



**HAL**  
open science

## Intérêts du laser en odontologie restauratrice

Camille Roure

► **To cite this version:**

Camille Roure. Intérêts du laser en odontologie restauratrice. Médecine humaine et pathologie. 2024. dumas-04893621

**HAL Id: dumas-04893621**

**<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-04893621v1>**

Submitted on 17 Jan 2025

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



Distributed under a Creative Commons Attribution - NonCommercial - NoDerivatives 4.0 International License

**THESE**

**POUR OBTENIR LE DIPLOME D'ÉTAT  
DE DOCTEUR EN CHIRURGIE DENTAIRE**

Présentée et publiquement soutenue devant

Aix-Marseille Université  
(Président : Monsieur le Professeur **Éric BERTON**)

Faculté des Sciences Médicales et Paramédicales  
(Doyen : Monsieur le Professeur **Georges LEONETTI**)

**Ecole de Médecine Dentaire**  
(Directeur : Monsieur le Professeur **Bruno FOTI**)

***Intérêts du laser en odontologie restauratrice***

Thèse soutenue le : **13/05/2024**

Présentée par  
**ROURE Camille**

Née le 29/12/1999

À Puyricard  
Bouches-du-Rhône

Promotion :  
**Raymond SANGIUOLO**

Devant le jury composé de

<b>Président :</b>	<b>Professeur TARDIVO Delphine</b>
<b>Assesseurs :</b>	<b>Professeur <u>TASSERY Hervé</u></b>
	<b>Docteur CASAZZA Estelle</b>
	<b>Docteur PILLIOL Virginie</b>



**THESE**

**POUR OBTENIR LE DIPLOME D'ÉTAT  
DE DOCTEUR EN CHIRURGIE DENTAIRE**

Présentée et publiquement soutenue devant

Aix-Marseille Université

(Président : Monsieur le Professeur Éric BERTON)

Faculté des Sciences Médicales et Paramédicales

(Doyen : Monsieur le Professeur Georges LEONETTI)

**Ecole de Médecine Dentaire**

**(Directeur : Monsieur le Professeur Bruno FOTI)**

***Intérêts du laser en odontologie restauratrice***

Présentée par  
**ROURE Camille**

Née le 29/12/1999

À Puyricard  
Bouches-du-Rhône

Promotion :  
**Raymond SANGIUOLO**

Thèse soutenue le : **13/05/2024**

**Devant le jury composé de**

**Président :** Professeur **TARDIVO Delphine**

**Assesseurs :** Professeur **TASSERY Hervé**

**Docteur CASAZZA Estelle**

**Docteur PILLIOL Virginie**

## ADMINISTRATION

<b>Doyens Honoraires</b>	Professeur	Raymond SANGIUOLO <sup>+</sup>
	Professeur	Henry ZATTARA
	Professeur	André SALVADORI
	Professeur	Jacques DEJOU
<b>Directeur</b>	Professeur	Bruno FOTI
<b>Directeurs adjoints</b>	Professeur	Michel RUQUET
	Professeur	Anne RASKIN
<b>Chargés de missions</b>		
	Formation Initiale	Professeur Michel RUQUET
Recherche Formation Continue	Professeur	Anne RASKIN
	Professeur	Frédéric BUKIET
Relations Internationales Internat et Diplômes d'études spécialisées Affaires générales	Professeur	Hervé TASSERY
	Professeur	Virginie MONNET-CORTI
	Docteur	Alain TOSELLO
<b>Responsable Administrative</b>	Madame	Katia LEONI

### PROMOTIONS :

2019 Raymond SANGIUOLO  
2020 Gaston BERGER  
2021 Joseph MIGOZZI  
2022 Jérôme GALLION  
2023 Serge DIBART

## LISTE DES ENSEIGNANTS

## PROFESSEURS DES UNIVERSITÉS – PRATICIENS HOSPITALIERS

BUKIET Frédéric (58-01)  
ESCLASSAN Rémi (58-01)  
FOTI Bruno (56-02) LE  
GALL Michel (56-01)  
MONNET-CORTI Virginie (57-01)  
PHILIP-ALLIEZ Camille (56-01)  
RASKIN Anne (58-01)  
RUQUET Michel (58-01)  
TARDIEU Corinne (56-01)  
TARDIVO Delphine (56-02)  
TASSERY Hervé (58-01)  
TERRER Elodie (58-01)

## PROFESSEUR DES UNIVERSITÉS

ABOUT Imad (65)

## MAITRES DE CONFERENCES DES UNIVERSITÉS – PRATICIENS HOSPITALIERS

ABOUDHARAM Gérard (58-01)	GUIVARC'H Maud (58-01)
ANTEZACK Angeline (57-01)	JACQUOT Bruno (58-01)
BALLESTER Benoît (58-01)	LAN Romain (56-02)
BELLONI Didier (57-01)	LAURENT Michel (58-01)
BLANCHET Isabelle (56-01)	MENSE Chloé (58-01)
ESCLASSAN Emmanuelle (56-01)	BOHAR Jacques (56-01)
CAMOIN Ariane (56-01)	NOIRRIT-
CAMPANA Fabrice (57-01)	POMMEL Ludovic (58-01)
CASAZZA Estelle (58-01)	PRECKEL Bernard-Éric (58-01)
ROCHE-POGGI Philippe (57-01)	RÉ Jean-Philippe (58-01)
GAUBERT Jacques (56-01)	CATHERINE Jean-Hugues (57-01)
GIRAUD Thomas (58-01)	SILVESTRI Frédéric (58-01)
GIRAUDEAU Anne (58-01)	STEPHAN Grégory (58-01)
	TOSELLO Alain (58-01)

## PRATICIENS HOSPITALIERS UNIVERSITAIRES

MANSUY Charlotte (58-01)  
PILLIOL Virginie (58-01)

## **CHEFS DE CLINIQUE DES UNIVERSITÉS - ASSISTANTS DES HÔPITAUX**

BAUDINET Thomas (58-01)  
BENAMARA Yamina (58-01)  
BOREL Guillaume (56-02)  
BRINCAT Arthur (57-01)  
BROS Agnès (56-01)  
CHAMAYOU Chloé (56-01)  
CREST Marion (58-01)  
CURIALE Léa (56-01)  
DUPRAT Florence (56-01)  
FOUQUES Agathe (56-01)  
HAMMOUTENE Stéphane (57-01)  
HOARAU Emilie (57-01)  
LAFONT Jacinthe (57-01)  
MOZZICONACCI Léa (58-01)

OHANESSIAN Romain (57-01)  
OLIVIER Thomas (56-01)  
ONGHENA Tom (56-01)  
PRINCE Fanny (58-01)  
RANCHAIN Théo (57-01)  
REYNAL Florence (56-01)  
ROMAO Vincent (57-01)  
ROUSCOFF Eva (56-01)  
RUFAS Pierre (58-01) RUIZ  
Pierre-Mathieu (58-01)  
STALLA Martin (58-01)  
STEPHAN Thomas (58-01)  
TERRER Jérémy (58-01)

## **CHEFFE DE CLINIQUE DES UNIVERSITÉS ASSOCIÉE**

BROTONS Adèle (56-01)

**Intitulés des sections CNU :**

**56<sup>ème</sup> section : Développement, croissance et prévention**

56-01 Odontologie pédiatrique et orthopédie dento-faciale

56-02 : Prévention – Epidémiologie – Economie de la santé – Odontologie légale

**57<sup>ème</sup> section : Chirurgie orale, Parodontologie, Biologie Orale**

57.01 : Chirurgie orale – Parodontologie – Biologie orale

**58<sup>ème</sup> section : Réhabilitation orale**

58-01 : Dentisterie restauratrice – Endodontie – Prothèses – Fonction-Dysfonction – Imagerie – Biomatériaux

L'auteur s'engage à respecter les droits des tiers, et notamment les droits de propriété intellectuelle. Dans l'hypothèse où la thèse comporterait des éléments protégés par un droit quelconque, l'auteur doit solliciter les autorisations nécessaires à leur utilisation, leur reproduction et leur représentation auprès du ou des titulaires des droits. L'auteur est responsable du contenu de sa thèse. Il garantit l'Université contre tout recours. Elle ne pourra en aucun cas être tenue responsable de l'atteinte aux droits d'un tiers



# **REMERCIEMENTS**

**A Madame la présidente du jury,  
Madame le Docteur Delphine TARDIVO**

Je vous remercie de l'honneur que vous me faites en acceptant de présider le jury de cette thèse. Je vous suis reconnaissante pour la bienveillance et la bonne humeur dont vous avez fait preuve au cours de mes vacances de prévention. Je vais peut-être essayer le yoga grâce à vous.

**A mon directeur de thèse,**

**Monsieur le Professeur Hervé TASSERY**

Je vous remercie chaleureusement d'avoir porté votre attention sur mon travail. Vous avez su répondre à mes questions avec gentillesse et efficacité. Veuillez trouver ici le témoignage de ma gratitude et mon respect.

**A Madame le Docteur Estelle CASAZZA**

Je tiens à vous remercier d'avoir accepté de faire partie de ce jury. Que ce soit pour ce jour important ou durant ces 5 années de dentaire, j'ai pu compter sur vous et votre gentillesse lorsque c'était nécessaire. Vous avez toute ma gratitude.

**A Madame le Docteur Virginie PILLIOL**

C'est avec grand plaisir que je vous compte parmi les membres de mon jury. J'ai pu apprécier tout au long de mes études votre pédagogie et votre douceur. Vous m'avez apporté votre aide de façon spontanée, que ce soit en travaux pratiques ou auprès de mes patients.

## DEDICACES

À mes parents, Serge et Céline,

Vous m'avez soutenu tout au long de mes études, je peux même dire que vous les avez vécues avec moi.

C'est grâce à vous, votre amour et votre confiance que j'en suis là aujourd'hui, j'espère vous rendre fiers. Je vous dédie cette thèse. Je vous aime !

À mes frère et sœur, Valentin et Émilie,

Mes partenaires, mes complices, merci pour la relation que nous avons. A vous et à nos surnoms que j'éviterai de mettre ici.

À mes grands-parents, Louis et Nicole

Merci pour votre présence et vos attentions.

A mes grands-parents, François et Anne

Merci pour l'intérêt que vous portez à mon parcours de vie.

À ma famille,

Tonton Goldo, tata Sylvie, Lise et Nathan : merci pour les jeux de société. Stan, marraine, Alexandre, Guy : merci pour votre présence.

Aux amis rencontrés à la fac,

Lucie, Tania, Eve, Doria, Lina, Anfaïta, Alexandre.

Aux amies qui restent malgré différents parcours de vie,  
Marine et Emelyne, en espérant que rien ne change.

A Romain, Pour tout ce que tu m'as apporté en  
peu de temps.

# **Intérêts du laser en odontologie restauratrice**

## Introduction

I- Présentation du laser	2
1- Historique	2
2- Fonctionnement	3
1.1 La lumière : caractéristiques et interactions	3
2.2 Composants du laser	7
2.3 Fonctionnement	8
3- Différents types de laser et leur classification	9
3.1 Laser à solide	9
3.1.1 Laser Nd:YAG	9
3.1.2 Laser KTP	10
3.1.3 Laser Er:YAG	11
3.1.4 Laser Er-Cr:YAG	12
3.1.5 Laser Ho:YAG	13
3.2 Laser à gaz	13
3.2.1 Laser CO2	13
3.2.2 Laser Helium Neon	13
3.2.3 Laser à argon	14
3.3 Laser à diode	15
4- Risques et réglementation	15
4.1 Risques et réglementations	16
4.1.1 Normes et décrets	16
4.1.2 Classifications	17
4.1.3 Marquage de l'appareil	19
4.1.4 Risques associés aux lasers	19
4.1.4.1 Risques pour les tissus biologiques	20
4.1.4.2 Risques liés à la matière	22
4.1.5 Précautions	22
4.1.5.1 Aménagements des locaux	22
4.1.5.2 L'équipement de protection	24
4.1.5.3 Stérilisation et contrôle des infections	24
4.1.5.4 La formation du personnel	25
II- Application en odontologie restauratrice	
1- Le laser et l'analgésie	
1.1 La douleur en dentisterie	25
1.1.1 Définition	25
1.1.2 Mécanisme	26
1.1.3 Utilisation de la photobiomodulation	27
1.2 Le laser en complément d'une anesthésie injectable	27
1.3 Le laser sans complément d'anesthésie injectable	28

2- Le laser en cariologie	30
2.1 Prévention carieuse	31
2.1.1 Scellement prophylactique	31
2.1.2 Fluoration	32
2.2 Détection et diagnostic des lésions carieuses	33
2.3 Eviction carieuse	37
3- Le laser en odontologie restauratrice	38
3.1 Préparation et collage	38
3.1.1 Préparation cavitaire	38
3.1.2 Préparation de la pièce prothétique	38
3.2 Polymérisation	39
3.3 Dommages sur les restaurations existantes	39
4- Le laser et les hypersensibilités	40
4.1 Mécanismes de l'hypersensibilité dentaire	40
4.2 Traitements de l'hypersensibilité	41
5- le laser et l'éclaircissement dentaire	42
5.1 Effet sur le résultat éclaircissant	43
5.2 Impact sur la durée du traitement	44
5.3 Sensibilités post-traitement	44
5.4 Modification de la structure amélaire et formation du biofilm	45

## Conclusion





# INTRODUCTION

Au cours des vingt-cinq dernières années, l'utilisation des lasers a gagné en importance dans de nombreuses spécialités de l'odontologie. Au-delà de leur utilisation comme instruments d'incision des tissus mous, ils offrent plusieurs avantages qui permettent de surmonter les inconvénients associés aux traitements conventionnels, ressentis tant pour les praticiens que pour les patients.

La dentisterie restauratrice est une branche de la dentisterie qui se concentre sur la restauration de la fonction, de l'esthétique et de l'intégrité des dents endommagées. Son objectif principal est de détecter, diagnostiquer, prévenir et traiter les problèmes dentaires afin de restaurer la santé buccodentaire globale du patient.

A travers ce travail, nous pourrions découvrir dans une première partie les différents lasers existants sur le marché, leur fonctionnement, leurs risques et leurs indications.

La seconde partie nous permettra, grâce à l'analyse d'études récentes, de déterminer ce que les lasers peuvent apporter en pratique courante. Celle-ci comprend l'analgésie dentaire, la prévention, la détection et préparation carieuse, le protocole de collage nécessaire à toute restauration mais également à l'hypersensibilité dentinaire et l'éclaircissement.

# **I- Présentation du laser**

## **1- Historique**

L'intérêt pour la lumière et son utilisation dans le domaine médical commence dès l'Antiquité par l'observation de ses propriétés optiques et thermiques.

En 1900, la physique moderne est introduite par Max Planck qui suggère que l'échange d'énergie entre les ondes et la matière est discontinue et composée de paquets indivisibles qu'il appelle quanta d'énergie. (1)

Niels Bohr introduit la notion de niveaux d'énergie des atomes en 1913. Il décrit alors l'émission spontanée, c'est à dire l'émission d'un photon sans interaction extérieure, entraînant le passage d'un atome d'un état excité à un état de basse énergie.

C'est en 1917 qu'Albert Einstein a jeté les bases de l'invention du laser en quantifiant l'absorption de rayonnement et l'émission spontanée. Il ajoute le principe d'émission stimulée, nouveau mode d'interaction atome lumière selon lequel une photo est émis par stimulation, conduisant à l'obtention de deux photons identiques à partir d'un photon incident.

Plusieurs scientifiques ont contribué à développer ces idées pour réaliser des sources lumineuses cohérentes et amplifiées, appelées masers puis lasers.

L'équipe de Charles Hard Townes réalise en 1950 un premier dispositif nommé MASER (Microwave Amplification by Stimulated Emission of Radiation ou Amplification de Micro-ondes par émission de radiation stimulée), recevant ainsi le prix Nobel de 1964 pour la base scientifique de l'électronique quantique.

En 1954, les découvertes d'Alfred Kastler apportent la technique du pompage optique, permettant le passage d'un atome d'un état de basse énergie à un état de haute énergie, augmentant ainsi la connaissance en physique atomique (prix Nobel de physique de 1966)

Le terme LASER a été présenté pour la première fois au public en 1959 par Gordon Gould mais c'est Theodore Maiman qui a construit le premier laser fonctionnel en 1960.(2) Il s'agissait d'un cristal de rubis stimulé par une lampe de grande puissance, émettant la première lumière cohérente de l'humanité, avec des rayons de même longueur d'onde et entièrement en phase.

Dès lors, le laser domina de nombreux secteurs et la recherche se dirigea soit vers la mise au point de nouvelles sources laser, soit vers l'amélioration des caractéristiques de celles existantes par l'utilisation de différents matériaux et longueurs d'ondes

En 1961, le premier laser à gaz (hélium-néon) est réalisé par Javan, Bennett et Herriot.

En 1962, le premier laser semi-conducteur ouvre la voie aux diodes lasers.

En 1963, invention du laser à fibre optique

En 1964, Patel des Laboratoires Bell a développé le CO2 laser.  
Puis apparition des lasers solides avec l'Yttrium aluminium garnet dopé avec du Néodyme (Nd:YAG) en 1973, l'Yttrium aluminium garnet dopé à l'erbium (laser Er :YAG) en 1980 et l'Yttrium aluminium perovskite dopé au néodyme (laser Nd :YAP) en 1994.

Ce sont ces lasers qui ont été rapidement adoptés dans la pratique médicale, d'abord en ophtalmologie, suivie très rapidement par la dermatologie, l'oto-rhino-laryngologie et la neurochirurgie. D'autres spécialités ont suivi leur exemple, de sorte qu'au milieu des années 1970, le laser est devenu un outil pan-spécialité aux États-Unis et dans le monde entier. (3)

Cependant, il n'y avait pas d'association ou de société dédiée aux praticiens de cette approche de traitement en expansion rapide.

