

LASER ET ODONTOLOGIE PÉDIATRIQUE

THESE POUR LE DIPLÔME D'ETAT DE DOCTEUR EN CHIRURGIE DENTAIRE

Présentée et soutenue publiquement par

Matthieu Baranger

Né le 18/03/1989 aux Sables d'Olonne

devant le jury ci-dessous:

Président : Monsieur le Professeur Assem SOUEIDAN

Assesseur : Madame le Docteur Sylvie DAJEAN TRUTAUD

Assesseur : Monsieur le Docteur Zahi BADRAN

Assesseur : Madame le Docteur Isabelle HYON

Directeur : Madame le Docteur Serena LOPEZ CAZAUX

UNIVERSITÉ DE NANTES	
Président	Pr LABOUX Olivier
FACULTÉ DE CHIRURGIE DENTAIRE	
Doyen	Pr AMOURIQ Yves
Assesseurs	Dr RENAUDIN Stéphane Pr SOUEIDAN Assem Pr WEISS Pierre
Professeurs des Universités Praticiens hospitaliers des C.S.E.R.D.	
Monsieur AMOURIQ Yves Monsieur GIUMELLI Bernard Monsieur LESCLOUS Philippe	Madame LICHT Brigitte Madame PEREZ Fabienne Monsieur SOUEIDAN Assem Monsieur WEISS Pierre
Professeurs des Universités	
Monsieur BOULER Jean-Michel	
Professeurs Emérites	
Monsieur BOHNE Wolf	Monsieur JEAN Alain
Praticiens Hospitaliers	
Madame DUPAS Cécile Madame LEROUXEL Emmanuelle	Madame BLERY Pauline Madame Isabelle HYON Madame Héléne GOEMAERE GALIERE
Maîtres de Conférences Praticiens hospitaliers des C.S.E.R.D.	Assistants Hospitaliers Universitaires des C.S.E.R.D.
Monsieur AMADOR DEL VALLE Gilles Madame ARMENGOL Valérie Monsieur BADRAN Zahi Monsieur BODIC François Madame DAJEAN-TRUTAUD Sylvie Madame ENKEL Bénédicte Monsieur GAUDIN Alexis Monsieur HOORNAERT Alain Madame HOUCHMAND-CUNY Madline Madame JORDANA Fabienne Monsieur KIMAKHE Saïd Monsieur LE BARS Pierre Monsieur LE GUEHENNEC Laurent Madame LOPEZ-CAZAUX Serena Monsieur MARION Dominique Monsieur NIVET Marc-Henri Monsieur RENAUDIN Stéphane Madame ROY Elisabeth Monsieur STRUILLOU Xavier Monsieur VERNER Christian	Madame BOEDEC Anne Monsieur CLÉE Thibaud Monsieur DAUZAT Antoine Monsieur DEUMIER Laurent Madame CLOITRE Alexandra Madame GOUGEON Béatrice Monsieur KOUADIO Kouakou (Assistant associé) Monsieur LANOISELEE Edouard Monsieur LE BOURHIS Antoine Madame LE GOFFE Claire Madame MAÇON Claire Madame MELIN Fanny Madame MERAMETDJIAN Laure Monsieur PILON Nicolas Monsieur PRUD'HOMME Tony Monsieur RESTOUX Gauthier Madame RICHARD Catherine Monsieur ROLOT Morgan
Enseignants Associés	A.T.E.R.
Madame BRETECHE Anne (MC Associé) Madame RAKIC Mia (MC Associé) Madame VINATIER Claire (PR Associé)	Monsieur COUASNAY Greig

**Par délibération, en date du 6 décembre 1972, le Conseil de la
Faculté de Chirurgie Dentaire a arrêté que les opinions émises
dans les dissertations qui lui seront présentées doivent être
considérées comme propres à leurs auteurs et qu'il n'entend leur
donner aucune approbation, ni improbation.**

REMERCIEMENTS

A Monsieur le Professeur Assem SOUEIDAN

Professeur des Universités,

Praticien Hospitalier des Centres de Soins, d'Enseignement et de Recherche Dentaires,

Docteur de l'Université de Nantes,

Habilité à diriger des recherches,

Chef du département de Parodontologie.

-NANTES-

Pour m'avoir fait l'honneur d'accepter la présidence de ce jury de thèse.

Pour la qualité de vos enseignements et votre accessibilité.

Veillez trouver ici le témoignage de ma sincère reconnaissance.

A Madame le Docteur Serena LOPEZ-CAZAUX

Maître de conférence des Universités,

Praticien Hospitalier des Centres de Soins, d'Enseignement et de Recherche Dentaires,

Docteur de l'Université de Nantes,

Département de Pédiodontie.

-NANTES-

Pour m'avoir fait l'honneur de diriger cette thèse.

Je vous remercie pour l'investissement et l'intérêt porté à ce travail ainsi que votre disponibilité.

Veillez trouver ici le témoignage de mon plus profond respect et de toute ma reconnaissance.

A Monsieur le Docteur Zahi BADRAN

Maître de conférences des Universités.

Patricien Hospitalier des Centres de Soins, d'Enseignement et de Recherche Dentaires.

Docteur de l'Université de Nantes.

Département de Parodontologie.

-NANTES-

Pour m'avoir fait l'honneur d'accepter de siéger au sein de ce jury de thèse.

Je vous remercie pour votre sympathie, votre disponibilité et la qualité de votre enseignement.

Veillez trouver ici le témoignage de mon profond respect et de ma sincère gratitude.

A Madame le Docteur Sylvie DAJEAN-TRUTAUD

Maître de conférence des Universités,

Praticien hospitalier des Centres de Soins, d'Enseignement et de Recherche Dentaires,

Docteur de l'Université de Nantes,

Chef du département de Pédiodontie.

-NANTES-

Pour m'avoir fait l'honneur d'accepter de siéger au sein de ce jury de thèse.

Je vous remercie d'avoir accepté de participer à ce travail.

Veillez trouver ici le témoignage de mes sincères remerciements et de mon plus profond respect.

A Madame le Docteur Isabelle HYON

Praticien Hospitalier contractuel des Centres de Soins, d'Enseignement et de Recherche
Dentaires,
CHU de Nantes

-NANTES-

Pour m'avoir fait l'honneur d'accepter de siéger au sein de ce jury de thèse.

Je vous remercie pour m'avoir fait confiance pour mener à bien ce travail et pour l'aide précieuse que vous m'avez apporté pour me la réalisation de cette thèse.

Veillez trouver ici l'expression de ma sincère reconnaissance et de mon plus profond respect.

