71(1):116-32.
46. Efficacy and Safety of Erbium-YAG Laser Ablation Therapy in Superficial Dermatoses: The Workhorse of Dermatology - PMC [Internet]. [cité 19 juin 2024]. Disponible sur: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC10718248/>
47. Coricciati L, Gabellone M, Donne PD, Fusco I, Zingoni T. Assessment of the efficacy of 595 nm pulsed dye laser in the management of facial flat angiomas. Results of a case series. *Skin Res Technol Off J Int Soc Bioeng Skin ISBS Int Soc Digit Imaging Skin ISDIS Int Soc Skin Imaging ISSI.* oct 2023;29(10):e13494.
48. Kwon SH, Choi JW, Byun SY, Kim BR, Park KC, Youn SW, et al. Effect of early long-pulse pulsed dye laser treatment in infantile hemangiomas. *Dermatol Surg Off Publ Am Soc Dermatol Surg Al.* avr 2014;40(4):405-11.
49. Lévy JL, Almeyad M, Christen-Zaech S. Les traitements laser en dermatologie pédiatrique. *Rev Med Suisse.* 2 avr 2014;424:760-5.
50. Brightman L, Geronemus R, Reddy K. Laser treatment of port-wine stains. *Clin Cosmet Investig Dermatol.* 12 janv 2015;8:27-33.
51. Colletti G, Negrello S, Rozell-Shannon L, Levitin GM, Colletti L, Chiarini L, et al. Surgery for Port-Wine Stains: A Systematic Review. *J Pers Med.* 28 juin 2023;13(7):1058.
52. Zawodny P, Wahidi N, Zawodny P, Duchnik E, Stój E, Malec WR, et al. Evaluation of the Efficacy of the 755 nm Picosecond Laser in Eliminating Pigmented Skin Lesions after a Single Treatment Based on Photographic Analysis with Polarised Light. *J Clin Med.* 5 janv 2024;13(2):304.
53. Association AA. Treatment of Dermatoses Papulosis Nigra with 532 nm KTP Laser in Skin Types IV, V and VI [Internet]. Medium. 2020 [cité 18 juin 2024]. Disponible sur: <https://medium.com/@Ameriaa/treatment-of-dermatosis-papulosis-nigra-with-532-nm-ktp-laser-in-skin-types-iv-v-and-vi-ac208c05cf7b>
54. Chen Y, Wei W, Li X. Clinical efficacy of CO2 fractional laser in treating post-burn hypertrophic scars in children: A meta-analysis. *Skin Res Technol.* 8 févr 2024;30(2):e13605.
55. Wall TL. Current Concepts: Laser Treatment of Adult Vascular Lesions. *Semin Plast Surg.* août 2007;21(3):147-58.
56. Molescreen PDT [Internet]. [cité 28 juill 2024]. Metvix® Photodynamic Therapy (PDT) for Skin Cancer Brisbane Clinic Molescreen PDT. Disponible sur: <https://molescreenpdt.com.au/services/pdt/>
57. Dr Séverine Lafaye – Dermatologue Laser Paris [Internet]. [cité 18 juin 2024]. Disponible sur: <https://dermatologielaser.paris/dr-severine-lafaye/>