La première société formée pour représenter le « nouveau » domaine des applications du laser en médecine et en chirurgie a été la Société internationale de chirurgie et de médecine au laser du professeur Kaplan (ISLSM), formée en Israël en 1975.

Suivant son exemple, un grand nombre de sociétés nationales et internationales ont été très rapidement formées. Afin de mettre en commun les connaissances de leurs membres, la Fédération mondiale des sociétés de médecine et de chirurgie laser (WFSLMS) a été créée en 2005. Cet organisme central serait chargé de recueillir et partager les avancées sur le sujet. (4)

## **2- Fonctionnement**

### **2.1 La lumière : caractéristique et interactions**

La lumière : La lumière est l'ensemble des ondes électromagnétiques visibles par l'œil humain, c'est-à-dire comprises dans des longueurs d'onde de 380nm (violet) à 780nm (rouge). Elles sont émises par des sources polychromatiques. Outre la lumière visible, par extension, on appelle parfois « lumière » d'autres ondes électromagnétiques, telles que celles situées dans les domaines infrarouge et ultraviolet, rayons gamma ou ondes radio. (5,6)

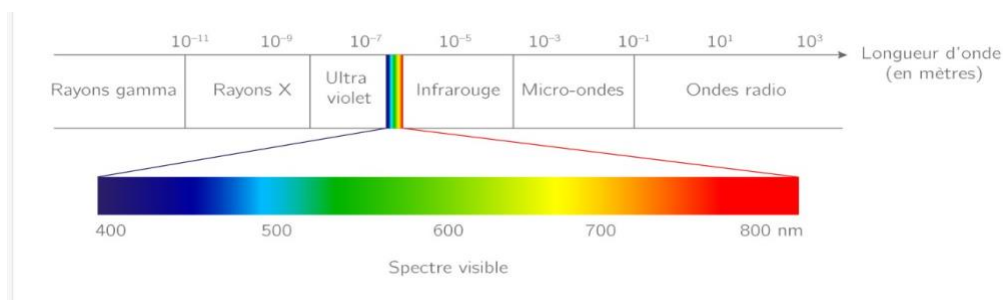


Figure 1 : Spectre électromagnétique (5)

Celle-ci se compose : - d'une nature **ondulatoire** : la longueur d'onde ( $\gamma$ ) caractérisant sa délivrance et son interaction avec les tissus

- d'une nature **corpusculaire/particulaire** : l'énergie lumineuse est transportée par des photons, possédant chacun une masse nulle, une vitesse de déplacement et une énergie. (5,7,8)

Dans le laser, on exploite le moyen actif qui possède la capacité d'émettre des radiations électromagnétiques (photons) quand il est activé. La lumière laser est une lumière monochromatique, unidirectionnelle et cohérente, c'est à dire que toutes les ondes sont en phase.

Elle se compose d'une seule longueur d'onde de lumière, qui dépendra du moyen actif, et est créée par amplification de lumière par émission stimulée de radiations. (5,8)

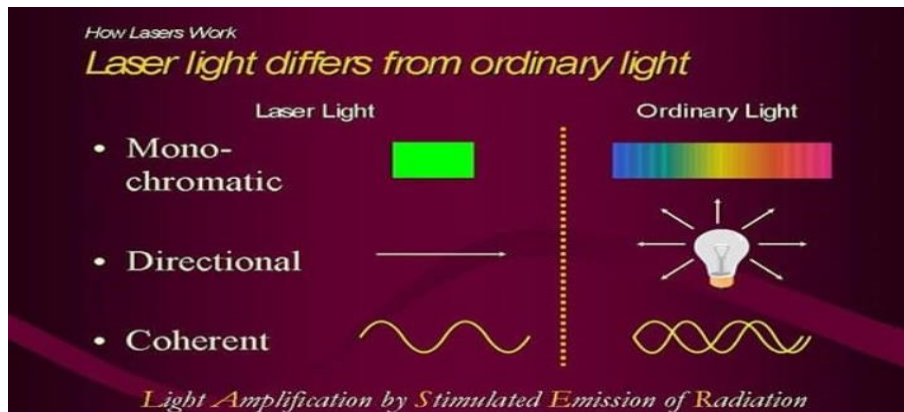
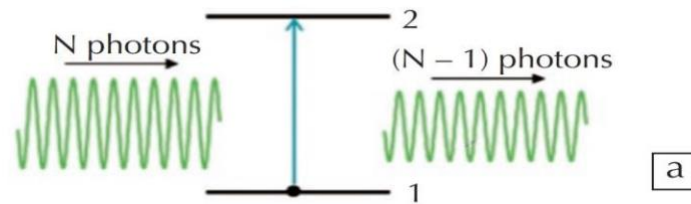


Figure 2 : Différence lumière laser – lumière ordinaire (10)

La lumière interagit avec la matière et peut ainsi être absorbée, réfléchi, déviée ou émise par celle-ci :

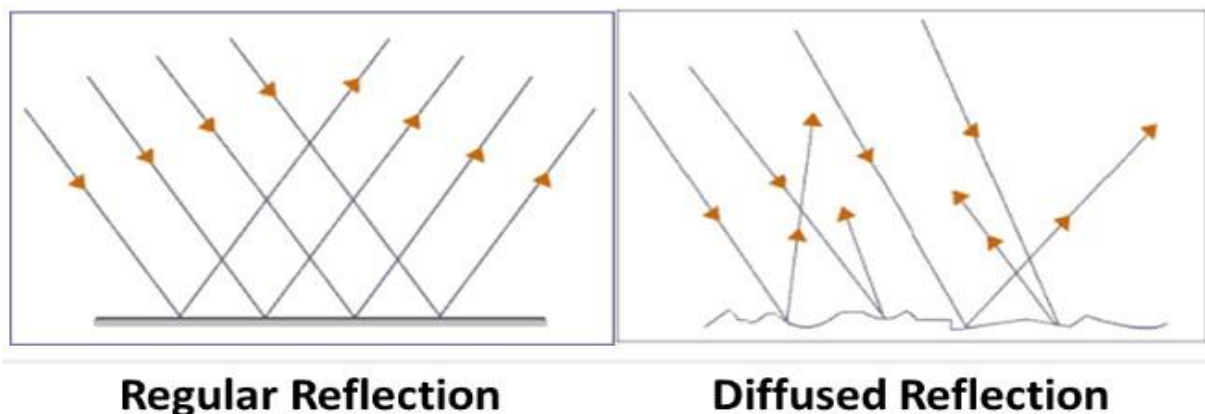
▪ **Absorption** : phénomène optique au cours duquel l'énergie lumineuse ou électromagnétique est absorbée par une substance quelconque. L'énergie d'un photon est prise par une autre particule, par exemple un électron. Dans ce cas, l'électron passera d'un état fondamental à un état excité tandis que le photon sera « détruit ». (6,7)



**Le processus d'absorption** fait disparaître un photon ; l'absorption atténue l'onde incidente.

*Figure 3 : Phénomène d'absorption (6)*

▪ **Réflexion** : Lorsqu'un rayon de lumière rencontre un objet, il rebondit sur celui-ci. Si la surface est plane, il est possible de prévoir sa trajectoire, si elle est non plane, la lumière est diffusée dans toutes les directions. (6,7)



*Figure 4 : Phénomène de réflexion (11)*

▪ Déviation, appelée **réfraction** : Se produit lorsqu'elle traverse une interface entre deux milieux d'indices différents. La lumière se propagera en ligne droite dans un milieu homogène et transparent mais se propagera si ce n'est pas le cas (lumière du soleil observée dans l'eau).

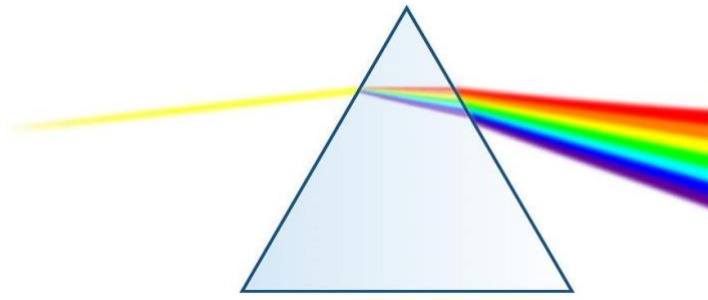


Figure 5 : Phénomène de réfraction (5)

▪ **Emission** : Tout corps, gazeux, liquide ou solide, chauffé à une certaine température, émet de la lumière, qu'elle soit visible ou non.

Cela résulte de l'interaction entre des particules électriquement chargées.

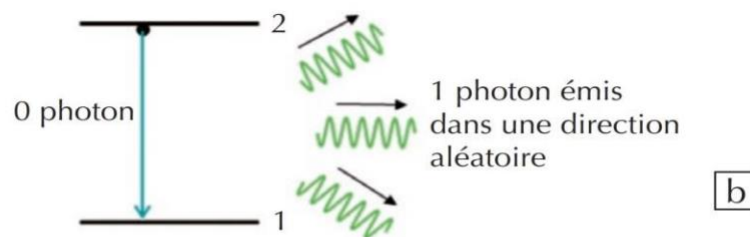
En effet, lorsque les atomes d'un corps absorbent de l'énergie, ils sont dans un état « excité » et devront libérer l'excès d'énergie pour revenir à leur état « fondamental » (6,8,9)

Il existe deux processus d'émission de l'énergie photonique :

- L'émission **spontanée** : Elle désigne le phénomène par lequel un électron, dans son état de basse énergie, dit fondamental (stable : 1) passe à un état de haute énergie, dit excité (instable : 2) par l'absorption d'énergie.

Celui-ci retombe nécessairement et spontanément dans un état de basse énergie, en émettant la quantité d'énergie initialement absorbée par émission d'un photon.

Cela se produit sans intervention extérieure, la direction et la phase du photon émis sont aléatoires, le photon est inutilisable pour les lasers.



**Le processus d'émission spontanée** fait apparaître un photon ; la lumière est émise dans une direction et avec une phase aléatoires.

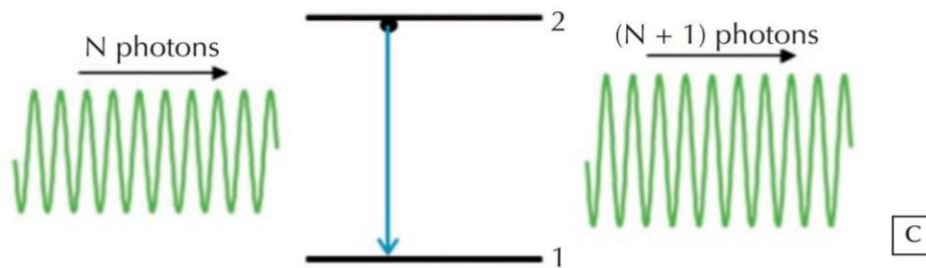
Figure 6 : Emission spontanée (6)

- L'émission **stimulée** : Se produit lorsqu'un photon interagit avec un atome ou une molécule déjà excitée, entraînant l'émission d'un second photon ayant les mêmes caractéristiques que le photon incident.

Autrement dit, l'atome déjà excité par une première absorption d'énergie absorbe une énergie supplémentaire, il passe à un niveau d'énergie très élevé mais très instable et restitue simultanément toute l'énergie absorbée en retournant à son état d'énergie stable initial.

En effet, si nous avons seulement 2 niveaux d'énergie, une émission stimulée et très peu probable car l'électron reste dans un excité seulement 10ns. Il faut donc un troisième niveau, considéré comme « presque stable » et appelé état « métastable ». L'électron y restera des milliers de fois plus longtemps qu'à l'état excité. (6,8,9)

Dans ce cas, il y a une stimulation extérieure.



**Le processus d'émission stimulée** fait apparaître un photon dans le même mode du champ que l'onde incidente ; l'onde est amplifiée.

*Figure 7 : Emission stimulée (6)*

## **2.2 Composants du laser**



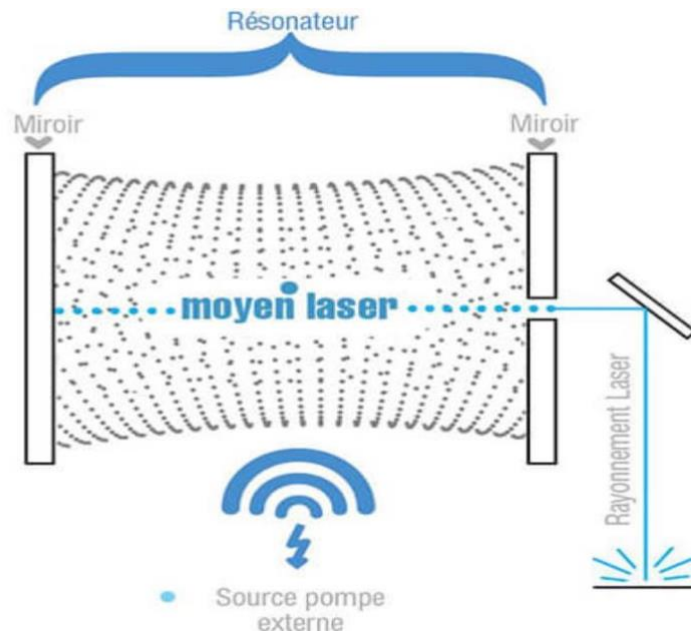


Figure 8 : Composants d'un laser (12)

- Un **milieu actif** ou amplificateur, matériau constitué d'atomes (gaz, liquide, solide) qui peut émettre de la lumière par émission stimulée en fournissant des électrons. Il permettra de définir le type de laser.
- Une **source d'énergie** fournie au système par un mécanisme de pompage du milieu actif tel qu'un courant électrique ou une bobine électrique. Il permet de réaliser une « inversion de population » permettant en faisant transiter les électrons du niveau fondamental à l'état excité.

On observe trois types de pompage :

- Le pompage optique : irradiation lumineuse polarisée par illumination à l'aide d'un faisceau lumineux très intense (laser rubis)
- Le pompage chimique : réaction chimique, le plus souvent exothermique (laser à chlorure d'hydrogène)
- Le pompage électrique : excitation obtenue par le passage d'un courant électrique (laser diode)

- Une **cavité optique** ou résonateur optique, réalisée par le placement de miroirs tout autour du milieu actif, l'un d'eux devra être partiel pour laisser passer quelques photons. Cela permet le bouclage du dispositif et impose au faisceau émis ses caractéristiques spatiales (direction, divergence) et temporelles (spectre de fréquences)

Une partie de l'énergie lumineuse présente dans la cavité s'en échappe : c'est l'émission du faisceau laser. (12)

### 2.3 Fonctionnement

Le principe de fonctionnement d'un laser est basé sur le principe de l'émission stimulée. Mais pour obtenir un faisceau laser le phénomène doit être amplifié.

1- Le milieu actif est au repos, les électrons sont à leur état fondamental

2- Le milieu actif est excité par une source d'énergie fournie par le mécanisme de pompage externe, produisant une émission spontanée de photons.

La majorité des électrons doivent être excités, nous appelons cela une « inversion de population » car c'est le contraire de la manière dont les électrons sont disposés habituellement dans un matériau.

3- Une partie des atomes excités se désexcitent provoquant un faible rayonnement de photons cohérents.

4- Grâce aux miroirs, le rayonnement est réfléchi et est amplifié par effet cascade, le rayonnement oscille dans le milieu actif, nous parlons d'amplification. Les photons libérés par un processus d'émission stimulée peuvent interagir avec d'autres électrons excités, provoquant ainsi davantage d'émissions stimulées.

Une faible partie du rayonnement est émis vers l'extérieur par le miroir semi-réfléchissant sous forme de rayon laser exploitable. (12,13,14)

Dans le domaine des lasers dentaires, la lumière atteint les tissus cibles par l'intermédiaire d'un système de livraison, nous en retrouvons 3 :

- la  **fibre optique**  : se compose d'un ensemble de câbles en plastique ou en verre, permettant le passage et le transfert de données sans perturbation à partir d'une impulsion lumineuse. La fibre est à double gaine, la gaine interne collecte la lumière de pompage et la guide le long de la fibre.

Elle peut délivrer des longueurs d'ondes allant de 400 à 2000 nm.

Elle a pour avantage une facilité d'utilisation, une grande fiabilité et une maintenance minimale requise.

- le  **guide d'ondes creux** , appelé aussi fibre creuse ou fibre à silice : utilisé pour transmettre des longueurs d'ondes supérieures à 2000 nm, il s'agit d'une cavité avec des parois internes réfléchissantes grâce à un revêtement d'halogénure d'argent. C'est un système rigide et moins efficace que la fibre optique.

- le  **bras articulé**  : le bras fournit un chemin entièrement fermé, composé de miroirs internes pour la propagation du faisceau. Il délivre des longueurs d'ondes très élevées mais est encombrant.

Le système est complété par des lentilles de mise au point et d'un système de refroidissement.

L'absorption de la lumière nécessite des absorbeurs de lumière, appelés « chromophores ». Les chromophores dans les tissus mous intra-oraux sont la mélanine, l'hémoglobine et l'eau. Dans les tissus durs il s'agit de l'hydroxyapatite et de l'eau.