Plan

INTRODUCTION

1. LES LASERS EN ODONTOLOGIE

1.1. Historique

1.2. Mode de fonctionnement

1.2.1. Bases physiques

1.2.1.1. Caractéristiques de la lumière blanche

1.2.1.2. Caractéristiques de la lumière laser

1.2.1.3. Fonctionnement des lasers

1.2.1.4. Transmission des lasers

1.2.2. Interactions avec les tissus

1.2.2.1. Photobiostimulation

1.2.2.2. Effet photoablatif

1.2.2.3. Effet thermique

1.2.2.4. Effet photochimique

1.2.2.5. Effet mécanique

1.3. Différents types de lasers utilisés en odontologie

1.3.1. Lasers de traitement

1.3.1.1. Laser Er : YAG

1.3.1.2. Laser Er-Cr : YSGG

1.3.1.3. Laser Diode

1.3.1.4. Laser Nd : YAG

1.3.1.5. Laser Nd : YAP

1.3.1.6. Laser CO2

1.3.1.7. Laser Hélium-néon

1.3.8. Laser KTP

1.3.2. Lasers de diagnostic

1.3.2.1. DIAGNOdent®

1.3.2.2. Laser Doppler

1.4. Indications chez l'enfant

**2. UTILISATIONS EN ODONTOLOGIE PÉDIATRIQUE AU NIVEAU DES
TISSUS DURS**

2.1. Détection des lésions carieuses

2.2. Prévention des lésions carieuses

2.2.1. Potentialisation de la fluoruration topique

2.2.2. Scellement des puits et fissures

2.3. Diagnostic pulpaire

2.4. Traitement des lésions carieuses

2.4.1. Préparation des cavités

2.4.2. Etching, adhésion et reconstitution composite

2.4.3. Traitement des MIH

2.5. Endodontie

2.5.1. Coiffage pulpaire direct

2.5.2. Pulpotomie

2.5.3. Traitement endodontique

2.6. Traitement des sensibilités dentinaires

3. UTILISATIONS EN ODONTOLOGIE PÉDIATRIQUE AU NIVEAU DES TISSUS MOUS

3.1. Traitements par photobiostimulation

3.1.1. Orthodontie

3.1.2. Lésions traumatiques

3.1.3. Photobiostimulation des lésions herpétiques

3.1.4. Prévention des mucites chez les patients cancéreux

3.2. Traitements par effet photothermique

3.2.1. Freinectomies

3.2.2. Traitement des pathologies orales bénignes

3.2.2.1. Tumeurs bénignes et kystes

3.2.2.2. Ulcères

3.2.3. Remodelage gingival

3.2.4. Traitement des problèmes d'hémostase

4. DISCUSSION

4.1. Tableau récapitulatif

4.2. Désavantages et limites des lasers

4.3. Futur des lasers en odontologie pédiatrique

CONCLUSION

BIBLIOGRAPHIE

INTRODUCTION

Les lasers sont disponibles depuis des années malgré une diffusion encore limitée en odontologie. Leur utilisation augmente dans la pratique quotidienne grâce aux nombreux avantages qu'ils apportent par rapport aux méthodes conventionnelles. Même si leur usage actuel est peu répandu en odontologie pédiatrique, les lasers présentent un intérêt particulier dans cette spécialité du fait de leurs propriétés. Comme le souligne Gutnecht en 2003, « les enfants sont en première ligne pour recevoir un traitement dentaire par laser » (27). En effet, l'odontologie pédiatrique repose sur les principes de prévention et de préservation des tissus ce qui est rendu plus facile par l'utilisation des lasers. Ils permettent de faciliter la prévention et le diagnostic ainsi que la réalisation de cavités respectant les principes de la dentisterie à minima.

Le remplacement des rotatifs par les lasers entraînent une diminution des bruits, des vibrations et les douleurs, anxiogènes pour le jeune patient et facilite la mise en place d'une relation de confiance ce qui est un des points clé de l'odontologie pédiatrique.

Nous allons aborder à travers cette thèse le mode de fonctionnement des lasers et leurs évolutions dans le temps. Ensuite nous verrons leurs utilisations possibles en odontologie pédiatrique de nos jours à partir des données de la littérature.

1. LES LASERS EN ODONTOLOGIE

1.1. Historique

Le précurseur de l'invention des lasers est Albert Einstein qui va travailler en 1917 sur les émissions stimulées et spontanées de lumière. Il introduit l'idée que la lumière est constituée de paquets d'énergie qui seront nommés « photons » en 1923 (59).

En 1954, la découverte du pompage optique qui permet le passage des atomes d'un état de basse énergie à un état de haute énergie (Cf. 1.3.1.3.) par Alfred Kastler va rendre possible la conception du laser.

En 1958, Townes et Scalow mettent au point la résonance optique pour amplifier la lumière qui permet la création de lumière cohérente (Cf. 1.3.1.2.).

En 1960, Théodore Maiman obtient le premier rayon laser grâce à un cristal de rubis.

En 1961, Javan et Benett mettent au point le premier laser à gaz constitué d'hélium néon.

En 1962, le laser diode est conçu ainsi que le laser Argon par Benett.

En 1964, Patel invente le laser CO₂.

En 1973, le premier laser avec un matériau actif solide est réalisé avec le laser Nd : YAG, ce qui signifie Yttrium Aluminium Garnet (YAG) dopé au néodyme (Nd), puis en 1980 le Er : YAG Yttrium Aluminium Garnet (YAG) dopé à l'erbium (Er), et enfin en 1994 le Nd : YAP Yttrium Aluminium Perwskite (YAP) dopé au néodyme (Nd) (59).

L'utilisation des lasers en médecine commence dans les années 1970, en particulier en chirurgie, puis en odontologie dans les années 1990 (59).

1.2. Mode de fonctionnement

1.2.1. Bases physiques

LASER est l'acronyme de « Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation » ce qui signifie que le laser est une lumière ; il a donc les mêmes caractéristiques physiques. Mais le laser est une lumière artificielle car elle est amplifiée par une émission stimulée de radiations. Les lasers forment un faisceau intense et cohérent constitué de rayonnements de longueur d'onde identique (59).

1.2.1.1. Caractéristiques de la lumière blanche

La lumière est une énergie électromagnétique caractérisée par sa longueur d'onde, sa fréquence et son amplitude. Elle a une nature ondulatoire car elle se propage comme une onde et une nature corpusculaire car elle est constituée de photons. Dans un milieu homogène la lumière se propage en ligne droite. Elle se transmet dans le vide et à une vitesse très rapide de 299 792 km/s (59).

La trajectoire de la lumière est rectiligne mais elle est aussi multidirectionnelle. Elle se déplace dans toutes les directions à partir de la source.

Elle est désordonnée, par conséquent les ondes lumineuses oscillent indépendamment les unes des autres.

La lumière visible est une infime partie du spectre électromagnétique. Elle est située entre 375 nm et 775 nm (Figure 1) (59).