58. IFOP [Internet]. [cité 25 juin 2024]. Les Français et le tatouage. Disponible sur: <https://www.ifop.com/publication/les-francais-et-le-tatouage/>
59. <https://goodbyetattoos.com/> [Internet]. [cité 3 août 2024]. How does laser tattoo removal work? | Goodbye Tattoos. Disponible sur: <https://goodbyetattoos.com/how-laser-tattoo-removal-works/>
60. Déatouage laser médical : comment enlever les tatouages au laser [Internet]. [cité 18 juin 2024]. Disponible sur: <https://www.afme.org/actes-me/etat-peau/enlever-les-tatouages-au-laser/>
61. Cannarozzo G, Nisticò SP, Zappia E, Del Duca E, Provenzano E, Patrino C, et al. Q-Switched 1064/532 nm Laser with Nanosecond Pulse in Tattoo Treatment: A Double-Center Retrospective Study. *Life*. 16 juill 2021;11(7):699.
62. Scheibner A, Kenny G, White W, Wheeland RG. A superior method of tattoo removal using the Q-switched ruby laser. *J Dermatol Surg Oncol*. déc 1990;16(12):1091-8.
63. Lasers for tattoo removal: a review - PubMed [Internet]. [cité 11 juin 2024]. Disponible sur: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/20549279/>
64. Cynosure FR [Internet]. [cité 11 juin 2024]. PicoSure Pro. Disponible sur: <https://www.cynosure.fr/produit/picosure-pro/>
65. Acné : causes, symptômes et évolution [Internet]. [cité 18 juin 2024]. Disponible sur: <https://www.ameli.fr/assure/sante/themes/acne/definition-symptomes-evolution>
66. TRAITEMENT DE L'ACNÉ PAR VOIE LOCALE ET GENERALE. 2007;
67. Update on New Laser Treatments for Acne [Internet]. [cité 3 août 2024]. Disponible sur: <https://www.dermatologytimes.com/view/update-on-new-laser-treatments-for-acne>
68. Chalermasuwiwattanakan N, Rojhirunsakool S, Kamanamool N, Kanokrunsee S, Udompataikul M. The comparative study of efficacy between 1064-nm long-pulsed Nd:YAG laser and 595-nm pulsed dye laser for the treatment of acne vulgaris. *J Cosmet Dermatol*. juill 2021;20(7):2108-15.
69. Yang TH, Li CN, Huang YC. The Efficacy of Pulsed Dye Laser Treatment for Acne Vulgaris: A Systemic Review and Meta-Analysis. *Dermatol Surg Off Publ Am Soc Dermatol Surg Al*. 1 févr 2022;48(2):209-13.
70. Centre Laser CLIPP [Internet]. [cité 3 août 2024]. AVICLEAR™ : enfin un traitement pour traiter l'acné durablement. Disponible sur: <https://www.centrelaserclipp.com/techniques/aviclear-acne/>
71. Comparison of novel dual mode vs conventional single pass of a 1450-nm diode laser in the treatment of acne vulgaris for Korean patients: A 20-week prospective, randomized, split-face study - PubMed [Internet]. [cité 18 juin 2024]. Disponible sur: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30225903/>
72. Bakus AD, Yaghmai D, Massa MC, Garden BC, Garden JM. Sustained Benefit After Treatment of Acne Vulgaris Using Only a Novel Combination of Long-Pulsed and Q-Switched 1064-nm Nd: YAG Lasers. *Dermatol Surg Off Publ Am Soc Dermatol Surg Al*. nov 2018;44(11):1402-10.
73. Comparison of pulsed dye laser versus combined pulsed dye laser and Nd:YAG laser in the treatment of inflammatory acne vulgaris - PubMed [Internet]. [cité 18 juin 2024]. Disponible sur: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27911144/>
74. Rapid Wound Healing and Acne Scar Improvement After Ablative Fractional Carbon Dioxide Laser Treatment Combined with the Application of Platelet-Lyophilized Treatment (PLT) - PubMed [Internet]. [cité 18 juin 2024]. Disponible sur: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34211289/>
75. FDA Clears the Accure Laser System for the Treatment of Mild to Severe Inflammatory Acne Vulgaris [Internet]. [cité 18 juin 2024]. Disponible sur: <https://practicaldermatology.com/news/fda-clears-the-accure-laser-system-for-the-treatment-of-mild-to-severe-inflammatory-acne-vulgaris/2461439/>
76. Gaias Salud. Clinical Evaluation of the Safety and Benefits of the Milesman 445 nm Blue Laser on Inflammatory Acne Lesions. [Internet]. [clinicaltrials.gov](https://clinicaltrials.gov/); 2021 mars [cité 1 janv 2024]. Report No.: NCT04698239. Disponible sur: <https://clinicaltrials.gov/study/NCT04698239>
77. Médecin esthétique au Luxembourg-Docteur Benjamin Colin [Internet]. [cité 26 juin 2024]. Disponible sur: <https://www.docteur-collin.com/traitement-au-laser-pigmentaire-des-taches>
78. Behshad R. A Single Center, Double-blinded Randomized Placebo-controlled Trial to Evaluate Surgical Scars After Treatment With Fractional Carbon Dioxide Rejuvenation Laser Therapy [Internet]. [clinicaltrials.gov](https://clinicaltrials.gov/); 2023 juin [cité 1 janv 2024]. Report No.: NCT02985151. Disponible sur: <https://clinicaltrials.gov/study/NCT02985151>
79. Walsh LA, Wu E, Pontes D, Kwan KR, Poondru S, Miller CH, et al. Keloid treatments: an evidence-based systematic review of recent advances. *Syst Rev*. 14 mars 2023;12(1):42.
80. Grain de milium : cause, traitement pour les enlever [Internet]. 2022 [cité 26 juin 2024]. Disponible sur: <https://sante.journaldesfemmes.fr/fiches-maladies/2835249-grain-de-milium-visage-cause-traitement-enlever-grossit/>
81. The Role of the CO2 Laser and Fractional CO2 Laser in Dermatology - PubMed [Internet]. [cité 26 juin 2024]. Disponible sur: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24771971/>
82. Variants of milia successfully treated with CO(2) laser vaporization - PubMed [Internet]. [cité 26 juin 2024]. Disponible sur: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/20590368/>
83. Voth H, Reinhard G. Periocular milia en plaque successfully treated by erbium:YAG laser ablation. *J Cosmet Laser Ther Off Publ Eur Soc Laser Dermatol*. févr 2011;13(1):35-7.
84. Étude mondiale sur la rosacée : 5% de la population touchée, selon les Laboratoires Pierre Fabre. [Internet]. [cité 26 juin 2024]. Disponible sur: [https://www.pierre-fabre.com/fr/communique\\_presse/etude-mondiale-sur-la-rosacee-5-de-la-population-touchee-selon-les-laboratoires](https://www.pierre-fabre.com/fr/communique_presse/etude-mondiale-sur-la-rosacee-5-de-la-population-touchee-selon-les-laboratoires)
85. 2274-Couperose-ou-rosacy-e.pdf [Internet]. [cité 26 juin 2024]. Disponible sur: <https://www.sfldlaser.com/upload/fichepratiques/2274-Couperose-ou-rosacy-e.pdf>
86. Efficacy Comparison of Pulsed Dye Laser vs. Microsecond 1064-nm Neodymium:Yttrium-Aluminum-Garnet Laser in the Treatment of Rosacea: A Meta-Analysis - PubMed [Internet]. [cité 26 juin 2024]. Disponible sur: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/35127754/>