Ils auront une certaine affinité pour des longueurs d'onde spécifiques selon leur coefficient d'absorption, ce qui rend la sélection du laser dépendant de la procédure. (7, 8, 9)

### **3- Différents type de laser et leur classification**

Les lasers sont classés en six familles selon la nature du milieu excité : (15)

- Solide (cristallin) : Nd- YAG, Er-YAG
- Gazeux : CO<sub>2</sub>, hélium néon, Argon
- Liquide (à colorants)
- Diode (semi-conducteur)
- Fibre
- Electrons libres

Ils peuvent également être caractérisés par leur mode d'émission : (13,14)

- Mode **continu** : le laser fonctionne en continu, émettant un faisceau de puissance constante sans interruption, utilisé plutôt dans la découpe de matériaux ou communication optique.
- Mode **pulsé** : impulsions lumineuses très courtes, intenses et répétées, que l'on retrouve en médecine

#### **3.1- Laser à solide**

Ils utilisent des milieux tels que cristaux ou des verres servant de matrice. Ils doivent être dopés par un ion qui varie selon le laser. Le premier fut le laser à rubis.

##### **3.1.1 Laser Nd YAG (7, 16,18)**

- Milieu actif : matériau cristallin synthétique (Yttrium, Aluminium, Grenat (YAG)) dopé avec un élément chimique (néodyme (Nd)). Système à 4 niveaux d'énergie.
- Plusieurs longueurs d'ondes : 1064nm dans l'infrarouge, mais aussi 1440 nm, 1320 nm, 1120 nm et 940 nm.

- Mécanisme de pompage : optique
- Mode d'émission : pulsé ou continu
- Système de livraison : fibres optiques de 200 ou 320µm de diamètre.
- Avantages : - Faible consommation d'énergie
  - Propriétés thermiques intéressantes
  - Propriétés mécaniques intéressantes
- Efficacité très élevée par rapport au laser à rubis.
- Inconvénients : - Encombrement
  - Prix
- Applications générales : - Industrie de la manufacture
  - Automobile
  - Militaire
  - Biophysique et dynamique des fluides
  - Médecine : ophtalmologie, oncologie, médecine esthétique (épilation laser, défauts vasculaires), pédiatrie
- Application en dentisterie : La lumière est fortement absorbée par les chromophores que sont la mélanine et l'hémoglobine, il y a donc une forte affinité pour les tissus mous. Il y a en revanche une faible absorption par l'eau.

En odontologie conservatrice : - Eviction pulpaire et nettoyage de la cavité d'accès

- Désinfection et assèchement canalaire et canaliculaire lors de traitements endodontiques initiaux et retraitements
- Destruction de calcifications et élimination d'instruments fracturés
  - Chirurgie apicale
- Traitement de l'hypersensibilité dentinaire

En chirurgie : - Coagulation et cicatrisation gingivale et osseuse

- Incisions
- Élimination des tissus de granulation

En parodontie : - Désinfection des poches parodontales

- Débridement sulculaire non chirurgical dans le contrôle de la maladie parodontale
- Traitement des péri-implantites

### 3.1.2 Laser KTP (7, 20)

- Milieu actif : laser Nd-YAG avec ajout de cristal de kalium-titanyl-phosphate
- Longueur d'onde : 532 nm, spectre visible (lumière verte)
- Avantages : - peu encombrant  
- moins couteux que les autres lasers
- Inconvénients : peu polyvalent
- Applications en dermatologie : Sa cible préférentielle se situe au niveau des vaisseaux superficiels, il est donc idéal pour traiter : - lésions vasculaires  
- lésions pigmentaires  
- lésions cutanées  
Ceci s'explique par sa forte absorption par la mélanine et l'hémoglobine.
- Applications en dentisterie : L'absorption par l'eau et l'hydroxyapatite est faible.

**Tissus durs** : - Eviction carieuse

- Préparation de la surface dentaire pour protocole de collage
- Eclaircissement dentaire
- Décontamination parodontale et endodontique

**Tissus mous** : - Incisions et coagulation

### 3.1.3 Laser Er:YAG (7, 17, 19, 20)

- Milieu actif : grenat d'yttrium et d'aluminium (YAG) dopé à l'erbium (Er)
- Longueur d'onde : 2940 nm, dans l'infrarouge
- Mode d'émission : pulsé
- Système de livraison : guide d'ondes creux ayant un diamètre de 200 à 400 nm ou fibre optique
- Avantages : - Utilisation sécurisée car longueurs d'ondes peu pénétrantes donc une faible propagation thermique  
- Polyvalence : opération de tissus durs ou mous
- Inconvénients : - Encombrement  
- Prix  
- Entretien exigeant

- Nécessité d'utiliser un système de refroidissement pour éviter l'échauffement des tissus superficiels
- Applications médicales : Sa forte absorption par l'eau lui permet d'être utilisé dans les actes médicaux dans lesquels une pénétration profonde des tissus n'est pas désirée. Traitement de l'acné et des rides  
Ablation des verrues
- Applications en dentisterie : Il est particulièrement adapté à la chirurgie dentaire mais présente également une forte absorption par l'hydroxyapatite.

#### **Tissus durs** : - Scellement des puits et fissures

- Traitement mini-invasif de lésions carieuses débutantes, même difficile d'accès
- Nettoyage non invasif des fonds de cavités
- Mordançage avant collage
- Traitement des hypersensibilités
- Chirurgie endodontique
- Ostéotomies, ostéoplasties, allongement coronaire
- Nettoyage osseux dans les procédures de R.O.G : élimination de la smear layer favorisant la cicatrisation et la régénération

#### **Tissus mous** : - Chirurgie des freins et brides

- Gingivectomie
- Dégranulation tissulaire
- Nettoyage parodontal profond
- Chirurgie plastique
- Dissection tissulaire et prélèvement de greffons

### **3.1.4 Laser Er-Cr :YAG (7, 17, 19)**

- Milieu actif : cristal d'yttrium scandium gallium garnet (Cr-YAG) dopé à l'erbium chromium (Er)
- Longueur d'onde : 2780 nm
- Mode d'émission : pulsé
- Système de livraison : fibre optique
- Avantages : - Bonne qualité optique  
- Faible perte d'absorption
- Inconvénients : - Encombrement

- Prix

▪ Applications en dentisterie : Très proche du laser Er-YAG, l'absorption par l'eau et l'hydroxyapatite est également forte

**Tissus durs** : - Eviction carieuse

- Préparation amélaire, cavitaire et canalaire

- Résection apicale

- Elongation coronaire

- Forage en implantologie

**Tissus mous** : - Débridement parodontal

- Ablation des tissus

- Analgésie

Les lasers Er-YAG et Er-Cr-YAG sont tous deux des lasers à l'erbium utilisés en dentisterie. Ils ont des applications similaires mais de par leur différence de longueur d'onde, le laser Er-Cr-YAG est plus efficace pour la coupe des tissus durs, tandis que le Er-YAG l'est plus pour celle des tissus mous.

Le choix entre les deux dépendra donc de l'application spécifique et des préférences du praticien.

### 3.1.5 Laser Ho : YAG (7, 22)

▪ Milieu actif : cristaux d'Yttrium Aluminium Garnet (YAG) dopés avec des ions d'holmium de terres rares (Ho<sup>3+</sup>)

▪ Longueur d'onde : 2100 nm

▪ Mécanisme de pompage : diode

▪ Mode d'émission : pulsé

▪ Système de livraison : fibre optique

▪ Applications médicales : Ayant une forte absorption par l'eau, une partie importante de l'énergie holmium est absorbée superficiellement (car l'eau constitue la majorité des tissus). Seules des coupes ou ablations superficielles peuvent donc être réalisées. Il est moins polyvalent que le laser Erbium.

- Urologie : lithotripsis, ablation tumeur, incision col de la vessie -
- Chirurgie orthopédique
- ORL
- Applications en dentisterie : - Chirurgie et désinfection parodontale
- Traitement des lésions carieuses
- Décontamination radiculaire - Eclaircissement

### **3.2 Laser à gaz**

#### **3.2.1 Laser CO2 (7, 18, 20)**

- Milieu actif : dioxyde de carbone (10% à 20%),  
azote (10%)  
hélium (70% à 80%)
- Longueurs d'ondes : entre 940 nm et 1060 nm, dans l'infrarouge
- Mécanisme de pompage : décharge électrique
- Mode d'émission : pulsé ou continu
- Système de livraison : guide d'ondes creux ou bras articulé
- Avantages : grande puissance, forte efficacité
- Inconvénients : peu adapté aux tissus durs
- Applications générales : - Industrie : gravure et découpe de matériaux
- Recherches scientifiques
- Médecine esthétique : chirurgies cutanées
- Application en dentisterie : Forte absorption par l'eau, ce laser est utilisé sur les tissus mous
- Incision et ablation de tissus : pulpotomie, gingivectomie, freinectomie
- Coagulation
- Réduction des symptômes post opératoire dont la douleur par son effet analgésique
- Traitements de lésions dermatologiques
- Effet bactéricide sur les poches parodontales - Biostimulation utilisée en orthodontie



### 3.2.2 Laser Helium Néon (7, 20)

- Milieu actif : néon dilué dans de l'hélium (90%)
- Longueurs d'ondes : 632nm à 1015 nm, dans le visible et l'infrarouge
- Mécanisme de pompage : décharge électrique
- Mode d'émission : pulsé ou continu
- Système de livraison : fibre optique en silice
- Avantages : - Stabilité  
- Sortie optique de haute qualité
- Inconvénients : - Faible puissance  
- Encombrement
- Applications générales : - Industrie : mesure de distances, lecture de code barre, gravure  
- Médecine : traitement des douleurs musculaires et articulaires
- Application en dentisterie : Il est principalement utilisé pour biostimulation par la thérapie laser à faible niveau (LLLT). Elle a pour but de réduire la douleur et l'inflammation en utilisant des lasers à basse énergie pour des périodes d'exposition prolongées.

**Tissus durs** : - Détection et diagnostic des lésions carieuses

- Eclaircissement dentaire
- Cicatrisation osseuse

**Tissus mous** : - Action antibactérienne et cicatrisante en parodontologie

- Dépigmentation gingivale
- Cicatrisation gingivale
- Effet analgésique

### 3.2.3 Laser à argon (7, 20, 21)

- Milieu actif : argon
- Plusieurs longueurs d'ondes : 514nm (visible : bleu), 488nm (visible : vert), entre 275 et 363nm (ultraviolet)

- Mécanisme de pompage : décharge électrique
- Mode d'émission : pulsé ou continu
- Système de livraison : fibre optique
- Avantages : - Grande variété de laser  
 - Limitations thermiques moins strictes qu'avec les lasers solides - Contact avec les tissus non obligatoires
- Inconvénients : - Coût  
 - Maintenance  
 - Possibles effets secondaires lors de procédures oculaires
- Applications générales : - Industrie : imprimante  
 - Recherches scientifiques  
 - Ophtalmologie : traitement de diverses affections oculaires
- Application en dentisterie : Forte absorption par la mélanine et l'hémoglobine, faible absorption par l'eau.

**Tissus durs** : - protection amélaire  
 - détection carieuse - photopolymérisation

**Tissus mous** : Uniquement utilisé pour ses propriétés coagulantes durant les chirurgies :  
 - freinectomie  
 - gingivectomie  
 - chirurgies endodontiques ou parodontales

### 3.3 Laser à diode (7, 20)

- Milieu actif : matériau semi-conducteur
- Longueurs d'ondes : entre 810 et 980nm, dans l'infrarouge
- Mécanisme de pompage : barrettes de diodes laser
- Mode d'émission : pulsé ou continu
- Système de livraison : fibre optique

- Avantages : - Sécurité lors de l'utilisation car nécessite une moins grande puissance  
- Peu encombrant - Faible coût
  
- Inconvénients : - Risques cependant important si la protection oculaire n'est pas respectée  
- Qualité optique inférieure car faisceaux divergents  
- Risque de nécrose car augmentation rapide de la température
  
- Applications générales : - Télécommunication optique : disque, photocopie, stockage des informations  
- Industrie : plaquage, soudage, mesure de distances, pointage
  
- Applications en dentisterie : Forte absorption par l'hémoglobine, la mélanine et les bactéries mais faible par l'eau.  
Il est très utilisé sur les tissus mous pour ses propriétés antiseptiques et antiinflammatoires.

Tissus mous : - Photostimulation des lésions ulcéreuses

- Greffe gingivale
- Freinectomie
- Ablation des tissus inflammatoires et hypertrophiques
- Cicatrisation et désinfection des poches parodontales canalaires - Désinfection

## **4- Risques et réglementations**

Une enquête menée par la DGCCRF montre que les professionnels ont une faible connaissance de la réglementation sur les appareils à laser et minimisent les risques associés à une mauvaise utilisation.

### **4.1 Normes et Classification**

#### **4.1.1 Normes et décrets (23, 25)**

Les lasers, dont ceux utilisés en dentisterie, doivent se soumettre aux règles établies par les décrets suivant :

- Décret n° 2007-665 du 2 mai 2007 relatif à la sécurité des appareils à laser sortant
- Décret 2010-750 du 2 juillet 2010 relatif à la protection des travailleurs contre les risques dus aux rayonnements optiques artificiels

Ils répondent également à des normes relatives à la sécurité laser :

- NF EN 60825-1 « Sécurité des appareils à lasers - partie 1 : Classification des matériels et exigences »\*
- NF EN ISO 11553-1 « Sécurité des machines - Machines à laser - partie 1 : prescriptions générales de sécurité »\*

Normes relatives aux équipements de protection

- NF EN 207 « Protection individuelle de l'œil - Filtres et protecteurs de l'œil contre les rayonnements laser (lunettes de protection laser) »\*
- NF EN 208 « Protection individuelle de l'œil - Lunettes de protection pour les travaux de réglage sur les lasers et sur les systèmes laser (lunettes de réglage laser) »\*
- NF EN 12254 « Écrans pour poste de travail au laser - Exigences et essais de sécurité »\* • NF EN 6082

#### 4.1.2 Classifications (23, 24, 26)

L'évaluation des risques repose sur la classification des lasers, essentiellement en fonction de leur puissance et de leur longueur d'onde.

Cette classe est mentionnée sur l'appareil laser ainsi que sur sa notice d'utilisation. Sa détermination est obligatoire et doit être réalisée par le fabricant.

Sur certains appareils, nous pouvons retrouver l'ancienne classification :

**Classe 1** : Lasers intrinsèquement sans danger

**Classe 2** : Lasers à rayonnement visible (400 à 700 nm de longueur d'onde, et d'une puissance inférieure ou égale à 1 mW). Protection de l'œil assurée par le réflexe palpébral.

Sans danger pour une exposition de courte durée.

**Classe 3a** : Lasers de puissance moyenne (<5 mW). Pas de danger pour la vision à l'œil nu. La vision par un instrument d'optique peut être dangereuse selon la longueur d'onde.

**Classe 3b** : Lasers dont la vision directe est toujours dangereuse (puissance comprise entre 5 mW et 500 mW). Ces lasers sont potentiellement dangereux si un faisceau direct ou une réflexion spéculaire est regardé par l'œil non protégé.

**Classe 4 :** Lasers toujours dangereux en vision directe ou diffuse, créant des lésions cutanées et oculaires (puissance supérieure à 500 mW). Ils constituent un danger d'incendie. Exposition dangereuse au rayonnement direct ou diffus pour l'œil et la peau.

A noter que « sans danger » signifie l'absence de lésion. Cependant, ces faisceaux peuvent être à l'origine d'éblouissement intense et douloureux.

Sinon, il s'agira de la classification internationale réalisée par La Commission Electrotechnique Internationale (IEC). On l'a retrouve dans la norme primaire IEC 60825-1 et est déterminée par la Limite d'émission accessible (LEA), basée sur des calculs, et par des conditions d'observation.

**Classe 1 :** Lasers sans danger en vision directe ou à l'utilisation d'instruments optiques pour la vision dans le faisceau.

**Classe 1M :** Lasers émettant dans la gamme de longueur d'onde de 302,5 nm à 4000 nm qui sont sans danger en vision directe de courte ou longue durée, mais pouvant être dangereux si l'utilisateur emploie une optique dans le faisceau.

La lettre « M » vient de « magnifying optical viewing instruments » en anglais signifiant « instruments optiques d'observation grossissants ».

**Classe 1C\* :** Pas de danger oculaire ; la VLE (valeur limite d'exposition) de la peau peut être dépassée dans le cadre d'une exposition intentionnelle (la lettre « C » vient du terme « contact », déduit du mode de fonctionnement)

**Classe 2 :** Lasers émettant un rayonnement visible dans la gamme des longueurs d'onde de 400 nm à 700 nm, avec une puissance inférieure de 1mW, où la protection de l'œil est normalement assurée par les réflexes de défense comprenant le réflexe palpébral (réflexe de fermeture de l'œil). Cette réaction assure une protection en vision directe et à l'utilisation d'instruments d'optiques pour des expositions momentanées (0,25s).

**Classe 2M :** Sans danger pour une courte durée ; lésion possible en cas de visualisation par instrument d'optique.

**Classe 3R :** Lasers de puissance entre 1 et 5mW, émettant dans la gamme des longueurs d'onde de 302,5 nm à 10E6 nm, dépassant l'exposition maximale permise (EMP). La vision directe dans le faisceau est potentiellement dangereuse (la lettre « R » vient de l'expression « exigences réduites »).

**Classe 3B** : Lasers de 5 à 500mW de puissance, où la vision directe dans le faisceau est dangereuse, quelle que soit la durée d'exposition. La vision des réflexions diffuses est normalement sans danger mais l'EMP peut être dépassée en cas d'utilisation d'instrument optique d'observation. De plus, il existe un risque d'incendie dû au faisceau direct (la lettre « B » est historique car issue de la première classification).

**Classe 4** : Vision directe dangereuse, exposition de la peau dangereuse, réflexion diffuse dangereuse et risque d'incendie important, même pour une réflexion diffuse.