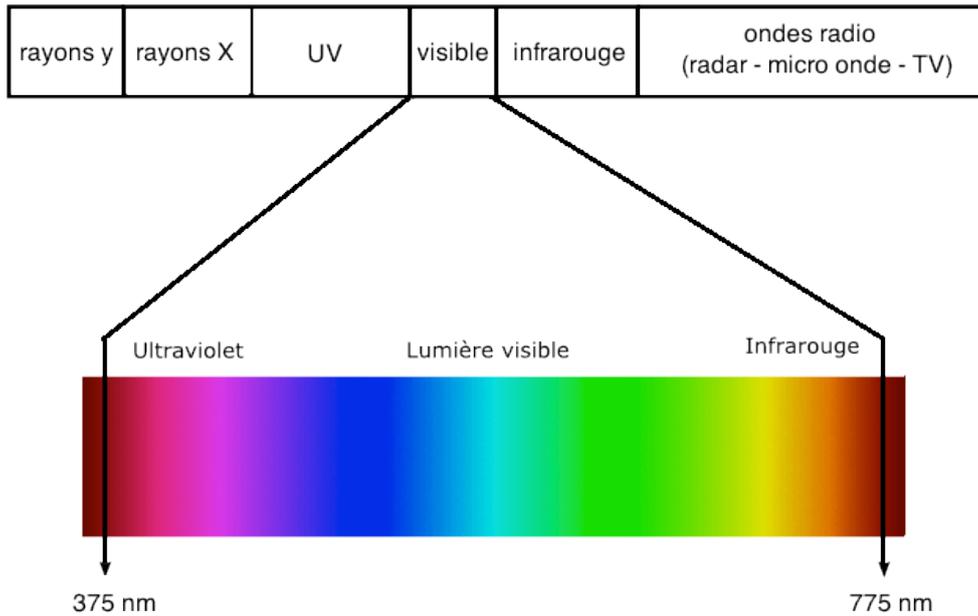


Figure 1 : Spectre électromagnétique (59)

La lumière blanche est constituée de plusieurs couleurs, elle peut être décomposée en arc-en-ciel par un prisme. Chaque longueur d'onde de la lumière visible va correspondre à une couleur (Figure 2) :

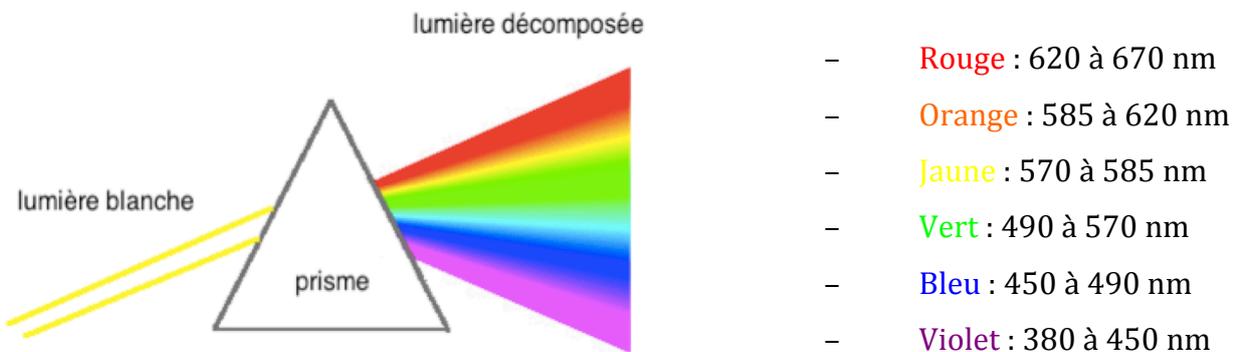


Figure 2 : Décomposition de la lumière blanche par un prisme (59)

1.2.1.2. Caractéristiques de la lumière laser

De la même manière que la lumière blanche, la lumière laser va se propager en ligne droite dans un milieu homogène.

La lumière laser présente des caractéristiques particulières :

- Elle est monochromatique. Sa longueur d'onde est déterminée par les caractéristiques de son milieu actif (Cf. 1.3.1.3.),
- Elle est unidirectionnelle. Elle présente une très faible divergence due à la diffraction à la sortie du système optique, de l'ordre de 3 mrd c'est-à-dire qu'à 3 mètres son diamètre a augmenté de 0,3 mm,
- Elle est cohérente ou ordonnée, c'est à dire toutes les ondes sont en phase, les photons sont parallèles avec la même amplitude.

Ces caractéristiques permettent aux lasers d'emmagasiner des énergies très importantes sur de petites surfaces (33).

1.2.1.3. Fonctionnement des lasers

Le système de base d'un laser est constitué de trois éléments (33,59) :

- Un matériau actif,
- Une source de pompage,
- Une cavité résonante.

Le matériau actif contient les atomes que l'on souhaite exciter. Il peut être solide, liquide ou gazeux. Il possède une structure capable d'être excité facilement (59).

Le pompage permet aux atomes de passer d'un état de basse énergie à un état de haute énergie, grâce à une irradiation externe polarisée ce qui s'appelle une inversion de population (59).

Il y a trois types de pompage (59) :

- Pompage optique réalisé par des lampes de forte intensité,
- Pompage chimique ou thermique,
- Pompage électrique réalisé par des décharges électriques.

Le passage à l'état de haute énergie est appelé l'absorption et le retour à l'état de basse énergie permet l'émission d'énergie sous forme de photons (Figure 3) (33,59).

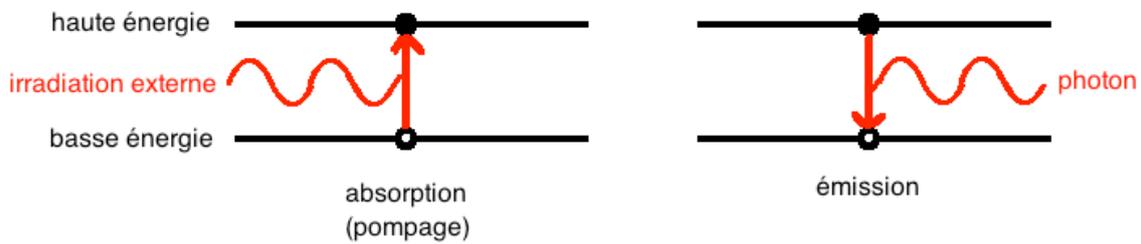


Figure 3 : Création du photon par mécanisme de pompage (59)

Il y a deux types d'émission : l'émission spontanée qui donne un photon de direction aléatoire et l'émission stimulée qui permet la formation du laser.

L'émission stimulée est provoquée par l'excitation d'un électron déjà excité par un photon ce qui provoque la formation d'un photon de même phase, direction et polarisation. Les deux rayonnements sont donc les mêmes, on ne peut pas les différencier il y a donc eu une « amplification de lumière par émission stimulée de rayonnement » ce qui est l'acronyme de LASER (Figure 4) (33,59).