87. Urdiales-Gálvez F, Castellano-Miralla A. Effectiveness and safety of a narrow band spectrum intense pulsed-light dye with long pulse Nd:YAG laser for treating facial vascular lesions. *J Cosmet Dermatol*. juin 2023;22 Suppl 2:8-15.
88. Masson E. EM-Consulte. [cité 26 juin 2024]. Comparison of efficacy between long-pulsed Nd:YAG laser and pulsed dye laser to treat rosacea-associated nasal telangiectasia. Disponible sur: <https://www.em-consulte.com/article/1234920/comparison-of-efficacy-between-long-pulsed-nd-yag->
89. Becher GL, Cameron H, Moseley H. Treatment of superficial vascular lesions with the KTP 532-nm laser: experience with 647 patients. *Lasers Med Sci*. janv 2014;29(1):267-71.
90. Rosacea: Practical Guidance and Challenges for Clinical Management - PMC [Internet]. [cité 26 juin 2024]. Disponible sur: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC10821660/>
91. Gentile RD, Kinney BM, Sadick NS. Radiofrequency Technology in Face and Neck Rejuvenation. *Facial Plast Surg Clin N Am*. mai 2018;26(2):123-34.
92. Les fiches information patient de la Société Française des Lasers en Dermatologie [Internet]. [cité 3 sept 2024]. Disponible sur: <https://www.sfldlaser.com/info-patient-fiche/151/Vergetures-traitement-par-laser>
93. TRAITEMENT DES VERGETURES PAR LASER.
94. Les fiches information patient de la Société Française des Lasers en Dermatologie [Internet]. [cité 5 juin 2024]. Disponible sur: <https://www.sfldlaser.com/info-patient-fiche/150/Varicosites-des-membres-inferieurs-traitement-par-laser-Nd-YAG-pulse-long-1064-nm-telangiectasies-des-membres-inferieurs>
95. Varicosités des membres inférieurs - traitement par laser NdYAG pulse long 1064 nm (télangiectasies des membres inférieurs).
96. Les fiches information patient de la Société Française des Lasers en Dermatologie [Internet]. [cité 3 sept 2024]. Disponible sur: <https://www.sfldlaser.com/info-patient-fiche/148/Zone-genitale-traitement-par-laser-fractionne>
97. Les fiches information patient de la Société Française des Lasers en Dermatologie [Internet]. [cité 3 sept 2024]. Disponible sur: <https://www.sfldlaser.com/info-patient-fiche/139/Laser-peaux-foncees-mates>