En dentisterie, tous les lasers sont de classe 4, les précautions doivent donc être respectées

	Exposition directe	Réflexion spéculaire <sup>(1)</sup>	Réflexion diffuse	Incendie/brûlure
Classe 1	Exposition jamais dangereuse			
Classe 1C	Exposition oculaire impossible			!
Classe 1M	!	!		
Classe 2	! si > 0,25 s	! si > 0,25 s		
Classe 2M	! si > 0,25 s	! si > 0,25 s		
Classe 3R	!	!		
Classe 3B	!!	!!	!	!
Classe 4	!!	!!	!!	!!

<sup>(1)</sup> Réflexion spéculaire : le rayon réfléchi est unique et idéalement toute l'énergie incidente est présente.

Classe 2 : 400- 700 nm - Émission uniquement dans le visible.

! : danger accru si vision par instrument optique

! : dangereux

! : dangereux (exposition intentionnelle de la peau ou autres tissus non oculaires dans le cadre de traitements médicaux uniquement)

!! : très dangereux

**Tableau 2** Dangers associés aux classes des lasers

Figure 9 : Risques associés aux classes de laser (26)

#### 4.1.3 Marquage de l'appareil (9, 26)

La même norme NF EN 60825-1 impose que des informations claires concernant le type de rayonnement auquel l'opérateur est susceptible d'être exposé soient placées sur l'appareil.

Elles doivent être facilement accessibles et lisibles par l'opérateur en respectant des critères de taille, couleur et libellé, et comprendre un pictogramme et une plaque indicative explicative.

#### 4.1.4 Risques associés aux lasers

Les risques résultent de l'interaction entre le faisceau et d'une part les tissus biologiques (œil et peau), d'autre part la matière (incendie...). Le danger peut provenir d'un faisceau direct ou diffusé/réfléchi.

##### 4.1.4.1 Risques pour les tissus biologiques

Les effets vont dépendre de plusieurs paramètres physiques :

- la longueur d'onde
- la puissance du faisceau
- la nature du faisceau : direct, indirect, non focalisé, focalisé, divergent, diffusé
- le temps d'exposition
- la distance par rapport au faisceau.

##### ▪ Effets cutanés (7, 8, 26)

Ils peuvent être photochimiques, entraînant ainsi des formations d'érythèmes et des effets cancérogènes (pouvant provoquer ou favoriser le cancer de la peau)

Ils peuvent également être thermique par échauffement de tissus, entraînant des brûlures de plus ou moins grande sévérité.

Les rayonnements ultraviolet et infrarouges sont les plus agressifs car ce sont les rayonnements les plus absorbés par la peau.

Les rayonnements infrarouges et visibles sont cependant considérés moins dangereux car : – ils sont ressentis sous forme de chaleur par le corps humain plus rapidement que ne sont ressentis les effets des UV, entraînant une réaction de la part de la personne exposée

- leur longueur d'onde étant plus élevée, ils sont sans impact sur les structures cellulaires et ne provoquent donc pas de cancer

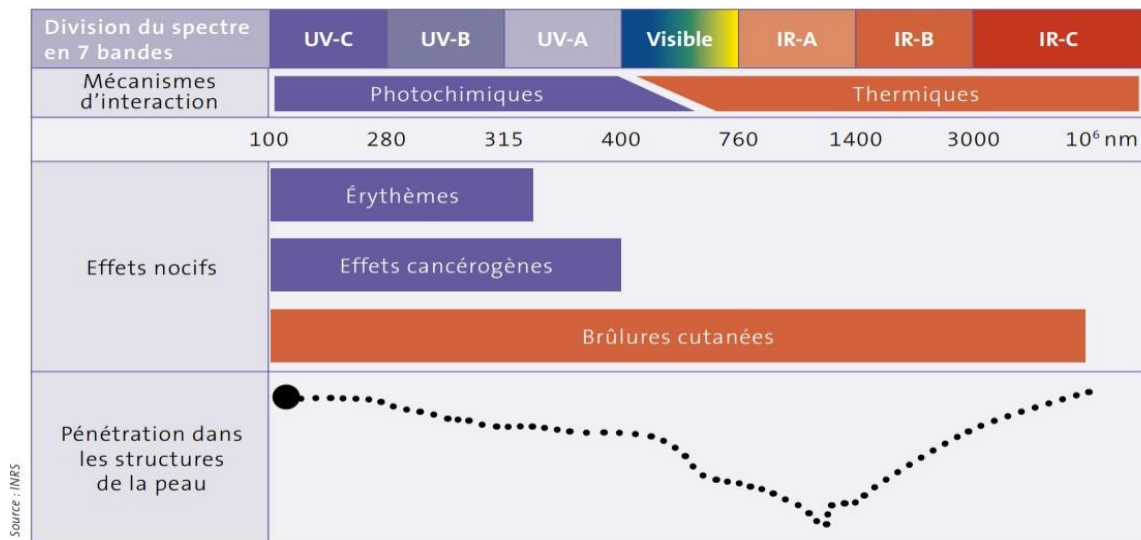


Figure 16 Effets des rayonnements optiques sur la peau

Figure 10 : Effets des rayonnements lasers sur la peau (26)

### ▪ Effets oculaires (7, 8, 26)

L'œil peut être comparé à une lentille convergente. Lorsqu'un faisceau lumineux le traverse, l'énergie déposée va se concentrer sur une tache focale de plus petit diamètre, localisée au niveau de la rétine.

- En cas d'exposition à des lumières ordinaires intenses, l'œil se protège naturellement par dilatation de la pupille dont le diamètre peut varier de 2 à 7mm. De cette façon, la lumière atteignant la rétine est moins intense.
- Lors d'exposition aux lumières lasers, cette intensité est trop forte et cette action protectrice ne se met pas en place avant que le dommage soit causé

- Le rayon passe par la cornée : - kératite, c'est une inflammation accompagnée par des douleurs, des rougeurs, une intolérance à la lumière et une conjonctivite
- brûlure

- Il est ensuite focalisé par le cristallin : cataracte définie par l'opacité du cristallin et donc d'une baisse de vision

- Puis transmis à la rétine : brûlure avec atteinte des cellules photoréceptrices pouvant entraîner une dépigmentation mais aussi une perte de la vue partielle ou complète



Les effets aigus douloureux consécutifs à une exposition aux rayons laser UV peuvent apparaître très rapidement (photokératite et photo conjonctivite), mais sont réversibles. La gravité des lésions augmente avec le temps d'exposition.

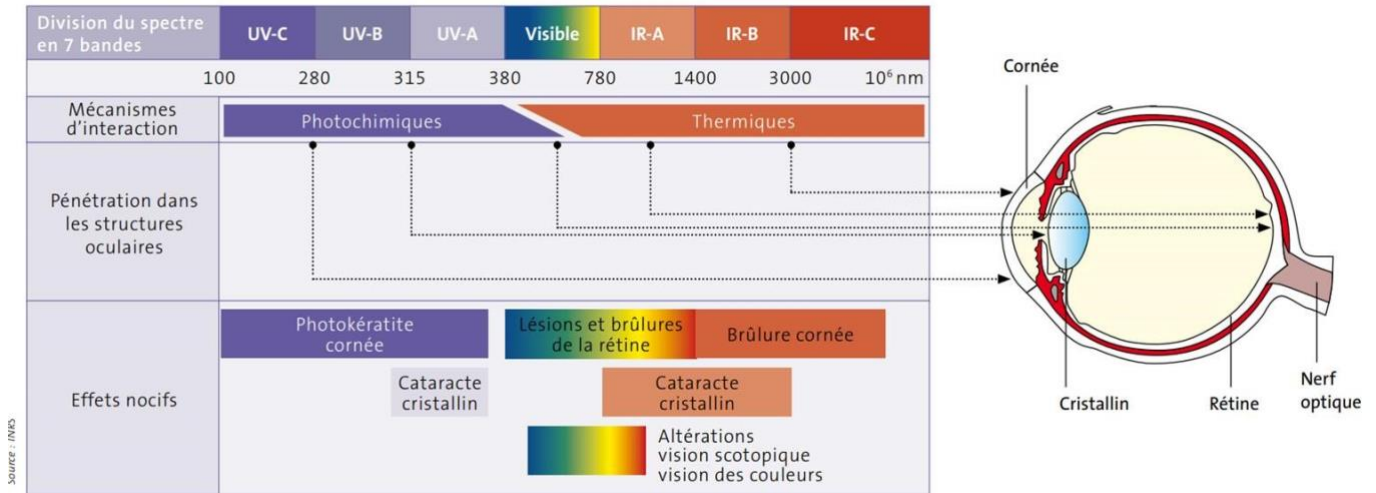


Figure 14 Pénétration et effets des rayonnements optiques dans l'œil en fonction de la longueur d'onde

Figure 11 : Effets des rayonnements lasers sur l'œil (26)

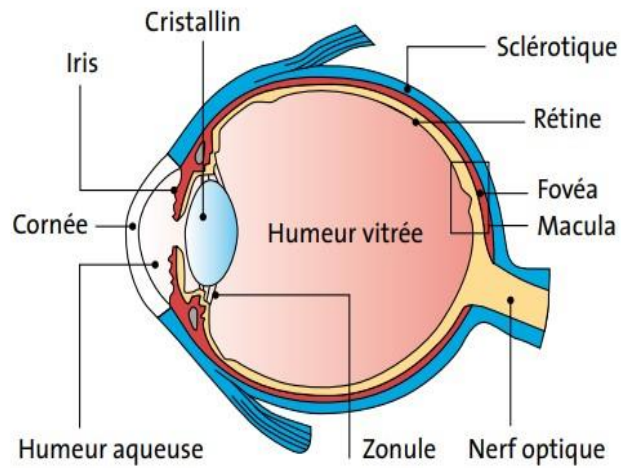


Figure 12 : Composition de l'œil (26)

#### 4.1.4.2 Risques liés à la matière (25)

L'interaction avec la matière autre que les tissus cibles peut entraîner :

- des risques d'incendies
- une production de rayonnements ionisants d'explosion et électrocution

- des risques

#### 4.1.5 Précautions

Bien que la plupart des lasers dentaires soient relativement simples à utiliser, certaines précautions doivent être prises pour assurer leur fonctionnement sûr et efficace.

##### 4.1.5.1 Aménagement des locaux (7, 8, 26)

- Le local délimité par des cloisons doit être considéré comme une zone réservée aux personnes habilitées, la restriction d'accès peut se faire par badge, serrure à clé ou code.

Celle-ci doit être signalée par une signalétique précise visible et lisible.

Elle comprend : - un pictogramme

- un voyant lumineux activé lorsqu'une source est sous tension

- éventuellement une verrine lumineuse qui indique la conduite à tenir

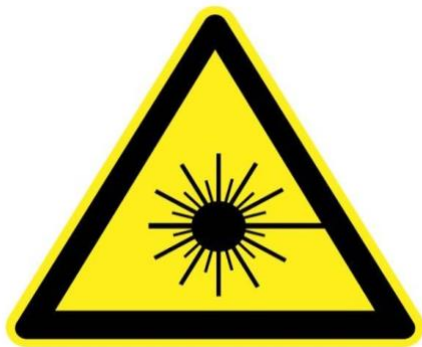


Figure 13 : Pictogramme risque laser (26)



Figure 14 : Verrine lumineuse (26)

- Il faut éviter les surfaces réfléchissantes tels que les miroirs, tableaux ou éléments métalliques qui entraineraient la réflexion du faisceau lumineux.

- L'éclairage ambiant doit être important (minimum 500 lux) pour 2 raisons :
  - réduire la taille de la pupille du personnel présent et donc réduire les risques oculaires
  - maintenir une bonne vision malgré l'utilisation de lunettes de sécurité.
- Pour minimiser le risque d'incendie, le local doit disposer :
  - d'un système de détection de la fumée
  - d'un moyen de lutte contre l'incendie
  - de matériaux ayant une tenue au feu

Plusieurs recommandations doivent être respectées :

- n'utiliser que des matériaux humides sur le champ opératoire – utiliser des agents anesthésiques incombustibles
  - éviter la compresse imbibée d'alcool pendant le tir du laser
- Le rayonnement ionisant doit être évalué pour adapter les protections à mettre en place parmi lesquelles :
    - zonage
    - blindage autour de la cible
    - écrans de plomb ou de béton

Une dosimétrie d'ambiance permet un contrôle intermittent. L'autorisation d'exploiter l'installation doit être obtenue auprès de l'autorité de sûreté nucléaire (ASN).

#### 4.1.5.2 L'équipement de protection (7, 8, 25, 26)

##### ▪ **Lunettes de sécurité**

Le port de lunettes est obligatoire pour tous ceux présents dans le local, praticiens, assistants, patients. Elles ne protègent cependant jamais d'une vision directe du faisceau.

Les lunettes sont conçues selon les normes en vigueur, on doit y retrouver le marquage CE et le marquage d'identification. Elles perdent en efficacité si elles sont détériorées ou impactées, et ne protègent jamais d'une vision directe.

Chaque laser nécessite des lunettes adaptées au type de rayonnement utilisé. En fonction de l'objectif de filtration, on retrouve :

- Les lunettes de **protection** : Les plus répandues, elles répondent à la norme NF EN 207 et protègent des longueurs d'ondes allant de 180 nm à 1 000 µm.

- Les lunettes de **réglage** : Elles répondent à la norme NF EN 208 et ne sont utilisées que dans le visible.

### ▪ Gants et vêtements de protection

Certains fabricants proposent des gants et vêtements qui se veulent protecteurs car fabriqués avec des matériaux absorbants.

Mais il n'existe pas de procédure certifiée pour évaluer leur efficacité réelle, cela repose uniquement sur de l'auto-certification.

▪

### Masques

Lors de l'utilisation d'un dispositif laser, le masque chirurgical protège des particules nocives qui s'évaporent, appelées « laser plume ».

Pour prévenir d'une exposition possible à des agents pathogènes infectieux, une aspiration à volume élevé doit être utilisée en complément. Elle permet d'évacuer tout panache de vapeur créé lors de l'ablation des tissus.

#### 4.1.5.3 Stérilisation et contrôle des infections (25)

En matière de soins médicaux, la norme exige une stérilisation à la vapeur. Tous les éléments tels que les fibres optiques, les pièces à main et les embouts doivent être stérilisés et conservés dans leur sachet de stérilisation.

Il est essentiel que la connexion reste propre durant l'utilisation du laser. Pour cela, il ne faut pas utiliser la fibre optique à proximité d'une turbine lubrifiée.

#### 4.1.5.4 La formation du personnel (8, 26)

Le personnel étant amené à utiliser un dispositif laser doit bénéficier d'une formation théorique et pratique, appropriée à leur activité.

Elle est mise en place par le RSL (Recovery Service Level : gestion des risques), ou à défaut par l'assistance publique qui peut l'animer ou la faire dispenser par les encadrants et doivent faire l'objet d'une traçabilité.

Pour les lasers en dentisterie, il existe de nombreux congrès et formations organisés.

Il existe par exemple :

- Un Certificat de compétence clinique en chirurgie dentaire lasers assistée
- Un Diplôme Universitaire Européen en chirurgie dentaire lasers assistée.

## **II- Application en odontologie restauratrice**

Les avantages du laser peuvent être utiles sur les différents aspects de l'odontologie restauratrice :

- La prévention d'apparition et de complication de problèmes dentaires : en plus d'une sensibilisation à l'hygiène bucco-dentaire, la mise en place des mesures et des traitements visent à prévenir l'infiltration et la prolifération bactériennes.
- La conservation de la structure dentaire naturelle : Lorsque cela est possible, les dentistes cherchent à préserver autant que possible la structure naturelle des dents du patient. Cela passe par une détection précoce des lésions et des soins minimalement invasifs.
- La restauration de la fonction dentaire : rétablir la capacité des dents à mastiquer et supporter les charges occlusales. Cela implique le soin de caries, la reconstruction de dents fracturées ou délabrées, ainsi que le remplacement de dents manquantes.
- L'amélioration de l'esthétique dentaire : améliorer l'apparence globale de la dentition selon la volonté des patients et les propositions esthétiques du praticien, tout en respectant le gradient thérapeutique. (27)

### **1- Le laser et l'analgésie**

#### **1.1 La douleur en dentisterie**

##### **1.1.1 Définition (28, 29)**

La douleur est définie par l'Organisation Mondiale de la Santé comme « une expérience sensorielle et émotionnelle désagréable associée à une lésion tissulaire réelle ou potentielle ou décrite dans ces termes ».

Nous pouvons différencier les :

- Douleurs **lésionnelles**, symptômes d'une maladie bucco-dentaire : C'est le motif de consultation majoritaire en médecine dentaire. L'organe dentaire étant richement innervé, une atteinte dentaire ou parodontale s'accompagne très souvent d'une douleur plus ou moins importante.
- Douleurs **liées aux soins** qui peuvent être :
  - provoquées : intentionnellement provoquées par un soignant dans le but d'apporter des informations utiles à la compréhension de la douleur et au diagnostic
  - iatrogènes : causées par le soignant de façon non intentionnelle et n'ayant pu être réduites par les mesures de prévention entreprises
  - induites ou procédurales : causées par le soignant ou une thérapeutique dans des circonstances de survenue prévisibles et susceptibles d'être prévenues par des mesures adaptées

### 1.1.2 Mécanisme (29, 30)

La douleur dentaire correspond à un mécanisme neurologique, il repose sur la stimulation des récepteurs nerveux nociceptifs, qui sont présents au sein du complexe pulpo-dentinaire/pulpoparodontal et transmettent un signal électrique vers le cerveau, où il est interprété comme une sensation douloureuse.