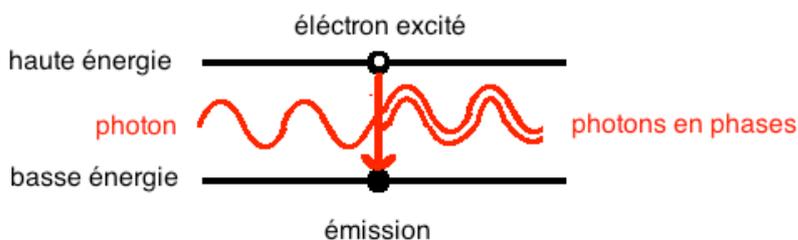


Figure 4 : Principe de l'émission stimulée (59)

La cavité résonnante permet au rayon lumineux de rester confiné. Elle est constituée de deux miroirs face à face séparés par une distance correspondant à la longueur d'onde produite. Un miroir est réfléchissant, l'autre est semi transparent ; il laisse passer une partie des photons permettant la formation du faisceau laser. La réflexion entre les miroirs permet une augmentation de l'énergie rapide dans la cavité résonnante et une transformation de cette énergie en onde électromagnétique très énergétique (Figure 5) (33,59).

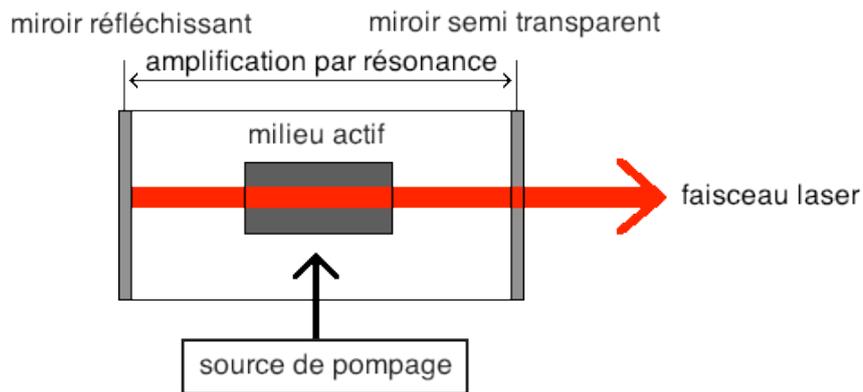


Figure 5 : Cavité de résonance (59)

Le mode d'émission des lasers peut être continu ou pulsé (Figure 6) (59,61):

- Le mode pulsé permet une libération de lumière brève avec une énergie très importante. C'est le mode le plus utilisé,
- Le mode continu a une puissance constante. C'est une succession d'impulsions individuelles très longues qui se chevauchent afin d'avoir une puissance constante. Ce type d'émission est plus rare.

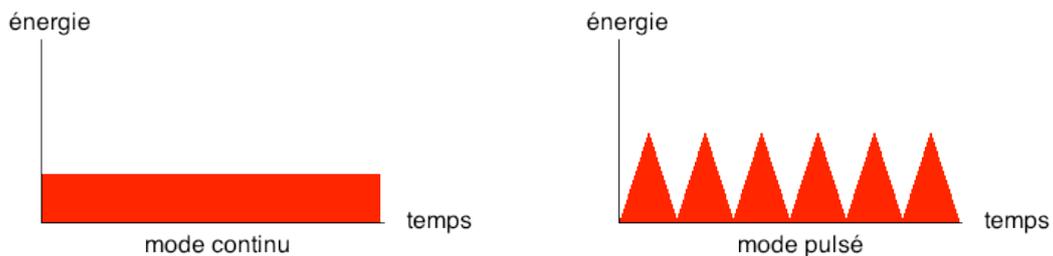


Figure 6 : Mode d'émission des lasers (59)

1.2.1.4. Transmission des lasers

La transmission des lasers peut se faire de deux manières (33,59) :

- Par un bras articulé : le bras articulé ayant la forme de tubes métalliques creux contenant des miroirs qui vont permettre la transmission du faisceau laser. Ce système est encombrant et fragile, mais il est utilisé pour transmettre des longueurs d'ondes supérieures à 2600 nm.
- Par une fibre optique : la fibre est en silice synthétique et a un diamètre de 200 à 400 μm . Ce système est plus intéressant car il est plus maniable et améliore donc l'ergonomie. Il permet également une transmission avec moins de perte d'intensité d'énergie. Cependant, la fibre ne peut transmettre que des longueurs d'ondes comprises entre 400 et 2000 nm.

1.2.2. Interactions avec les tissus

1.2.2.1. Photobiostimulation

La photobiostimulation ou Low Level Laser Thérapie (LLLT) utilise des lasers de basse énergie sur des durées importantes d'exposition. Les lasers utilisés sont les lasers hélium-néon et les lasers diodes avec des longueurs d'ondes correspondant au rouge et à l'infrarouge.

L'origine de l'effet n'est pas déterminée. On suppose la présence de photorécepteurs sur les cellules concernées.

Les effets sur les différentes cellules sont les suivants :

- Sur les fibroblastes : augmentation de leur prolifération, de leur motilité et de leur différenciation,
- Sur les macrophages : augmentation de la phagocytose et de leur production de facteurs de croissance fibroblastiques,
- Sur les lymphocytes : augmentation de leur prolifération,
- Sur les cellules épithéliales : augmentation de leur motilité,
- Sur les cellules myoendothéliales : relaxation permettant une vasodilatation,
- Sur les cellules nerveuses : réduction de la production de facteurs de l'inflammation et accélération de la régénérescence (59).

On retrouve également un effet analgésique en diminuant le seuil de délivrance des nocicepteurs.

La réduction des douleurs et la biostimulation vont avoir un intérêt particulier chez les patients dont le système immunitaire est affaibli : les jeunes enfants diabétiques ; ceux atteints de malformations cardiaques avec endocardite infectieuse ou porteurs de valves cardiaques et les jeunes patients cancéreux sous chimiothérapie et radiothérapie (54,59).

L'application d'une dose appropriée est très importante pour avoir un effet optimal. La dose est mesurée en Joules par centimètre carré (J/cm^2) et doit rester dans une fenêtre thérapeutique. L'activation des fibroblastes va se faire à $5 J/cm^2$; une dose plus élevée entraîne des effets diminués voir néfastes. Le réglage du laser est donc important pour avoir l'effet cellulaire souhaité (Figure 7) (63).