Université de Lille  
FACULTE DE PHARMACIE DE LILLE  
**DIPLOME D'ETAT DE DOCTEUR EN PHARMACIE**  
Année Universitaire 2023 / 2024.

**Nom : LACROIX**  
**Prénom : Camille**

**Titre de la thèse :**

**Lasers en lumière : Fondations, place thérapeutique, applications cliniques  
et esthétiques en dermatologie**

**Quelle est la place des lasers dans le parcours de soins en dermatologie  
et comment ces technologies révolutionnent-elles la prise en charge médicale  
et esthétique des patients ?**

**Mots-clés :** Technologies laser, Dermatologie, Médecine esthétique, Vitiligo, Psoriasis, Eczéma, Cancers cutanés, Épilation définitive, Rajeunissement cutané, Photothérapie dynamique, Laser fractionné, Laser vasculaire, Laser pigmentaire, Impact sociétal, Innovation médicale, Applications cliniques, Traitement des cicatrices, Remodelage cutané, Photothérapie UV, Angiomes, Cellulite, Vergetures, Rosacée, Traitement des cernes, Détatouage, LED, Radiofréquence, Ultrasons focalisés, Taches de vin, Mélasma, Lentigos solaires, Kératose actinique, Anti-âge.

---

**Résumé :** Cette thèse explore les fondements historiques, physiques et technologiques des lasers, en détaillant les principes et évolutions ayant façonné leur usage en médecine. Elle se concentre sur les applications cliniques des lasers en dermatologie, couvrant des pathologies telles que le psoriasis, le vitiligo, les cancers cutanés, les angiomes, et l'eczéma. Les technologies laser, notamment les lasers vasculaires (PDL, Nd, KTP), pigmentaires (Q-switched Nd, Alexandrite, Ruby, Picoseconde), ablatifs (CO<sub>2</sub>, Erbium), de remodelage (Fraxel), et excimer (308nm, 193nm), sont analysées pour leur efficacité et sécurité. Les applications esthétiques comprennent l'épilation définitive, le détatouage, le relissage cutané, et le traitement des vergetures, de la cellulite, des télangiectasies, de l'acné, des cernes, et des cicatrices. Les dispositifs énergétiques tels que la lumière pulsée intense (IPL), les diodes électroluminescentes (LED), la radiofréquence, et la photothérapie dynamique (PDT) sont également étudiés pour leurs contributions en dermatologie et esthétique. Enfin, l'accent est mis sur les innovations récentes, y compris le traitement des cernes avec le laser fractionné, l'utilisation des lasers sur les peaux foncées et le rajeunissement cutané, démontrant l'impact révolutionnaire de ces technologies dans les pratiques médicales et esthétiques modernes.

---

**Membres du jury :**

**Président :** **Sergheeraert Eric** , **Doctorat de Pharmacie et Doctorat de Droit**, Professeur à l'Université de Lille.

**Directeur, conseiller de thèse :** **Pinçon Claire** , **Doctorat de Statistique**, Maître de conférences à l'Université de Lille.

**Assesseur :** **Levasseur Maxime** , **Pharmacien titulaire** dans la Pharmacie de la Nouvelle Aventure à Lille.