Ce signal est un message électrique transmis par plusieurs types de fibres nerveuses :

- myéliniques de type **A $\delta$**  : conduction rapide des influx générés par les mécanorécepteurs, thermorécepteurs et récepteurs mécano-thermiques. Il s'agit de douleurs aiguës, immédiates, bien localisées et de courte durée.
- amyéliniques de type **C** : conduction lente des influx générés par les récepteurs mécano-thermiques et polymodaux. Il s'agit de douleurs diffuses et imprécises dans leur localisation
- **A $\alpha$ /A $\beta$**  ne transportent pas d'influx nociceptifs mais des informations sensoriels (tactiles et proprioceptives)

La stimulation des fibres nerveuses se fait par plusieurs agents d'agression :

- infectieux : lésion carieuse
- mécaniques : préparation cavitaire
- thermiques : préparation sans irrigation, conductibilité d'un matériau de restauration
- électriques : électro-galvanisme
- chimiques : médicaments dentaires

Le signal peut être modulé par des mécanismes inhibiteurs ou facilitateurs, qui dépendent de facteurs psychologiques ou environnementaux.

La douleur dentinaire s'explique actuellement par la théorie de l'hydrodynamie qui assimile les canalicules dentinaires à des tubes capillaires.

Ceux-ci sont remplis de fluide qui va se mettre en mouvements lors des changements de pression pulpaire

Ces mouvements rapides déclenchent une douleur par déformation des terminaisons nerveuses sensorielles contenues dans les tubuli dentinaires (fibres de petit calibre).

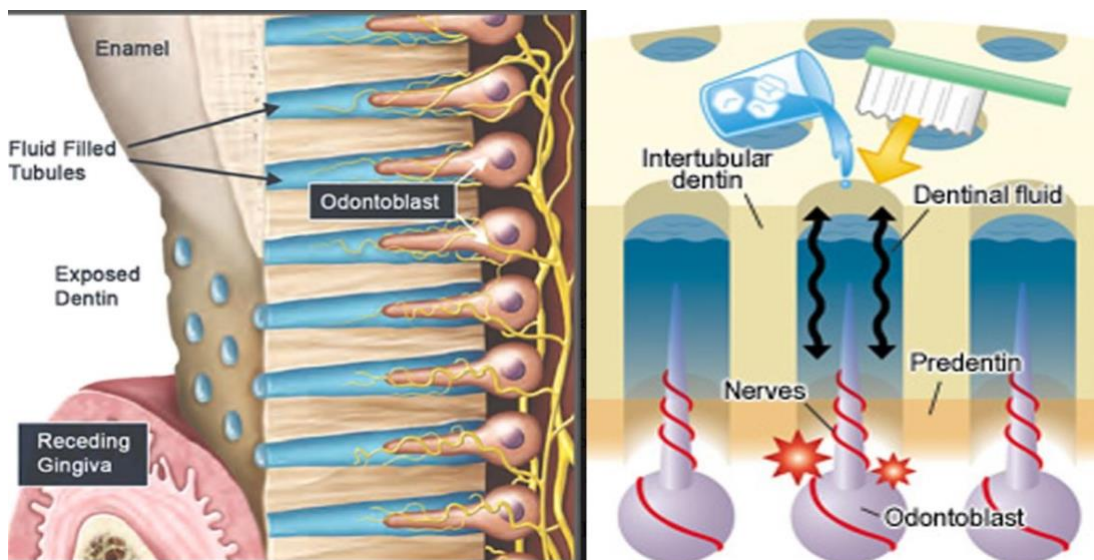


Figure 15 : Anatomie dentinaire (31)

### 1.1.3 Utilisation de la photobiomodulation (32, 33, 34)

La photobiomodulation, aussi appelée thérapie par laser de faible énergie (LLLT) désigne l'utilisation de la lumière à faible dose pour stimuler les fonctions métaboliques ayant des effets antalgiques, anti-inflammatoires, favorisant la cicatrisation et régénération des tissus.

Les sources de lumière proviennent de laser ou LED (diodes électroluminescentes) dont les ondes électromagnétiques font partie du spectre du visible et infrarouge. Elles seront sélectivement absorbées par des chromophores endogènes et transférées aux différents organes de nos cellules.

Des études in vivo de l'effet analgésique du LLLT sur les nerfs buccaux montrent qu'elle diminue la fréquence de déclenchement des nocicepteurs.

Cette analgésie peut être obtenue avec toutes les principales longueurs d'onde de 632 nm à 904 nm et une densité d'énergie allant jusqu'à 10 J/cm<sup>2</sup> sur le site cible.

## 1.2 Le laser en complément d'une anesthésie injectable

La peur de la douleur et l'anxiété sont des éléments à prendre en compte lors de soins dentaires. Selon les estimations actuelles, 40% des Français ayant peur du dentiste aurait pour préoccupation principale la crainte de la douleur. Entre 5 et 8 % de la population ne consulte pas à cause de celle-ci, 20 % n'accepte les soins qu'en cas de nécessité absolue et en urgence.

Parmi ces peurs, celle de la piqure et de la douleur ressentie à l'injection du produit anesthésique, pourtant nécessaire en cas de lésion carieuse importante.

C'est pourquoi plusieurs études ont été réalisées sur l'utilisation du LLLT dans la réduction de la douleur de l'injection de l'agent anesthésique local.

Elles analysent la différence de douleur ressentie lors de l'insertion de l'aiguille et l'injection du produit entre deux sites opposés.

D'un côté la LLLT est utilisée au niveau du site d'injection, éventuellement accompagnée d'une anesthésie topique.

De l'autre, le laser est placé en bouche mais n'est pas mis en marche, c'est l'effet placebo.

La douleur est évaluée par l'utilisation de plusieurs échelles :

- échelle verbale simple : EVS
- échelle numérique : EN
- échelle visuelle analogique : EVA (l'échelle des visages pour les enfants)
- échelle FLACC : Face, Leg, Activity, Cry, Consolability (Visage, Jambes, Activité, Pleurs, Consolabilité)

De cette façon, Bhagyashree Jagtap (33) a observé une différence significative entre les 2 conditions en utilisant un laser diode 660nm pendant 3 minutes avec une puissance de sortie de 60mW.

Les scores EVS recueillis allaient de 2 à 5 pour la condition laser et de 3 à 9 pour la condition placebo.

L'analyse de Gül Uçar (32) nous confirme ces résultats chez les enfants, par l'utilisation d'un laser diode 810nm appliqué 20 secondes à 300mW. En effet, le taux d'« absence de douleur » était de 41,7 % dans la condition laser contre 21,7 % dans la condition placebo. Le taux de « douleur sévère » était de 3,3 % à l'utilisation du laser contre 11,7 % sans utilisation.

Aucune différence significative n'a été trouvée concernant l'efficacité et la durée de l'anesthésie.

Il existe cependant des études pour lesquelles les résultats ne sont pas aussi probants.

Celle menée par Seraj B (35) utilise un laser diode 810nm, puissance de 200mW également mais ayant une densité d'énergie de 6J/cm<sup>2</sup>. L'application s'est faite pendant 13 secondes à une distance de 1mm de la cible, au niveau de la muqueuse vestibulaire et palatine.

Elle en conclue que bien que les scores EVS soient plus faibles dans le groupe laser que dans le groupe témoin, cette différence n'était pas significative.



Ces résultats contraires peuvent être expliqués par des paramètres différents entre les études : l'anesthésie topique utilisée, le site d'injection, la longueur d'onde, la puissance de sortie ou encore la densité d'énergie.

La différence de vitesse et de pression d'injection, praticien dépendant, peuvent également être pris en compte.

### **1.3 Le laser sans complément d'anesthésie injectable**

Lors des procédures de préparation cavitaire, la vibration, le bruit, les odeurs et la pression générés par l'utilisation de fraise représentent des facteurs de stress.

Plusieurs études montrent qu'une thérapie au laser permet de réduire ces impacts sensoriels lors du traitement des tissus durs, diminuant voire supprimant le besoin d'anesthésie locale.

Dans 8/10 des études incluses, l'analgésie induite par le laser est considérée comme meilleure et efficace, tandis que dans 2/10 des études, aucune différence n'a été présentée par rapport au groupe témoin

Ces résultats ont été confirmés par le travail de Cardoso et al (36), selon lequel les patients recevant un traitement avec le laser Er : YAG ont demandé moins d'anesthésie que ceux traités avec des méthodes conventionnelles dans deux études et significativement moins d'anesthésie a été demandée dans une étude.

Néanmoins, il ne s'agit pas d'une anesthésie profonde puisqu'elle est incapable de supprimer toutes les sensations. L'objectif de cette application laser est la suppression des activités nerveuses et nociceptives, processus créant un manque de perception de la douleur et diminuant la réactivité de la pulpe dentaire.

Plusieurs hypothèses ont été émises concernant les causes de cet effet. (35, 37)

A de faibles niveaux de densités, l'impulsion laser modifie le comportement des membranes cellulaires des fibres nerveuses présentes en périphérie de la pulpe par influence directe et indirecte.

Elle induit une dépolarisation des fibres afférentes C, A $\delta$  et une perte de conduction nociceptives en faisant coïncider ses impulsions avec la fréquence de résonance naturelle des membranes (1520Hz).

De petites ondes de chocs d'abord générées par le laser sont détectées par le système nerveux qui bloque ensuite la transmission des ondes plus importantes nécessaires pour le soin. Il s'agit du phénomène de biorésonance.

Le laser induit également des effets biochimiques. La synthèse, la libération et le métabolisme de divers médiateurs chimiques tels que des B-endorphines, de l'oxyde nitrique, de l'acétylcholine ou la réduction de bradykinine entraînerait une baisse d'amplitude des potentiels d'actions et de l'inflammation neurogène, améliorant ainsi le seuil de tolérance de la douleur.

Riccardo Poli et al (34) ont démontré que la famille des lasers à l'erbium (Er : YAG, Er;Cr, 2780nm et 2940nm) peuvent être utilisés efficacement et associés à un faible impact thermique. Les lasers à diode en revanche, n'apportent pas de résultats significatifs à cause de leur capacité insuffisante à pénétrer les tissus durs.

À l'heure actuelle, il n'existe pas de consensus concernant un protocole détaillé mais deux techniques fiables ont récemment été proposées : (34)

- La technique du lapin ou du lièvre : Le début du traitement est réalisé avec des réglages sous haute intensité et à une distance de 6 à 10mm du tissu cible. La pointe est déplacée autour du collet pendant plusieurs dizaines de secondes jusqu'à 2min.

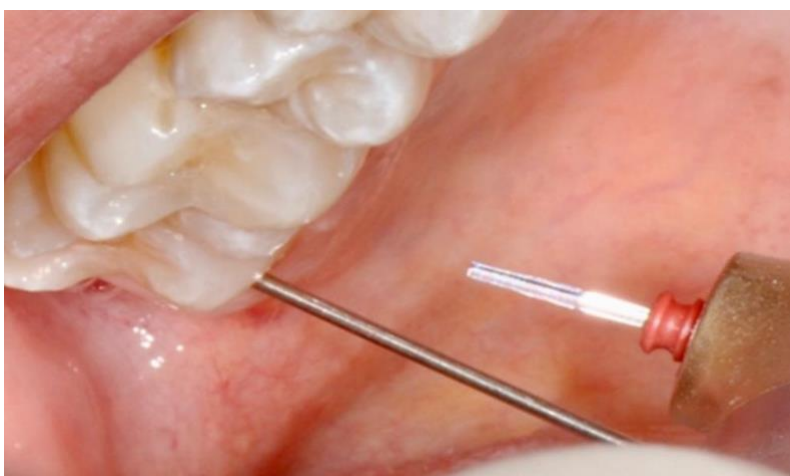
La distance est ensuite réduite à 0,5-1mm, permettant ainsi l'ablation amélaire.

Lorsque la dentine est pénétrée, les paramètres sont abaissés ou la pièce à main placée plus loin pour réduire l'énergie. La distance pointe du laser-dent est respectée grâce à l'utilisation d'une entretoise.

L'énergie étant immédiatement réglée sur des valeurs ablatives, il existe un risque plus important de sensibilités et de perception du faisceau par le patient.

- La technique de la tortue : A l'inverse de la première technique, le soin débute avec des paramètres d'énergie et de puissance faibles, à une distance ablatrice de 0,5-1mm.

La formation cavitaire commence lorsque les réglages sont alors augmentés, ils sont de nouveau abaissés après pénétration dentinaire.



*Figure 16 : Technique du lapin, pointe maintenue à 10mm l'aide d'une entretoise (34)*

Selon Bjordal et al., la dose optimale sur la douleur devrait être de 7,5 J/cm<sup>2</sup>. Lizarelli propose des niveaux d'énergie plus élevés compris entre 5 et 20 J/cm<sup>2</sup>. D'autres auteurs suggèrent une fluence jusqu'à 35 J/cm<sup>2</sup>.

Des recherches supplémentaires sont nécessaires afin de déterminer la quantité exacte d'énergie à délivrer pour un protocole prévisible.

*Bien que les résultats ne soient pas tous significatifs, les lasers Er-YAG et à diode ont prouvé avoir un impact sur le seuil de tolérance de la douleur.*

*Une diminution, voire suppression de celle-ci à l'injection entraîne une diminution du stress, une meilleure coopération de la part des enfants comme des adultes, des soins plus confortables pour le patient comme pour le praticien.*

## **2- Le laser en cariologie**

La carie dentaire est causée par la fermentation des glucides et la production d'acides qui déminéralisent les dents. Les débris alimentaires fermentés abaissent le pH en dessous de 5,5, ce qui entraîne la perte minérale des dents.

### **2.1 Prévention carieuse**

Ces dernières années, une grande attention a été accordée à la dentisterie préventive, dont l'un des objectifs est de prévenir l'apparition de lésions carieuses.

Elles représentent un problème de santé publique pertinent en raison de sa prévalence universellement élevée chez les enfants et les adultes. Dans une évaluation épidémiologique mondiale réalisée en 2010, la carie non traitée des dents permanentes était la maladie la plus répandue. Les interventions prophylactiques traditionnelles (TPI) sont fortement recommandées par l'OMS, les plus universellement utilisées sont le scellement de sillons et l'administration topique d'un gel ou d'un vernis à haute teneur en fluorure. Le laser pourrait représenter un traitement prophylactique alternatif ou complémentaire aux TPI pour améliorer cette prévention.

#### **2.1.1 Scellement prophylactique**

Le scellement de sillons est une méthode préventive largement recommandée pour prévenir l'apparition de lésions carieuses chez les enfants et les adolescents. Cette approche non invasive utilise de la résine pour préserver l'intégrité de la surface occlusale et agir comme un obstacle mécanique contre la rétention de la plaque. L'efficacité de cette procédure dépend de la technique utilisée et de sa mise en œuvre.

Plusieurs protocoles opératoires ont été suggérés dans la littérature pour en améliorer l'étanchéité et la rétention. Parmi eux les lasers, en alternative à la préparation mécanique (fraisage) ou chimique (mordançage à l'acide) pour augmenter la rugosité de l'émail.

Les travaux de Yunhan Zhang (38) et Yair Schwimmer (39) ont étudiés les lasers erbium :yttriumaluminium-grenat (Er : YAG) et dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>).

Après isolation des dents à l'aide de coton ou digue, les sillons et l'émail les bordants ont été préparé sous différentes conditions :

- mécanique
- chimique
- laser
- mécanique + laser
- chimique + laser

La puissance du laser au dioxyde de carbone était de 5 W et celle des lasers à l'erbium variait de 0,7 W à 2,0 W, le temps d'exposition allait de 7 à 10 s.

Le taux de rétention a été évalué selon les critères de Simons (complètement retenu, partiellement conservé et complètement perdu), l'étanchéité par l'utilisation de colorant.

A 3 et 6 mois, il n'y a pas de différence significative de rétention entre les méthodes avec et sans laser. A 12 et 18 mois, celle utilisant le prétraitement à l'acide présente une rétention plus élevée que celle au laser.

De plus, des micro-fuites plus nombreuses ont été observé après utilisation du laser.

Actuellement, il est donc préférable de rester sur les techniques conventionnelles pour le scellement préventif des sillons.

La raison n'est pas clairement expliquée mais nous pouvons penser que la lumière laser n'atteint pas le fond de ces fissures de façon suffisamment efficace, contrairement au gel de mordançage. Un faisceau plus fin permettrait peut-être de passer outre cette problématique.

### **2.1.2 Fluoration**

Au cours du processus carieux, la déminéralisation se produit en raison de l'acidité créée par l'activité métabolique des bactéries cariogènes.

Les méthodes actuelles de prévention par thérapie au fluorure sont efficaces, l'ion fluorure pénètre dans les cristaux d'hydroxyapatite et prennent la place de l'ion hydroxyle, formant ainsi de la

fluorapatite, plus résistante. Cependant, même si le fluor aide à diminuer le risque de carie, il ne peut pas le supprimer complètement.

\* Les lasers Er-Cr:YSGG et Er-YAG associés à du vernis fluoré 5% ou encore à du fluorure de phosphate acidulé 1,23% (fluorure de sodium + acide phosphorique) s'avèrent plus efficaces qu'une application seule de fluorure, réduisant ainsi l'incidence des lésions carieuses de 61%. Ils permettent une meilleure absorption des ions fluorures, apportant une résistance amélaire plus importante. (40)

Il est recommandé d'utiliser une puissance de 0,75 mW avec une durée d'irradiation allant de 7 à 30s.

Le laser devrait être utilisé avant l'application de gel ou vernis pour que celui-ci n'agisse pas comme une couche barrière.