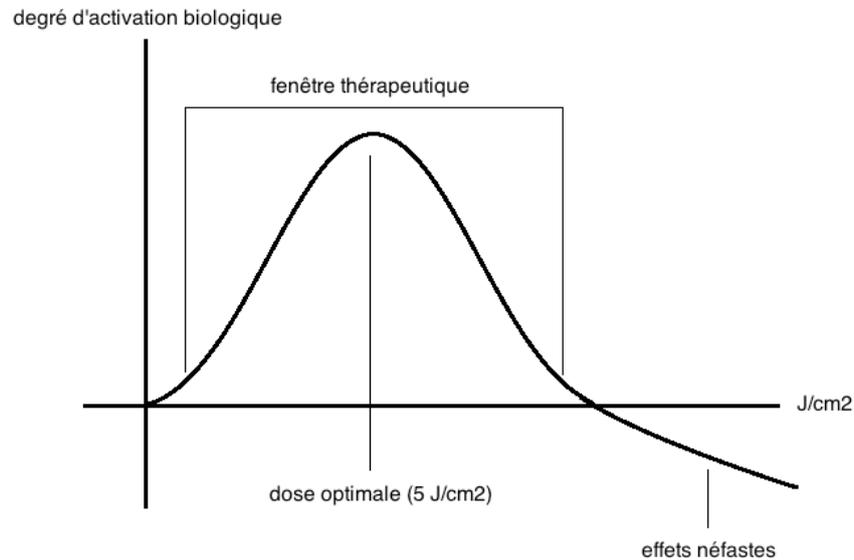


Figure 7 : Détermination de la dose appropriée pour la LLLT (59)

1.2.2.2. Effet photo-ablatif

L'effet photo-ablatif permet d'utiliser les lasers comme un bistouri. Le laser va couper les liaisons chimiques entre les molécules sans entraîner de dommages thermiques importants.

L'intérêt est d'avoir une coupe très fine avec une cautérisation simultanée et une bonne cicatrisation (74).

1.2.2.3. Effet thermique

Le principe de cet effet est l'absorption de l'énergie du laser par les tissus et sa transformation en chaleur. C'est le principal effet utilisé en pratique. Le coefficient d'absorption va être variable suivant les tissus et la longueur d'onde du laser.

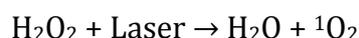
Les effets thermiques vont être variables suivant le degré d'échauffement (74):

- L'effet thermique de vasodilatation se produit à une température inférieure à 50°C ; la vasodilatation entraîne une augmentation des saignements, ce qui permet un apport de facteurs de croissance naturel sur les sites opératoires ou dans les alvéoles. Il n'y a pas de modification irréversible des tissus,
- L'effet thermique de coagulation se produit entre 55°C et 70°C et entraîne une coagulation des protéines plasmatiques, qui provoque une augmentation de la viscosité du sang,
- L'effet thermique de carbonisation apparaît au-delà de 80°C et entraîne une mort cellulaire ainsi qu'une dessiccation avec rétraction des tissus. Au-delà de 100°C apparaît une volatilisation des tissus qui partent en fumée.

1.2.2.4. Effet photochimique

Le principe repose sur l'activation d'une substance par le rayonnement laser. Avec un temps d'application long et une énergie faible on peut provoquer des phénomènes chimiques avec production de radicaux libres. Certains cancers peuvent être traités de cette manière. L'application la plus utile en dentaire va être la décontamination (74).

Après la mise en place de peroxyde d'hydrogène sur la lésion ou la zone à décontaminer on applique le laser qui va produire une réaction d'oxydo-réduction et la production d'oxygène singulet (1O_2) puissamment bactéricide.



Cette utilisation peut être utile dans les cas d'infections importantes ne répondant pas aux antibiotiques (74).

1.2.2.5. Effet mécanique et thermomécanique

L'effet mécanique est obtenu par l'application de lasers de puissance élevée avec des impulsions brèves ce qui entraîne une onde de choc. La propagation de cette onde de choc entraîne un effet destructif (74).

En dentaire l'application de cet effet est surtout indiquée en endodontie dans la préparation des deltas apicaux à plusieurs sorties et des apex coudés difficilement accessibles. L'ouverture et le nettoyage des apex permettent une meilleure obturation en trois dimensions.

L'effet thermomécanique est lié à l'augmentation de pression provoquée par l'effet thermique. Il va permettre l'ablation de tissus durs par vaporisation de l'eau contenue dans la dentine et l'émail. L'eau se vaporisant dans une cavité non extensible entraîne une augmentation de la pression interne qui conduit à créer des micro-explosions permettant l'élimination des tissus (8).

1.3. Différents types de lasers utilisés en dentaire

De nombreux lasers sont utilisés dans le domaine médical. Il n'existe pas de laser universel. Chaque laser va avoir un champ d'application propre. Nous allons détailler ceux qui sont principalement utilisés en dentaire (illustrations en annexe).

1.3.1. Lasers de traitement

1.3.1.1. Laser Er : YAG

Il est composé d'un cristal d'Yttrium Aluminium Garnet dopé à l'erbium. Sa longueur d'onde est de 2940 nm. Il émet dans l'infrarouge moyen et utilise un pompage optique et un flash lumineux très intense.

Le laser Er : YAG fonctionne selon un mode pulsé avec une puissance dépendant de trois paramètres que sont l'énergie (mJ/pulse), la fréquence (pulse par seconde) et la durée d'une impulsion (mS) (6,56,59).

Il présente une absorption très élevée et utilise un effet photoablatif ainsi que thermomécanique permettant l'exérèse des tissus. Il est très efficace sur les tissus durs tels que la dentine cariée ou le tissu osseux, il est également utilisable sur les tissus mous (59).

Son utilisation se fait sous spray d'eau pour ne pas provoquer l'échauffement des tissus environnants. Les préparations réalisées par ce laser ont une surface décontaminée et biostimulée ce qui permet une accélération de la cicatrisation et une diminution des douleurs pendant le soin permettant d'éviter l'anesthésie locale (6).

Indications (59) :

- Désinfection canalaire,
- Désinfection des poches parodontales,
- Exérèse des tissus durs dentaires et osseux,
- Chirurgie des tissus mous,
- Désensibilisation de la dentine.

Prix : 35 000 € - 57 000 €

1.3.1.2. Laser Er-Cr : YSGG

Il est composé d'un cristal Yttrium Scandium Galium Garnet dopé à l'Erbium Chomium. Il émet dans l'infrarouge moyen, sa longueur d'onde est de 2780 nm. Le mode de fonctionnement est proche de celui du laser Er : YAG (Cf. 1.2.1.). Il absorbe très bien l'eau et l'hydroxyapatite ce qui lui permet d'être efficace sur les tissus durs, les tissus cariés mais également sur les tissus mous (56).

Indications (56) :

- Désinfection canalaire,
- Désinfection des poches parodontales,
- Exérèse des tissus durs dentaires et osseux,
- Chirurgie des tissus mous.

1.3.1.3. Laser Diode

Il est composé de deux semis conducteurs de nature différente qui sont une combinaison de Gallium Aluminium Arsenide et d'Indium. Le principe de ce laser est la transformation de l'énergie électrique en énergie lumineuse grâce à une combinaison de semis conducteurs qui se présentent sous la forme d'une barrette de moins de 10 mm. Ce laser émet dans le proche infrarouge entre 800 et 1000 nm. Sa puissance varie entre 4 et 15 W et s'utilise selon un mode continu ou pulsé (56,59).

Indications (59):

- Désinfection canalaire,
- Désinfection des poches parodontales,
- Chirurgie des tissus mous,
- Désensibilisation de la dentine,
- Hémostase,
- LLLT.

Prix : 5 000 € – 14 000 €

1.3.1.4. Laser Nd : YAG

Il a été mis au point dans les années 1970 et est très utilisé en médecine. Il est formé d'un cristal d'Yttrium Aluminium Garnet dopé au néodyme qui est excité grâce à un pompage optique. Il a une longueur d'onde de 1 064 nm ce qui correspond à l'infrarouge.

Il est bien absorbé par l'hémoglobine mais très peu par l'eau et permet donc une pénétration plus importante dans les tissus mous ainsi qu'une décontamination en profondeur jusqu'à 10 mm sans risque d'échauffement. L'interaction avec les tissus se fait par effet mécanique et effet thermique (56,59).

Indications (59) :

- Désinfection canalaire,
- Désinfection des poches parodontales,
- Chirurgie des tissus mous,
- Désensibilisation dentine,
- Hémostase.

Prix : 25 000 €

1.3.1.5. Laser Nd : YAP

Mis au point beaucoup plus récemment que le Nd : YAG, en 1994, il utilise un cristal d'Yttrium Aluminium Peroskite dopé au Néodym. Sa longueur d'onde de 1340 nm est dix fois plus absorbée par l'eau et donc par les tissus mous jusqu'à une profondeur de l'ordre de 1 mm.

La longueur d'onde est également très bien absorbée par l'hémoglobine L'interaction avec les tissus se fait par effet mécanique et effet thermique (59).

Indications (59) :

- Désinfection canalaire,
- Désinfection des poches parodontales,
- Hémostase.

Prix : 33 600 €

1.3.1.6. Laser CO2

Il est composé d'un milieu actif qui est un mélange de gaz excité par un pompage électrique. La longueur d'onde émise est de 10 600 nm ce qui correspond à l'infrarouge lointain. Cette longueur d'onde ne peut être transmise que par un bras articulé. Il est un des seul laser qui peut utiliser le mode d'émission continue. L'absorption par l'eau des tissus mous est excellente ce qui permet de l'utiliser comme bistouri pour les freinectomies par exemple ou pour une simple hémostase. L'interaction avec les tissus se fait par effet photo-ablatif et effet thermique. Il a également un effet bactéricide. Sa longueur d'onde ne permet pas l'utilisation de la fibre optique ce qui diminue son ergonomie (59).

Indications (59) :

- Chirurgie des tissus mous,
- Hémostase.

Prix : 15 000€

1.3.1.7. Laser Hélium-néon

Mis au point dans les années 1960, c'est l'un des premiers lasers à avoir été utilisé. Son milieu actif est un mélange d'hélium et de néon. Il émet à une longueur d'onde de 633 nm ce qui correspond au rouge. Il fonctionne grâce à un pompage électrique selon un mode continu.

On l'utilise depuis les années 1980 dans le domaine médical il est principalement utilisé pour la photobiostimulation ou « LLLT » (59).

Indication (59):

- LLLT.

1.3.8. Laser KTP

Il est composé d'un milieu actif de Néodimium doublé en fréquence. Sa cavité résonnante possède un cristal de Potassium Titanyl Phosphate ou KTP (KTiPO₄). Sa longueur d'onde est de 532 nm. Il a un haut degré d'absorption dans l'hémoglobine ce qui lui permet d'être utilisé pour l'hémostase et la chirurgie. Il a également un effet de stérilisation (56).

Indication (56) :

- Hémostase,
- Chirurgie des tissus mous.

1.3.2. Lasers de diagnostic

1.3.2.1. DIAGNOdent®

Il est composé d'un laser diode qui émet dans le proche infrarouge à 655 nm. La technique par fluorescence laser commercialisée sous le nom DIAGNOdent® (KaVo, Biberach, Germany) depuis 1998 est un système développé par les travaux de Hibst et Gall. Ils ont montré que les organites bactériens excités par la lumière rouge de 655 nm réémettent une fluorescence infrarouge qui peut être analysée et quantifiée. Le DIAGNOdent® peut être utilisé sur les surfaces proximales et occlusales (32).

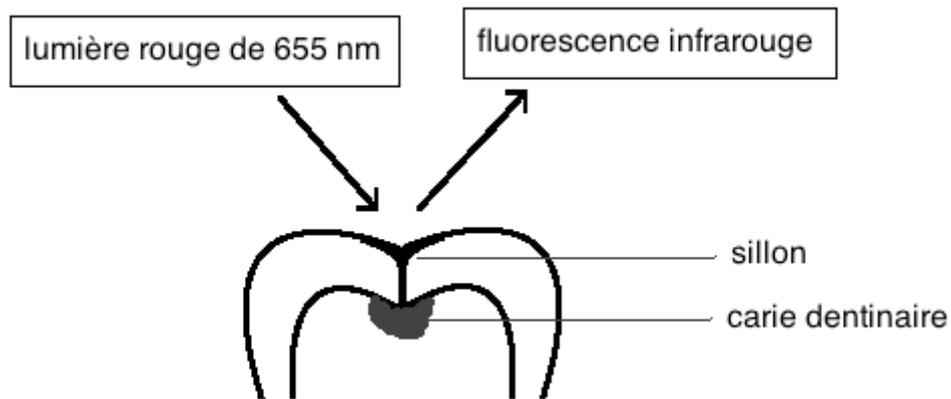


Figure 8 : Principe de fonctionnement du DIAGNOdent®

Indication (56):

- Détection des lésions carieuses.

Prix : 3000 - 4000 €

1.3.2.2. Laser Doppler

C'est un laser diode ou hélium néon qui permet le diagnostic de la vitalité pulpaire par Fluxmétrie laser Doppler. Elle utilise l'effet doppler appliqué au rayonnement laser afin de déterminer le flux sanguin (64).

Indication (64) :

- Diagnostic pulpaire.

1.4. Indications chez l'enfant

En odontologie pédiatrique les principales difficultés reposent sur l'acceptation des soins par le patient. Les lasers vont pouvoir remplacer les instruments rotatifs, les lames de bistouris et par son effet analgésique l'utilisation d'anesthésiques est diminuée voire supprimée.