\* L'ajout de nanofluorure d'argent sur les surfaces dentaires modifiées au laser à diode 3,6 W ou laser Nd:YAG 500mJ permet la formation de grains fusionnés réguliers, diminuant la solubilité et augmentant la microdureté de l'émail. (41)

\* Le laser CO2 en combinaison avec le tétrafluorure de titane 4% (TiF4) a également fait ses preuves en minimisant la perte de calcium. (42)

L'étude de Pagano (43) quant à elle conclue que le laser à argon améliore considérablement l'absorption du fluorure par la surface amélaire.

Cela s'explique par l'augmentation de température due à l'irradiation laser qui entraîne des changements morphologiques et chimiques au niveau de l'émail par la création de micro-espaces. Ces micro-espaces permettent :

- l'accumulation de CaF<sub>2</sub>
- la fusion partielle des cristaux d'hydroxyapatite et l'incorporation d'ions fluorures qui forment des cristaux de fluorohydroxyapatite lors de la recristallisation
- le changement de taille et de forme des cristaux d'hydroxyapatite

Des précautions sont à prendre concernant l'énergie utilisée, si celle-ci est trop importante elle peut provoquer une carbonisation.

*Les lasers sont donc, grâce à leur effet photothermique, un moyen complémentaire aux techniques prophylactiques conventionnelles pour prévenir l'apparition de lésions carieuses et érosions, ceci de façon plus efficace que les agents utilisés seuls. Ils permettent d'augmenter la micro dureté des tissus et donc leur résistance face aux attaques acides. (44)*

*Leur utilisation s'inscrit dans une vision très moderne de la dentisterie, basée sur la prévention plutôt que sur les traitements réparateurs.*

*Les méthodes conventionnelles sont en revanche préférées pour le scellement de sillons.*

## **2.2 Détection et diagnostic des lésions carieuses**

En 2021, la dernière résolution de l'OMS soulignait la nécessité d'améliorer la santé bucco-dentaire dans le monde. Pour une bonne santé bucco-dentaire, il est nécessaire, entre autres, de détecter et de traiter les caries dentaires le plus tôt possible afin de mettre en place des thérapeutiques non invasives ou micro invasives.

L'examen visuel direct est la méthode diagnostic de base mais est insuffisante pour détecter des lésions carieuses ou déterminer l'étendue et l'activité au niveau des zones proximales.

La méthode tactile à l'aide d'une sonde est également remise en question, son introduction dans les sillons ou en proximal peut provoquer une rupture de l'émail augmentant le risque de progression de la lésion.

La radiographie rétrocoronaire, ou bitewing est un examen de deuxième intention mais permet une bonne visualisation des lésions. En revanche, elle sous-estime leur étendue et leur fiabilité reste faible si l'épaisseur de tissu minéralisé est importante.

Afin d'aider les chirurgiens-dentistes au diagnostic des lésions carieuses, une classification universelle a été mise en place : ICDAS (International Caries Detection and Assessment System). Pour aider à la détection, notamment des lésions initiales, des méthodes photo-optiques ont été introduites telles que la transillumination par fibre optique (FOTI) et la fluorescence laser (LF, DIAGNOdent, KaVo, VistaCam, Biberach, Allemagne). (45, 46)

- Les appareils à **fluorescence laser** mesurent la lumière infrarouge émise grâce à l'auto-fluorescence des chromosphères présents dans l'émail et la dentine.

Celle-ci est augmentée par la déminéralisation, de par la présence de matière organique (porphyrines, bactéries). Elle est donc plus importante pour une surface cariée que pour une surface saine, c'est cette différence là qui sera mesurée. (45)

- La transillumination ou **fluorescence par la lumière** repose sur le principe de dispersion de la lumière sur les zones déminéralisées, due à ses propriétés d'absorption et de réflexion. L'illumination est délivrée par les fibres d'une source lumineuse halogène. (45)

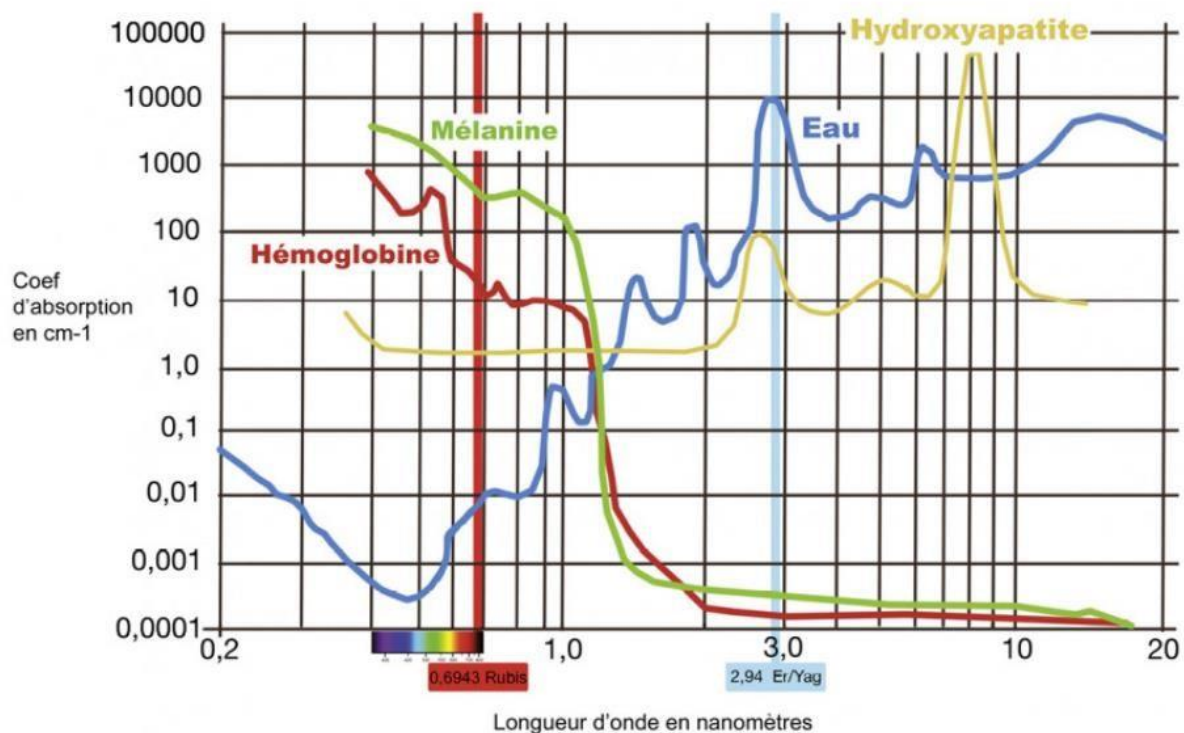


Figure 17 : Taux d'absorption des chromophores selon la longueur d'onde (47)

Les dents doivent être préalablement séchées pour éviter que les fluides buccaux interfèrent la lecture.

Ces techniques ont cependant leurs limites car ne permettent pas d'évaluer les variations de la structure cristalline ou la porosité de l'émail.

## DIAGNOdent

Le DIAGNOdent est un laser à Diode portable développé par la société KaVo capable de détecter les lésions amélaire à un stade précoce. Il émet une lumière rouge de longueur d'onde de 655 nm véhiculée par un embout angulé comprenant une fibre optique centrale dirigée vers la dent et des fibres périphériques qui recueillent et quantifient la lumière fluorescente rétrodiffusée en collectant les photons.

Il est particulièrement adapté pour l'examen des faces occlusales et des surfaces lisses grâce à la fiabilité, prévisibilité et reproductibilité qu'il présente s'il est utilisé dans des conditions similaires, qu'elle que soit la profondeur de la carie.

En plus du diagnostic, il permet le contrôle de la surface dentinaire pendant le curetage carieux et suit l'évolution de la lésion et évalue l'impact des thérapeutiques préventives.

Cependant, son utilisation reste limitée pour les lésions interproximales et les reprises carieuses sous sealant. Bien que Sichani et al (50) ont montré une plus grande précision dans la détection des caries secondaires par rapport aux radiographies, d'autres affirment que la taille de la sonde semble insuffisante pour pénétrer les espaces et donner des résultats fiables.

L'appareil détecte également partiellement les obturations mais ne permet pas d'en faire la différence. (7, 8, 20, 45, 48)

Une plus grande précision de diagnostic peut être obtenue à l'aide de légers mouvements pendulaires, du fait de la dispersion de la lumière.

Avantages : - dépistage précoce et efficace pour les lésions primaires  
- détection indolore et atraumatique

Inconvénients : - plusieurs éléments peuvent être à l'origine de faux positifs :

- Matériaux d'obturation composites ayant des propriétés fluorescentes
  - Rebords encrassés des matériaux d'obturation
  - Tartre/Concrétions
  - Restes de nourriture dans les sillons ou zone proximales
  - Pâtes de prophylaxie
  - Caries reminéralisées
  - Forte fluorescence naturelle, dents éclaircies
- Patients exposés à une source radioactive (49)
- efficacité moindre pour les lésions secondaires



*Figure 18 : KAVO DIAGNOdent Pen (49)*

Protocole : - détartrage, rinçage et séchage doux sans déshydratation.

- calibrage du DIAGNOdent pour chaque patient sur une surface d'émail saine car la fluorescence naturelle des dents varie selon les individus.
- la pointe de l'instrument est placée en position verticale au contact de la surface dentaire, celui-ci doit être à peine perceptible.

Un signal sonore indique la présence d'une zone déminéralisée, puis une indication numérique comprise entre 0 et 99 évalue le changement de propriété physique de la lumière.



Selon Lussi (2004), un résultat entre 0 et 4 indique l'absence de carie ou une atteinte du quart externe de l'émail. Entre 5 et 12 il y a atteinte du quart interne.

Selon Sichani (2016) les scores de 0 à 14 sont considérés comme normaux, ceux de 14 à 99 considérés comme détectant une zone cariée. (7, 8, 49)



Figure 19 : Utilisation de l'instrument DIAGNOdent (49)

Des recommandations thérapeutiques liées au score ont été proposées (Kavo & Lussi) :

- 0 – 12 : protocole prophylactique : dentifrice au fluor
  - 13 -24 : protocole prophylactique intensives : fluoration, reminéralisation, scellement de sillons, airabrasion
- >25 : restauration minimalement invasive ou classique selon l'évaluation des risques + prophylaxie

<b>1. Détartrage professionnel des dents</b> Élimination de la plaque dentaire avec SONICflex, instrument dentaire, appareil à jet de poudre PROPHYflex avec PROPHYpearls, contre-angle de polissage DURAtec 2933						
<b>2. Examen avec le DIAGNOdent pen</b>						
<b>Type de carie</b>	Caries des sillons	Caries proximales	Caries des sillons	Caries proximales	Caries des sillons	Caries proximales
<b>Valeur mesurée</b>	0 - 12	0 - 7	13 - 24	8 - 15	> 25	> 16
<b>Signification</b>	Substance dentaire saine		Début de déminéralisation		Déminéralisation avancée	
<b>Diagnostic dentaire</b>	Aucun résultat		Surveillance		Radiographie, test de bactéries à l'origine des caries, test de la salive	
<b>Mesures</b>	Mesures prophylactiques standard, dentifrice au fluor, etc.		Mesures prophylactiques intensives, mesures antibactériennes locales telles que fluoration, KaVo Healozone, chlorhexidine		Traitement mini-invasif KaVo HealOzone, RONDOflex, SONICflex micro, matériaux d'obturation composites et mesures prophylactiques intensives	
<b>Risque</b>	Faible		Moyen		Élevé	

Figure 20 : Protocoles selon le score DIAGNOdent (KAVO et Lussi) (49)

### 2.3 Eviction

#### carieuse

Les tissus cariés sont généralement éliminés par des méthodes mécaniques à l'aide d'instruments rotatifs ou manuels. Ces techniques sont efficaces et rapides mais peuvent provoquer un échauffement tissulaire malgré l'utilisation d'eau ainsi qu'augmenter le stress du patient par le bruit et les odeurs qu'elles génèrent.

Pour s'inscrire dans une dentisterie moderne basée sur l'économie tissulaire et les traitements minimalement invasifs, diverses approches thérapeutiques alternatives ont été étudiées. Parmi elles, le laser. Les plus couramment utilisés sont celui au Er : YAG et au Cr : YSGG. (35)

Le rayon laser est absorbé par l'eau et l'hydroxyapatite, créant une augmentation de la pression interne et des microexplosions. Des impulsions ultracourtes, émises en nanosecondes, picosecondes, voire femtosecondes permettent la dissociation de matière, sans production de chaleur. (3) La cavité obtenue est plus « propre » qu'avec les méthodes conventionnelles, exempt de smear layer. De plus, leur effet bactéricide agit sur Streptococcus mutans, Lactobacillus et Actinomyces, avec une action proportionnelle à la puissance laser utilisée.

Ceci diminue le risque de lésion carieuse secondaire et augmente l'adhésion à l'émail. (20) Leur utilisation est en revanche déconseillée pour le retrait d'amalgame au vu du risque de dégagement et transmission de chaleur.

Protocole : (9)

Après mise en place d'un champ opératoire, l'ablation des tissus carieux se fait par des mouvements de balayage à environ 2mm de la surface. L'utilisation d'un spray reste recommandée pour réduire les risques au maximum.

Les réglages du laser dépendront du laser et de la nature du tissu cible.

- Er:YAG : - tissu carié : 20-25 Hz et 60-70 mJ  
- émail sain (bord de la cavité) : 20-25 Hz et 150-200
- Er, Cr:YAG : - tissu carié : 20-25 Hz et 75-80 mJ  
- émail sain : 20-25 Hz et 150-200

Concernant la durée du traitement, il est le même pour le laser Er,Cr:YAG que pour les traitements conventionnelles. Il est significativement augmenté pour le Er:YAG. (66)

### **3 – Le laser en odontologie restauratrice**

#### **3.1 Préparation et collage**

##### **3.1.1 Préparation cavitaire**

Une cavité préparée par rayonnement laser présente une surface irrégulière et une absence de boue dentinaire. Les microreliefs observés à la surface de l'émail sont semblables à ceux obtenus après un mordantage à l'acide orthophosphorique 37%. (51)

Le laser serait donc intéressant pour remplacer l'étape de mordantage. L'application serait ainsi plus précise et localisée qu'une application de mordant à la seringue, évitant ainsi des zones de déminéralisation non désirée.

Cependant, l'étude menée par Al Habdan (52) compare la résistance au cisaillement d'une restauration composite après conditionnement au laser Er,Cr :YSGG et à l'acide phosphorique. Elle

conclue que celle-ci est moins élevée dans le premier cas que dans la seconde, conseillant donc de rester sur les techniques conventionnelles.

Ceballos et Al (8) ont testé quant à eux l'étanchéité de la reconstitution composite, plus importante pour l'acide que pour le laser CO2.

La même expérience réalisée par Whitters et al (8) avec un nouveau modèle de laser CO2 ramène les deux méthodes à un même niveau d'efficacité sur l'étanchéité.

D'après Elsahn et all (53), la combinaison du laser Er : YAG et d'un adhésif universel améliore significativement la force de liaison au cisaillement par rapport à l'utilisation d'acide.

### **3.1.2 Préparation de la pièce prothétique**

L'application du rayonnement laser sur des pièces prothétiques permettent une augmentation de la force de cisaillement ou la résistance à la traction après collage

Selon Ulgey et al (54), le laser Nd : YAG, suivi du laser Er : YAG puis du KTP sont efficaces sur les infrastructures en zircone ou PEEK (polyétheréthérécétones) grâce à la création de différentes irrégularités.

Elsahn (53) détermine que le laser Nd :YAG est également intéressant lorsqu'il est utilisé sur les vitrocéramiques de disilicate de lithium

## **3.2 Photopolymérisation**

La photopolymérisation d'un composite débute lorsque la source lumineuse est suffisamment puissante pour être absorbée par les photoinitiateurs tels que les camphoroquinones). Cette molécule absorbe la lumière dont la longueur d'onde est comprise entre 460 et 492 nm avec un pic maximal d'absorption à 468nm.

La méthode la plus traditionnelle pour l'induire est la lampe halogène mais c'est seulement 1/3 de l'énergie produite qui induit une réelle photoinitiation. Les 2/3 se transforment en chaleur, pouvant ainsi provoquer une réaction pulpaire.

Le laser à argon peut être utilisé comme alternative grâce à sa production de lumière bleue à haute intensité, semblable à celle des lampes halogènes. La durée d'exposition nécessaire avec ce système est à moitié plus courte qu'avec une lampe, diminuant ainsi les conséquences thermiques. De plus, comme démontré par Mârțu et al (55), la polymérisation est plus profonde, l'adhérence aux structures dentaires s'en trouve donc améliorée avec une meilleure résistance à la flexion.

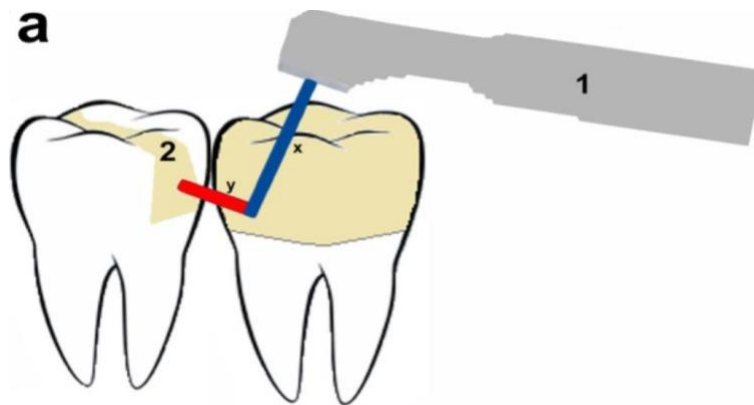
### **3.3 Dommages sur les restaurations existantes**

Les restaurations présentes en bouche peuvent subir une irradiation directe ou indirecte (réflexion) par inadvertance au cours de l'utilisation du laser.

Il en résulte alors une augmentation thermique rapide et une fusion des matériaux tels que le composite, avec apparition de cratères d'ablation. (56)

Ceci s'explique par l'absence d'eau. Lors de l'ablation de structure dentaires, une vaporisation d'eau se produit, permettant de maintenir la température à un niveau inférieur du point de fusion. Ce processus n'est pas possible avec les composites.

L'association à un système de refroidissement pourrait réduire, voire éliminer ces risques mais aucun protocole n'a réellement été proposé.



*Figure 21 : Exposition indirecte au laser d'une obturation composite due à la réflexion sur une couronne en céramique (57)*

*Selon la majorité des études, les lasers Nd : YAG, Er : YAG et KTP promettent des résultats intéressants pour la restauration dentaire. Une cavité propre, des surfaces précisément mordancées et une photopolymérisation plus complète permettent non seulement une meilleure adhésion composite-dent mais aussi une force de cisaillement et une résistance à la traction plus importante.*

## **4- Le laser et les hypersensibilités**

### **4.1 Mécanismes de l'hypersensibilité dentaire**

L'hypersensibilité dentinaire est une douleur dentaire aiguë et de courte durée, qui ne peut être attribuée à aucune autre forme de défauts ou de maladies dentaires et perturbant la qualité de vie des patients. Elle provient des surfaces dentinaires exposées en réponse à des stimuli thermiques, évaporatifs, tactiles, osmotiques, chimiques ou électriques.

Les mécanismes neurosensoriels sous-jacent restent flous mais différentes théories ont été acceptées pour expliquer la transduction nociceptive pulpaire observée avec le DHS :

- La théorie de la stimulation directe selon laquelle la dentine est innervée et les terminaisons nerveuses directement stimulées a été abandonnée
- Une autre théorie suggère que les odontoblastes agissent comme des nocicepteurs, transmettant des signaux douloureux à la pulpe. Il n'existe cependant aucune preuve concernant l'existence de structures synaptiques reliant les odontoblastes aux nerfs pulpaire.
- La théorie hydrodynamique proposée par Brännström explique que les tubules dentinaires contiennent des fluides répondant à des stimuli environnementaux, mécaniques, thermiques et chimiques en s'écoulant vers l'intérieur ou vers l'extérieur. Ce mouvement stimule les nerfs sensoriels à l'interface dentine-pulpe par l'intermédiaire des fibres A $\sigma$  et l'A $\beta$  myélinisé intra-dentaire.

Le changement de débit et de pression du fluide entraînerait une douleur par modification des mécanorécepteurs entourant les odontoblastes.

Les stimuli d'évaporation tels que le souffle d'air ainsi que les stimuli thermiques (froids) et osmotiques (sucre, acide) augmentent le flux sortant.

Les stimuli mécaniques tels qu'un instrument dentaire ou une brosse à dents appliqués sur une surface de dentine exposée compriment d'abord le tissu, lors du relâchement l'expansion créée déclenche une augmentation de l'écoulement du liquide vers l'extérieur.

## 4.2 Traitements de l'hypersensibilité

L'hypersensibilité est un phénomène difficile à traiter mais plusieurs solutions existent : (7)

- Les traitements ambulatoires par l'utilisation de dentifrices et bains de bouche adaptés contenant des fluorures, du citrate et du chlorure de strontium qui réagissent avec les ions des structures dentaires pour former des cristaux oblitérant les tubules.

Les dentifrices et gels désensibilisants peuvent être utilisés en complément.

- Les traitements au fauteuil qui comprennent l'application de vernis fluoré, de primer ou encore de gels à base d'acide oxalique et de méthacrylate permettant la formation d'une couche de protection.

La mise en place de résine composite ou verre ionomère, éventuellement associée à une chirurgie parodontale est également utilisée en cas d'échec des solutions précédentes.

- Le traitement laser est une nouvelle méthode de désensibilisation, un acte clinique simple et plus durable que les traitements conventionnels qui doivent être répétée dans le temps pour être efficaces. Ils peuvent être utilisés à haute ou basse intensité (LLLT : Low Level Laser Therapy)

- Les lasers **Er : YAG/Er, Cr : YAG** sont utilisés à une puissance de 80mJ pour entraîner l'occlusion des tubulis. Les résultats sont immédiats et durables sur 6 mois.

Cependant ils sont moins efficaces que d'autres lasers avec un taux de réussite de 57%, pouvant aller jusqu'à 65um s'il est couplé aux techniques conventionnelles. (7, 58)

- Le laser **Er,Cr : YSGG** entraine également une réduction immédiate de la sévérité de la douleur. Dans les études regroupées par AlHabdan (58), la densité de puissance et la durée d'irradiation étaient respectivement de 2780 nanomètres, 0,25 à 0,5 watt et 20 à 60 secondes. L'efficacité est due à l'absorption de ses rayons par l'eau, entraînant ainsi la formation de sels insolubles occlusifs et l'évaporation du liquide dentinaire.

Il semblerait également avoir un impact sur les récepteurs TRPV1, affectés par des stimuli thermiques. (59)

- Les lasers **Nd : YAG** ont une double action. Ils agissent sur la dépolarisation des fibres nerveuses A $\delta$  et C, augmentant ainsi le seuil de nociception, tout en obturant les canalicules dentinaires. Cette obturation reste cependant partielle car la couche recristallisée créée reste légèrement perméable du fait de la présence de fissures. Elle peut être améliorée par l'utilisation de fluor en complément.

Le taux de réussite est compris entre 50% et 100%. (7, 60)

Marto (61) a proposé le protocole qui suit :

- nettoyage/séchage des surfaces

- rayonnement au niveau de la dentine exposée avec une puissance comprise entre 10 et 20 Hz. Deux applications de 60 secondes sont recommandées avec des impulsions courtes de 250  $\mu$ s.

Ces paramètres peuvent varier en fonction de la dent à traiter et de la proximité pulpaire. Dans tous les cas, il est nécessaire de vérifier le changement d'état de surface.

- Le laser à **diode** efficace à 660 nm, il produit une analgésie immédiate après irradiation par blocage de l'influx nerveux. La puissance optimale est de 60mW, n'engendrant pas d'effets indésirables

Cependant les taux de succès sont également bons à des longueurs d'ondes plus élevées : 58% à 100% pour 780nm à 30mW, 83% à 97% pour 830 nm à 40 mW, 73 à 100% pour 900 nm à 2.4 mW. L'utilisation combinée du traitement laser et de la fluoruration permet d'augmenter de 20 % l'efficacité du traitement. (60)

D'après l'analyse de Hoshyari (62), le laser 810nm a un impact minime tandis que celui à 980nm est choisi pour sa grande disponibilité.

La réduction du mouvement du liquide tubulaire est permise par les dépôts de calcium et de phosphore.

- Les lasers **CO<sub>2</sub>** permettent une fermeture des tubulis par fusion des cristaux d'hydroxyapatite. A une longueur d'onde de 10600 nm, les effets thermiques sur les tissus durs sont trop délétères. A 9600 nm, le laser présente une efficacité intéressante, d'autant plus s'il est associé à une application de gel fluoré. Sous l'effet du rayonnement, une fusion se crée entre le fluor du gel et l'hydroxyapatite de l'émail, créant ainsi une couche de fluoroapatite.

D'après Moritz, ce laser présente une efficacité de 59 à 90% lorsqu'il est utilisé seul et de plus de 90% lorsqu'il est associé à des techniques conventionnelles. La durée du traitement est estimée à 18 mois. (7, 8, 60, 63, 64)

- Les lasers **helium-neon** n'a d'effet ni sur la morphologie de surface, ni sur les fibres nerveuses périphériques. Elle perturbe uniquement l'activité électrique des fibres C et A $\delta$ , augmentant ainsi le seuil de nociception.

D'après certaines études, pour de faibles énergies (6 mW) l'efficacité est de plus de 50 %. D'autres estiment que ce laser ne présente pas plus d'intérêt que les méthodes conventionnelles, avec un taux de succès de 5 à 17%. (7, 60)



*Les lasers de faible puissance réduisent la transmission nerveuse en bloquant la dépolarisation afférente des fibres C, tandis que les lasers de haut niveau occluent ou rétrécissent les tubules dentinaires par le phénomène de fusion-recristallisation de la dentine.*

*Cette dentine est plus résistante aux attaques chimiques et mécaniques, ce procédé peut donc être utile dans les cas de MIH.*

*Quel que soit le laser utilisé, le traitement est plus efficace s'il est combiné aux méthodes traditionnelles.*

## **5- Le laser et l'éclaircissement dentaire**

La demande d'un sourire plus esthétique de la part des patients est de plus en plus fréquente. Le traitement éclaircissant a gagné en popularité en raison de ses excellents résultats et sa faible invasivité.

### **5.1 Effet sur le résultat éclaircissant**

L'éclaircissement dentaire peut être réalisé avec succès par techniques de blanchiment, que ce soit au fauteuil ou ambulatoire.

Cependant les techniques traditionnelles n'atteignent pas toujours les résultats attendus par les patients et les sensibilités provoquées peuvent être importantes.

Plusieurs études ont donc été menées pour déterminer la capacité du laser à augmenter l'effet éclaircissant du peroxyde d'hydrogène, peu importe sa concentration. (65)

L'analyse de la couleur a été réalisée par :

- spectrophotométrie, en utilisant le système de mesure CIE L\*a\*b\*, crée par le

Comité International de l'Eclaircissement :

L désigne le paramètre de luminance, de la clarté

a et b le paramètre de chrominance (caractéristiques colorimétriques à partir des couleurs primaires)

\* a pour les variations allant du vert au rouge

\* b pour les variations allant du bleu au jaune

- évaluation numérique à partir de photographies

- utilisation de l'échelle de luminosité Vita

Les lasers à **argon** et **CO2** ont couramment été utilisés mais il n'y pas d'études récentes concernant leur utilisation en cabinet. Ils cibleraient les molécules après que l'oxygène et l'eau présents dans le peroxyde d'hydrogène soient divisés par un catalyseur.

Plusieurs systèmes laser à **diode** avec des longueurs d'onde allant de 790 à 980 nm, ainsi que le laser **KTP**, présentent des effets intéressants. (66, 67)

Il a été démontré que bien que la technique utilisant un agent éclaircissant seul soit efficace, celle combinant agent et laser l'est significativement plus. La blancheur et la luminosité sont augmentées, le jaunissement est diminué.

L'énergie transmise par la source lumineuse va produire une réaction photochimique au contact du peroxyde, entraînant une légère augmentation de la température et du pH. Ceci accélère l'oxydation du peroxyde qui libère un pourcentage plus important de radicaux perhydroxyles que de radicaux oxygénés.

Il est cependant recommandé de réduire les réglages de puissance à 6W ou 7W pour éviter un échauffement indésirable.

De plus, la lumière peut améliorer le résultat qu'avec certains agents, tandis que d'autres ne sont pas influencés. En effet, certaines analyses estiment que l'ajout du laser n'apporte aucune différence sur le résultat final.

Dans les premières études, les gels LaserSmile, LaserWhite et Smartbleach ont prouvé leur efficacité mais nécessite d'utiliser le système laser adéquate, respectivement le laser laserSmile, Biolase diode et Smartbleach KTP. (68)

#### Protocole :

- Nettoyage prophylactique
- Protection des muqueuses à l'aide de digue liquide et écarteurs
- Séchage des surfaces dentaires
- Application d'une couche de gel
- Activation du gel par la lumière laser (durée à adapter selon les recommandations du fabricant)
- Après action de l'agent éclaircissant, rinçage à l'eau puis séchage
- Si besoin, jusqu'à 3 applications possibles

### **5.2 Impact sur la durée du traitement**

Etant donné que de nombreux patients souhaitent gagner du temps et obtenir des résultats plus immédiats, différents types de sources d'activation ont été utilisés pour accélérer le processus d'éclaircissement.

Comme vu précédemment, le photoéclaircissement utilise l'irradiation lumineuse et la chaleur pour accélérer l'oxydation et ainsi la libération de radicaux libres. On observe ainsi une meilleure observance.

### **5.3 Sensibilités post traitement** (69, 70, 71)

L'un des effets indésirables de l'éclaircissement est l'hypersensibilité, directement liée à la pénétration des radicaux libres dans la structure dentaire. Elle est temporaire mais désagréable, voire douloureuse pour le patient.

L'application de fluorures topiques ou de mousses comme le GC tooth mousse (CPP-ACP) est une bonne solution mais nécessite une réapplication fréquente.

D'après la littérature, les lasers Er,Cr :YSGG et Nd:YAG apportent des résultats efficaces et durables en une seule application lorsqu'ils sont utilisés en prétraitement ou pendant le traitement éclaircissant. Ils permettent de prévenir l'apparition de sensibilités et raccourcir le temps de récupération dans les cas où elle se produit. L'efficacité du laser à diode reste discutée.

En effet, un test de sensibilité au froid réalisé avant, immédiatement après, puis 24h et 7 jours après le soin révèle une différence significative entre une arcade traitée avec laser et une traitée sans.

Ceci s'explique par la fusion et la recristallisation des cristaux d'hydroxyapatite obstruent les tubules dentinaires ainsi qu'une action photo-modulatrice qui stimule le développement d'une dentine tertiaire.

### **5.4 Modification de la structure amélaire et formation du biofilm**

Des préoccupations ont été exprimées quant à l'innocuité des produits de blanchiment conventionnels.

Ce peroxyde d'hydrogène, peut être responsable d'altérations de la surface de l'émail par la création de porosités et défauts érosifs.

En effet, bien que le pH critique pour la déminéralisation de l'émail soit compris entre 5,2 et 5,8 et celui du peroxyde à 6,4, il est capable d'induire une baisse de la teneur en minéraux amélaire. Ces espaces interprismatiques augmentent la cariosusceptibilité et la formation de biofilm.

Le rayonnement laser peut être responsable d'une augmentation de la micro dureté et une réduction de l'absorption des taches postopératoires, neutralisant ces effets délétères.

L'étude de Xiuxiu Hou (72) conclue que les lasers Er : YAG ou Nd : YAG peuvent être utilisés en toute sécurité. Ils n'augmentent pas significativement la formation de biofilm, et ce même 48h après le soin, contrairement au gel éclaircissant seul.

Celle de Saarika (73) confirme que le laser augmente les niveaux de calcium, aucune différence en revanche pour le phosphore.

Le blanchiment assisté par laser utilise un faisceau laser pour accélérer la libération de radicaux libres dans le gel de blanchiment afin de réduire le temps de la procédure de blanchiment. Le laser est également plus respectueux des tissus, il est capable de minimiser l'hypersensibilité postblanchiment, la perte de microdureté de l'émail et l'irritation gingivale due au manque d'utilisation de peroxyde d'hydrogène. (7)

Il est donc conseillé d'utiliser un rayonnement laser en association avec les gels éclaircissants classiques.

## CONCLUSION

Malgré certaines études contradictoires, le laser s'avère être un outil intéressant dans la pratique de la dentisterie restauratrice.

Il permet d'améliorer les résultats cliniques tout en minimisant les inconvénients associés aux méthodes traditionnelles.

Notamment la réalisation de soins de manière moins douloureuse pour le patient et la préparation de cavité avec un échauffement tissulaire moindre. Appliqué avec les agents habituels, il augmente l'efficacité et réduit la durée d'actes tels que la fluoruration, l'hypersensibilité et l'éclaircissement.

Cependant le laser ne peut pas être utilisé sur les dents déjà obturées. De plus, son intégration dans la pratique médicale exige des aménagements spécifiques et un investissement financier important. Le praticien et son équipe doivent également être formés au type de laser utilisé, les risques existants n'étant pas négligeables.

Enfin, le laser seul n'étant pas suffisant pour l'ensemble des applications, l'utilisation de matériel conventionnel reste indispensable.

En somme, malgré les avantages indéniables du laser, son utilisation reste trop spécifique et devient réellement intéressante lorsqu'il est employé pour diverses applications cliniques telles que la

chirurgie, l'endodontie, la parodontie ou encore l'orthodontie. À l'heure actuelle, aucun laser ne couvre l'ensemble de ces domaines mais l'évolution des techniques est à suivre.