Pour les soins conservateurs les lasers vont permettre (68) :

- D'améliorer et faciliter le diagnostic et la prévention de la carie,
- De réaliser l'exérèse des lésions carieuses,
- De réaliser des coiffages pulpaire directs, des pulpotomies et des désinfections canalaires,
- De traiter les hypersensibilités dentinaires.

Concernant les actes chirurgicaux ils vont permettre (68) :

- L'exérèse des lésions muqueuses,
- La réalisation de biopsie,
- L'hémostase,
- Les remodelages gingivaux.

En orthodontie ils vont permettre (56) :

- L'accélération des mouvements dentaires,
- La diminution des douleurs.

2. UTILISATION EN ODONTOLOGIE PÉDIATRIQUE AU NIVEAU DES TISSUS DURS

2.1. Détection des lésions carieuses

La détection précoce des caries par la mise en place d'une thérapeutique non invasive est très importante afin de stopper leur évolution.

La détection des caries proximales (site 2) des molaires temporaires est d'une grande importance du fait de leur développement rapide. La dent temporaire va en effet présenter une épaisseur d'émail et de dentine moins élevée, une minéralisation moins importante et une largeur des tubulis dentinaires plus importante. La rapidité de la progression est également due au large contact proximal entre les molaires temporaires où s'accumulent les microorganismes cariogènes. Ce contact est augmenté suite à l'éruption de la première molaire définitive qui va fermer le diastème présent entre les molaires temporaires (72).

Les surfaces occlusales (site 1) sont également susceptibles de développer des lésions carieuses du fait de la présence de nombreux puits et fissures, en particulier sur les premières molaires définitives. Ces caries sont difficilement détectables car la déminéralisation se fait le long des gaines prismatiques amélaire, de part et d'autre du sillon, ce qui peut donner un aspect intact alors que la structure est altérée (18).

L'examen visuel des lésions cervicales (site 3) est beaucoup plus facile et ne nécessite pas de techniques complémentaires.

Les méthodes d'examen conventionnelles pour le diagnostic des caries sont l'examen visuel, l'examen radiographique rétrocoronaire ainsi que le sondage des sillons (49).

L'examen visuel se réalise à l'aide d'un miroir sur des dents propres et sèches. Cet examen est rapide et facile à réaliser mais l'accès à certaines zones est difficile. La classification ICDAS (International Caries Detection And Assesment System) a été mise au point en 2001 et une deuxième version a été mise au point en 2005, ICDAS II. (Figure 9) (56,49).

Code	Observations selon les critères ICDAS II
0	Surface dentaire saine
1	Premier changement visuel de l'émail 1w (white spot) ou 1b (brown spot)
2	Changement visuel distinct de l'émail 2w (white) ou 2b (brown)
3	Rupture localisée de l'émail due à la carie, sans exposition dentinaire visible ni transparence ombrée due à la dentine cariée sous-jacente (underlying shadow)
4	Ombres foncées provenant de la dentine cariée sous-jacente sans ou avec rupture localisée d'émail
5	Cavité distincte avec dentine visible
6	Cavité distincte étendue à la dentine visible

Figure 9 : Critères de diagnostic de caries lors de l'examen visuel selon la classification ICDAS II (49)

L'examen radiographique rétro-cronaire (ou bite-wing) permet un diagnostic précoce des lésions carieuses en particulier en proximal (32).

On va rechercher sur l'image la présence d'une zone radioclaire au niveau de la jonction amélo-dentinaire et un défaut de continuité de la surface amélaire.

Hintze et coll. ont mis en place en 1998 une échelle d'évaluation des lésions proximales (Figure 10)(32).

Score	Critères
0	Pas de radioclarité : tissus sains
1	Radioclarité au niveau de la moitié externe de l'émail
2	Radioclarité au niveau de la moitié interne de l'émail
3	Radioclarité au niveau du tiers externe de la dentine
4	Radioclarité au niveau des deux tiers internes de la dentine

Figure 10 : Échelle d'évaluation des lésions proximales (32)

Les examens visuel et radiologique donnent des résultats relativement satisfaisants pour la détection des lésions carieuses mais d'autres outils existent afin de réaliser le diagnostic des lésions carieuses: les colorants révélateurs, la transillumination par fibre optique, la méthode électrique, et la technique par fluorescence laser (17).

La technique par fluorescence laser est commercialisée sous le nom DIAGNOdent® (CF. 1.2.9.). Ce dispositif mesure la quantité d'organites bactériens et permet d'évaluer l'étendue de la lésion carieuse (32).

Les mesures obtenues par le DIAGNOdent® ont un score de 0 à 99. Plus le score est élevé, plus la lésion est importante et profonde. Cette mesure va permettre la mise en place d'une thérapeutique adaptée (32) :

- mesure de 0 à 12 : traitement prophylactique ambulatoire (dentifrice fluoré)
- mesure de 13 à 24 : traitement prophylactique au fauteuil (vernis fluoré)
- mesure supérieure à 25 : traitement invasif et restauration.

Les résultats de l'étude de Virajsilp et coll. en 2005 montrent que le DIAGNOdent® est un outil de diagnostic précis et reproductible pour la détection des caries proximales (72).

L'étude de Chaza en 2012 montre l'intérêt du DIAGNOdent® pour la détection des lésions carieuses occlusales. Il y a peu de différence de résultats entre les opérateurs. La validité diagnostique est supérieure à la radiographie rétrocoronaire. Cependant la plupart des études sont réalisées *in vitro* et ne prennent pas en compte les conditions trouvées dans la cavité buccale (restaurations, colorations, tartre et plaque) (17,18,58).

Il existe d'autres systèmes de diagnostic carieux à l'aide de caméra, tels que VistaProof®, Spectra Caries Detection Aid. et SOPROLIFE®. Ces systèmes utilisent également le principe de la fluorescence mais l'émission de lumière provient d'une LED et non d'un laser (58).

Plusieurs études ont analysé les différents systèmes. Les études de Seremid et Coll. en 2012 et Rechman et coll. en 2012 a montré qu'il n'y a pas de différence significative entre les systèmes DIAGNOdent® et le système VistaProof®. Le système SOPROLIFE® permet une meilleure discrimination les lésions carieuses et le système Spectra Caries Detection Aid. montre des résultats moins précis (58,68).

L'analyse de ces différentes études permet de conclure qu'il est intéressant de compléter l'examen clinique par une technique de fluorescence laser pour les sites occlusaux (site 1). Pour les sites proximaux (site 2), un examen clinique et une radiographie rétrocoronaire ont des résultats performants mais significativement moins fiable que le système DIAGNOdent®. Enfin, pour les sites cervicaux (site 3), un simple examen clinique est suffisant (17,72).

Diagnostic de la carie

Système disponible : DIAGNOdent®

Intérêt : outil de diagnostic précis et reproductible dans la détection des caries en particulier les caries proximales et occlusales.