## TABLE DES ILLUSTRATIONS

Figure 1 : Spectre électromagnétique .....	3
Figure 2 : Différence lumière laser- lumière ordinaire .....	4
Figure 3 : Phénomène d'absorption .....	4
Figure 4 : Phénomène de réflexion .....	5
Figure 5 : Phénomène de réfraction .....	5
Figure 6 : Emission spontanée .....	6
Figure 7 : Emission stimulée .....	6
Figure 8 : Composants d'un laser .....	7
Figure 9 : Risques associés aux classes de laser .....	19
Figure 10 : Effets des rayonnements lasers sur la peau .....	20
Figure 11 : Effets des rayonnements lasers sur l'œil .....	21
Figure 12 : Composition de l'œil.....	22
Figure 13 : Pictogramme risque laser .....	23
Figure 14 : Verrine lumineuse .....	23
Figure 15 : Anatomie dentinaire .....	27
Figure 16 : Technique du lapin, pointe maintenue à 10mm à l'aide d'une entretoise .....	30
Figure 17 : Taux d'absorption des chromophores selon la longueur d'onde .....	34
Figure 18 : KAVO DIAGNOdent Pen .....	35
Figure 19 : Utilisation de l'instrument DIAGNOdent.....	36
Figure 20 : Protocole selon le score DIAGNOdent (KAVO et Lussi).....	36
Figure 21 : Exposition indirecte au laser d'un obturation composite due à la réflexion sur une couronne en céramique .....	39







## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

1. Gross AJ, Herrmann TR. History of lasers. World J Urol. 2007 Jun;25:217-20.
2. Orszag, A. Histoire de la technique du laser - repères chronologiques. Encyclopædia Universalis.
3. Fornaini PDC, Rocca PDJ-P. Le laser en dentisterie : passé, présent et futur. Dental Tribune France. 2015
4. Ohshiro T. History of the World Federation of Societies for Laser Medicine and Surgery (WFSLMS) and its Non-Profit Organization (NPO-WFSLMS): Part 1: Origins to Inaugural Meeting, 2005. Laser Ther. 2014 Jul 1;23:89-95
5. Réflexion et réfraction de la lumière (La santé, L'univers) - 2nde - Cours Physique-Chimie - Kartable [Internet]. Kartable.fr. [cited 2024 Apr 18].
6. Schwob C, Julien L. Le laser : principe de fonctionnement. Reflets Phys. 2010;(21):12–6
7. Alamarguy C. Le laser et ses utilisations en Odontologie conservatrice[Thèse].Lorraine;Université de Lorraine;2011.106p
- 8.Ouali-Kisler A. Lasers en odontologie pédiatrique : applications cliniques[Thèse].Lorraine:Université de Lorraine;2020.98p
- 9;Nunzi D.Utilisation du laser en endodontie[Thèse].Marseille:Aix-Marseille Université;2018.65p
10. Laser light properties (Laser Technologies, 2016). [Internet]. ResearchGate.
11. Padiá J. ¿Qué diferencia refracción y reflexión?. Curiosoando. 2019.
12. Qu'est ce qu'un laser? Et comment cela fonctionne?. Lasit - Systèmes de marquage laser. Lasit Spa - Sistemi di marcatura laser; 2018.
13. Pensez-vous réellement connaître le laser à fibre?. Coractive. 2022
14. Ziebel J. Modes de fonctionnement des lasers : continu et pulsé. Laser Protect. 2023
15. Verma SK, Maheshwari S, Singh RK, Chaudhari PK. Laser in dentistry: An innovative tool in modern dental practice. Natl J Maxillofac Surg. 2012 Jul; 3:124-32.
16. Shaik A. Nd:YAG laser - Definition, Construction and Working. Physics-and-radioelectronics.com
17. Baudot F. Le laser Er-Yag. LEFILDENTAIRE magazine dentaire. 2014
18. Bezzina M-E. La place des Lasers en parodontie clinique. LEFILDENTAIRE magazine dentaire. 2010
- 19.Er:YAG lasers - properties and applications. AZoOptics.
- 20.Gaultier F, Navarro G. Les lasers en odontologie. LEFILDENTAIRE magazine dentaire. 2013

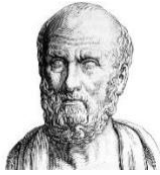
21. Laser Argon. Sciencealpha. 2019
22. Holmium laser. Coherent.com. Coherent; 2024
23. Research on class IV laser therapy. Aspen Laser University. 2019
24. Classification des lasers. Innovam.com
25. Piccione PJ. Dental laser safety. Dent Clin North Am. 2004 Oct;48:795-807
26. Guide Risques liés aux lasers. cnrs.fr. Novembre 2019
27. Utilisation du Laser en dentisterie. Le courrier du dentiste. 2020
28. Fassyfehry S., Benyahya I., Lahoussine K., Bentahar Z. La douleur en odonto-stomatologie : enquête au Centre de Consultation et de Traitement Dentaire de Casablanca. Le courrier du dentiste. Juin 2001
29. Dr. Bassim N. et Pr. Abdallaoui F. Douleurs dentaires-Prise en charge. 17p
30. Les fibres nerveuses « nociceptives » : les fibres C et A delta. Palli-Science : site officiel de formation en soins palliatifs et oncologie de 1ère ligne. Novembre 2013
31. Dentine sensitivity [Internet]. Odontology Inn. Odontology INN; 2022
32. Uçar G, Şermet Elbay Ü, Elbay M. Effects of low level laser therapy on injection pain and anesthesia efficacy during local anesthesia in children: A randomized clinical trial. Int J Paediatr Dent. 2022 Jul;32:576-584.
33. Jagtap B, Bhate K, Magoo S, S N S, Gajendragadkar KS, Joshi S. Painless injections-a possibility with low level laser therapy. J Dent Anesth Pain Med. 2019 Jun;19:159-165.
34. Poli R, Parker S, Anagnostaki E, Mylona V, Lynch E, Grootveld M. Laser Analgesia Associated with Restorative Dental Care: A Systematic Review of the Rationale, Techniques, and Energy Dose Considerations. Dent J (Basel). 2020 Nov 12;8:128.
35. Seraj B, Bavaghar A, Hakimih N, Hosseini Z, Kharazifard MJ, Ghadimi S. Effect of Photobiomodulation Therapy With an 810-nm Diode Laser on Pain Perception Associated With Dental Injections in Children: A Double-Blind Randomized Controlled Clinical Trial. J Lasers Med Sci. 2023 Jun 19;14:e19.
36. Cardoso M, Coelho A, Lima R, Amaro I, Paula A, Marto CM, Sousa J, Spagnuolo G, Marques Ferreira M, Carrilho E. Efficacy and Patient's Acceptance of Alternative Methods for Caries Removal-a Systematic Review. J Clin Med. 2020 Oct 23;9(11):3407.
37. Veneva E, Raycheva R, Belcheva A. Efficacy of erbium-doped yttrium aluminium garnet for achieving pre-emptive dental laser analgesia in children: A study protocol for a randomized clinical trial. Medicine (Baltimore). 2018 Dec;97:e13601.
38. Zhang Y, Wang Y, Chen Y, Chen Y, Zhang Q, Zou J. The clinical effects of laser preparation of tooth surfaces for fissure sealants placement: a systematic review and meta-analysis. BMC Oral Health. 2019 Sep 2;19:203.
39. Schwimmer Y, Beyth N, Ram D, Mijiritsky E, Davidovich E. Laser Tooth Preparation for Pit and Fissure Sealing. Int J Environ Res Public Health. 2020 Oct 26;17:7813.
40. Abdulhussein D, Al Haidar AM. Preventive effect of combined Er, Cr: YSGG and fluoride gel on acid resistance of the permanent tooth enamel: An in vitro study. J Clin Exp Dent.

- 41.Hamoudi WK, Shakir ZS, Ismail RA, Al-Jumaily HA, Sahib SA, Abedulwahhab AR. The Combination of Laser and Nanoparticles for Enamel Protection: An In Vitro Study. *J Lasers Med Sci.* 2021 Dec 26;12:82.
- 42.Azarsina M, Panahandeh N, Gholipour T, Namdari M, Fekrazad R. The Effect of Titanium Tetrafluoride Treatment and the CO<sub>2</sub> Laser on Acid Resistance of Human Enamel. *J Lasers Med Sci.* 2019 Summer;10:207-210.
- 43.Pagano S, Lombardo G, Orso M, Abraha I, Capobianco B, Cianetti S. Lasers to prevent dental caries: a systematic review. *BMJ Open.* 2020 Oct 28;10:038638.
- 44.Abdulhussein DN, Al Haidar AMJ. Preventive effect of combined Er, Cr: YSGG and fluoride gel on acid resistance of the permanent tooth enamel: An *in vitro* study. *J Clin Exp Dent.* 2023 Mar 1;15:225-232.
- 45.Perdiou A, Fratila AD, Sava-Rosianu R, Alexa VT, Lalescu D, Jumanca D, Galuscan A. In Vivo Performance of Visual Criteria, Laser-Induced Fluorescence, and Light-Induced Fluorescence for Early Caries Detection. *Diagnostics (Basel).* 2023 Oct 11;13:3170
- 46.Monea M, Eşian D, Vlad RE, Bica CI. In vivo effectiveness of visual inspection and laser fluorescence in the diagnosis of early pit-and-fissure carious lesions: A cross-sectional study in a group of Romanian children. *Medicine (Baltimore).* 2021 Nov 12;100:27811.
- 47.Chouraqui C.W.J L'utilisation du laser Er:YAG dans l'éviction carieuse L'Information Dentaire. 2019
- 48.Lussi A. Intérêt et principe d'utilisation du DIAGNOdent® en cariologie. L'Information Dentaire n°3 - 15 septembre 2004
- 49.DIAGNOdent pen [Internet]. [Kavo.com](https://www.kavo.com).
- 50.Sichani AV, Javadinejad S, Ghafari R. Diagnostic value of DIAGNOdent in detecting caries under composite restorations of primary molars. *Dent Res J (Isfahan).* 2016 Jul-Aug;13:327-32.
- 51.Aljdaimi A, Devlin H, Dickinson M, Burnett T, Slater TJA. Micron-scale crack propagation in laser-irradiated enamel and dentine studied with nano-CT. *Clin Oral Investig.* 2019 May;23:22792285.
- 52Al Habdan AH, Al Rabiah R, Al Busayes R. Shear bond strength of acid and laser conditioned enamel and dentine to composite resin restorations: An in vitro study. *Clin Exp Dent Res.* 2021 Jun;7:331-337.
- 53.Elsahn NA, El-Damanhoury HM, Elkassas DW. Influence of Low-Level Laser Modification and Adhesive Application Mode on the Bonding Efficiency of Universal Adhesives to Er:YAG LaserAblated Dentin. *J Lasers Med Sci.* 2021 Feb 16;12.
- 54.Ulgey M, Gorler O, Karahan Gunduz C. Effects of laser modalities on shear bond strengths of composite superstructure to zirconia and PEEK infrastructures: an in vitro study. *Odontology.* 2021 Oct;109:845-853.
55. Mârțu MA, Savin C, Kharitos K, Foia L, Forna NC. Uses of Laser Therapy in Pediatric Dentistry. *Romanian J Oral Rehabil.* avr 2017;9(2):21-5.
- 56.Kuhn K, Schmid CU, Luthardt RG, Rudolph H, Diebolder R. Er:YAG laser-induced damage to a dental composite in simulated clinical scenarios for inadvertent irradiation: an in vitro study. *Lasers Med Sci.* 2022 Mar;37:1017-1030.
- 57.A Clinical scenario for indirect inadvertent laser exposure of a... [Internet]. [ResearchGate](https://www.researchgate.net).

58. AlHabdan A, AlAhmari F. Phototherapy Using Er,Cr:YSGG Laser as a Definitive Treatment for Dentin Hypersensitivity: A Systematic Review. *Int J Gen Med.* 2022 May 11;15:4871-4880.
59. Navya PD, Ramamurthy J. A Comparison of conventional and laser assisted desensitization techniques for treating dentinal hypersensitivity. *J Adv Pharm Technol Res.* 2022 Nov;13:S148S152.
60. Matsumoto K, Kimura Y. Laser Therapy Of Dentin Hypersensitivity. *J Oral Laser Applic* 2007;7:7-25
61. Surmelioglu D, Usumez A. Effectiveness of Different Laser-Assisted In-Office Bleaching Techniques: 1-Year Follow-Up. *Photobiomodul Photomed Laser Surg.* 2020 Oct;38:632-639.
62. Hoshyari N, Zamanian A, Samii A, Mousavi J. *In-vitro* Comparison of Occluding Effect of Fluoride Varnish and Diode Laser Irradiation with Fluoride Varnish and Er,Cr:YSGG Laser Irradiation on Dentinal Tubules of the Cervical Root Area of the Tooth. *Maedica (Bucur).* 2023 Jun;18:257-265.
63. Moritz A, Gutknecht N, Schoop U, Goharkhay K, Ebrahim D, Wernisch J Et Al. The Advantage Of Co2-Treated Dental Necks, In Comparison With A Standard Method: Results Of An In Vivo Study. *J Clin Laser Med Surg* 1996;14:27-32
64. Marto CM, Baptista Paula A, Nunes T, Pimenta M, Abrantes AM, Pires AS, et al. Evaluation of the efficacy of dentin hypersensitivity treatments—A systematic review and follow-up analysis. *J Oral Rehabil.* oct 2019;46(10):952-90.
65. Surmelioglu D, Usumez A. Effectiveness of Different Laser-Assisted In-Office Bleaching Techniques: 1-Year Follow-Up. *Photobiomodul Photomed Laser Surg.* 2020 Oct;38:632-639.
66. Al-Maliky MA. Clinical Investigation of 940 nm Diode Laser Power Bleaching: An In Vivo Study. *J Lasers Med Sci.* 2019 Winter;10:33-36.
67. Kinoshita J, Jafarzadeh H, Manabe A, Nozawa M, Uchida T, Abbott PV. Effects of KTP Laser Bleaching on Traumatized Tooth Enamel. *Trauma Mon.* 2014 Apr;19:e18168.
68. Koen Overloop, Romain Blum', Peter Verheyett. Esthetic Dentistry With Smartbleach: An Overview Of Clinical Cases. *Journal Laser Application* 2002;2:129-134
69. Femiano F, Femiano R, Scotti N, Nucci L, Lo Giudice A, Grassia V. The Use of Diode LowPower Laser Therapy before In-Office Bleaching to Prevent Bleaching-Induced Tooth Sensitivity: A Clinical Double-Blind Randomized Study. *Dent J (Basel).* 2023 Jul 18;11:176.
70. Borse VS, Sanjay Pandit V, Gaikwad A, Bajirao Jadhav A, Handa A, Bhamare R. Effect of Neodymium-Doped Yttrium Aluminum Garnet (Nd:YAG) Laser Enamel Pre-Treatment on the Whitening Efficacy of a Bleaching Agent. *Cureus.* 2022 Nov 10;14:e31325.
71. Sadri M, Nakhostin A, Salamat F. Effects of laser irradiation and tooth mousse on tooth hypersensitivity after office bleaching: A non-randomized clinical trial. *Dent Res J (Isfahan).* 2023 Feb 14;20:24.
72. Hou X, Yuan K, Huang Z, Ma R. Effects of Bleaching Associated with Er:YAG and Nd:YAG Laser on Enamel Structure and Bacterial Biofilm Formation. *Scanning.* 2021 Dec 20;2021:6400605.
73. Suresh S, Navit S, Khan SA, Sharma A, Jabeen S, Grover N, Alia S. Effect of Diode Laser Office Bleaching on Mineral Content and Surface Topography of Enamel Surface: An SEM Study. *Int J Clin Pediatr Dent.* 2020 Sep-Oct;13:481-485.







## SERMENT MEDICAL

En présence des Maîtres de cette Faculté, de mes chers condisciples, devant l'effigie d'HIPPOCRATE.

Je promets et je jure, d'être fidèle aux lois de l'honneur et de la probité dans l'exercice de la Médecine Dentaire.

Je donnerai mes soins à l'indigent et n'exigerai jamais un salaire au-dessus de mon travail, je ne participerai à aucun partage clandestin d'honoraires.

Je ne me laisserai pas influencer par la soif du gain ou la recherche de la gloire.

Admis dans l'intérieur des maisons, mes yeux ne verront pas ce qui s'y passe, ma langue taira les secrets qui me seront confiés et mon état ne servira pas à corrompre les mœurs ni à favoriser le crime.

Je ne permettrai pas que des considérations de religion, de nation, de race, de parti ou de classe sociale viennent s'interposer entre mon devoir et mon patient.

Même sous la menace, je n'admettrai pas de faire usage de mes connaissances médicales contre les lois de l'humanité.

J'informerai mes patients des décisions envisagées, de leurs raisons et de leurs conséquences. Je ne tromperai jamais leur confiance et n'exploiterai pas le pouvoir hérité des connaissances pour forcer les consciences.

Je préserverai l'indépendance nécessaire à l'accomplissement de ma mission. Je n'entreprendrai rien qui dépasse mes compétences. Je les entretiendrai et les perfectionnerai pour assurer au mieux les services qui me seront demandés.

Respectueux et reconnaissant envers mes Maîtres, je rendrai à leurs enfants l'instruction que j'ai reçue de leur père.

Que les hommes m'accordent leur estime si je suis fidèle à mes promesses. Que je sois déshonoré et méprisé de mes confrères si j'y manque





**ROURE Camille – Intérêts du laser en odontologie restauratrice**

Th. : Chir. dent. : Marseille : Aix –Marseille Université : 2024

Rubrique de classement : Odontologie restauratrice

Résumé : La dentisterie restauratrice se concentre sur la restauration de la fonction, de l'esthétique et de l'intégrité des dents endommagées, ainsi que sur la prévention, la détection et le diagnostic de problèmes dentaires.

Le laser peut être utilisé dans ce domaine pour surmonter les inconvénients ou améliorer l'efficacité par rapport aux méthodes conventionnelles.

Il a été étudié pour diverses applications : aide à l'analgésie, intervention en cariologie, mais aussi pour les protocoles de collage, les hypersensibilités et l'éclaircissement dentaire.

Mots clés : Laser

Odontologie restauratrice

Prévention

Cariologie

Collage

**ROURE Camille – Benefits of laser in restorative dentistry**

Abstract: Restorative dentistry focuses on restoring function, aesthetics and integrity of damaged teeth, as well as preventing detecting and diagnosing dental problems.

Laser can be used in this field to overcome disadvantages or improve efficiency compared to conventional methods.

It has been studied for various applications : analgesia aid, cariology intervention, but also for bonding protocols, hypersensitivities and dental whitening.

Key words : Laser

Restorative dentistry

Prevention

Cariology

Bonding