Figure 11 : Tableau récapitulatif du diagnostic de la carie

2.2. Prévention des lésions carieuses

Les lasers peuvent être utilisés en prophylaxie de la lésion carieuse par une application à la surface de l'émail qui va modifier la structure des cristaux d'hydroxyapatite. L'application du laser entraîne en effet une diminution des carbonates au cœur des cristaux d'hydroxyapatites à partir d'une température de 100°C, bloquant une voie de diffusion des ions H⁺. Il se produit également une dénaturation thermique de la matrice organique qui est également une voie de diffusion préférentielle de ions H⁺. Ces deux phénomènes expliqueraient la meilleure résistance aux attaques carieuses des tissus irradiés. Cette action peut être renforcée par l'utilisation d'un gel fluoré avant l'application du laser, et peut permettre également le « scellement » de puits et fissures qui sont des zones privilégiées pour le développement de lésions carieuses (5,54).

2.2.1. Potentialisation de la fluoruration topique

L'irradiation combinée à un traitement par fluorophosphate acidulé (APF) que l'on retrouve dans le Gel Oral-B Minute va permettre d'incorporer des fluorures dans les cristaux d'hydroxyapatite (53). La présence d'un gel fluoré mis avant l'application du laser va entraîner l'incorporation des ions fluorures dans la structure de l'hydroxyapatite. Cela va permettre de lutter contre la déminéralisation lors des attaques cariogènes en créant une barrière protectrice. Il a été également montré que la micro dureté de l'émail en surface est supérieure après une exposition au laser (53). L'application peut se faire sur des dents saines en cours d'éruption ou des dents sur arcade en prophylaxie. Elle peut se faire au niveau des puits et fissures qui sont des zones de fragilité et également au niveau des parois d'une cavité après exérèse du tissu carieux pour éviter la récurrence du processus carieux (31).

Différentes études *in vitro* ont analysé les effets, suivant le type de laser utilisé :

- Les lasers CO2 et diode permettent une incorporation de fluorures sur la surface de l'émail mais l'étude de Gonzales-Rodriguez et coll. en 2011 montre que ces lasers peuvent entraîner des lésions de surface de l'émail ainsi qu'une augmentation de la température pulpaire si les paramètres ne sont pas soigneusement contrôlés (25).
- Le laser erbium (Er : YAG et Er : YSGG) est moins efficace ; l'étude d'Appel et coll. en 2002 montre une moins bonne incorporation des fluorures. Les résultats ne montrent pas de différence significative entre le groupe traité et le groupe contrôle ; il n'a donc aucun intérêt (1).

Ces études ont été réalisées *in vitro* sur des dents temporaires. Des études cliniques *in vivo* sont nécessaires pour valider cette hypothèse ainsi que pour évaluer la capacité à renforcer les dents permanentes (54).

Prévention de la carie

Lasers utilisables et réglages :

- **Laser CO2 : 1 à 2 W pendant 15 secondes**
- **Laser diode : 5 à 7 W pendant 15 secondes**

Intérêt : Amélioration de la résistance de l'émail aux attaques carieuses

Figure 12 : Tableau récapitulatif de la prévention de la carie

2.2.2. Scellement des sillons

Chez l'enfant ayant un risque carieux individuel élevé, le scellement des sillons à l'aide d'un sealant va permettre de diminuer significativement le risque carieux (28). Le prétraitement au laser va permettre de nettoyer et de désinfecter la surface dentaire avant l'application du sealant (54).

Protocole du scellement de sillons

- **isolation,**
- **nettoyage du sillon au laser Er : YAG sous spray d'eau selon les paramètres suivants : 65-75 mJ ; 10-20 Hz ; 100-300 µsec**
- **mordançage,**
- **rinçage,**
- **séchage,**
- **mise en place du sealant en respectant le protocole du fabricant,**
- **contrôle de l'occlusion.**

Figure 13 : Protocole du scellement de sillons au laser Er : YAG (20,50)

L'efficacité du scellement va dépendre de la rétention dans le temps. Différentes études *in vitro* ont analysé la résistance à la percolation de sealant entre une préparation conventionnelle combinée à un mordançage acide et l'utilisation d'un prétraitement au laser. L'irradiation ne semble pas éliminer le besoin d'un mordançage de l'émail. L'étude de Cehreli et coll. en 2006 montre qu'il n'y a pas de différence significative, de rétention du sealant à la percolation, avec et sans application du laser. L'intérêt de l'application du laser est le nettoyage et la désinfection des sillons (16,54).

Scellement puits et fissures

Laser utilisable : Laser Er : YAG

Intérêt : Nettoyage et désinfection du sillon mais pas de différence de percolation du sealant.

Figure 14 : Tableau Récapitulatif du scellement de sillon au laser Er : YAG

2.3. Diagnostic pulpaire

La fluxmétrie laser doppler a été développée depuis la fin des années 1980 pour établir un diagnostic pulpaire précis en déterminant l'état de la vascularisation de la pulpe.

La sonde génère un faisceau laser qui traverse la dent jusqu'à la pulpe. Les cellules sanguines réfléchissent le rayon laser. Le rayonnement réfléchi est caractérisé par une longueur d'onde différente et cette différence va être captée et analysée afin de déterminer la vitesse et la concentration des globules rouges (64).

De nombreuses études ont montré la capacité de la fluxmétrie laser doppler à obtenir des résultats plus fiables que les tests conventionnels en particulier Gazelius et coll. en 1986 et Musselwhite et coll. en 1997 qui ont réalisé leurs études chez l'homme. Cet outil a un intérêt particulier dans le suivi des dents traumatisées. En effet, les tests de sensibilité conventionnels évaluent une réponse sensorielle et non l'état de la vascularisation pulpaire. En particulier lors d'une luxation ou d'une expulsion avec réimplantation immédiate, le retour de la vascularisation, s'il se fait, est plus rapide que le retour de la sensibilité. L'étude du flux sanguin pulpaire permet donc de prendre une décision sur la nécessité du traitement canalaire en déterminant si la pulpe est vitale malgré la réponse négative aux tests conventionnels (24,47,64).

Mode de fonctionnement :

Le matériel se compose d'une unité principale contenant un laser diode émettant à 780 nm relié à un ordinateur qui traite les données. L'écran permet de visualiser en temps réel l'enregistrement du flux sanguin. L'enregistrement se fait à l'aide d'une sonde optique, dont l'une des extrémités est une partie métallique insérée dans un porte-sonde. La sonde est reliée à l'unité principale par un long tube flexible contenant trois fibres optiques.

L'application de la sonde se fait sur la face vestibulaire de la dent après la mise en place d'un champ opératoire constitué d'un écarteur, de rouleaux de coton placés dans le vestibule et d'une pompe à salive. La sonde est fixée à l'aide d'un porte-sonde collé à la dent à l'aide d'un CVI (64).

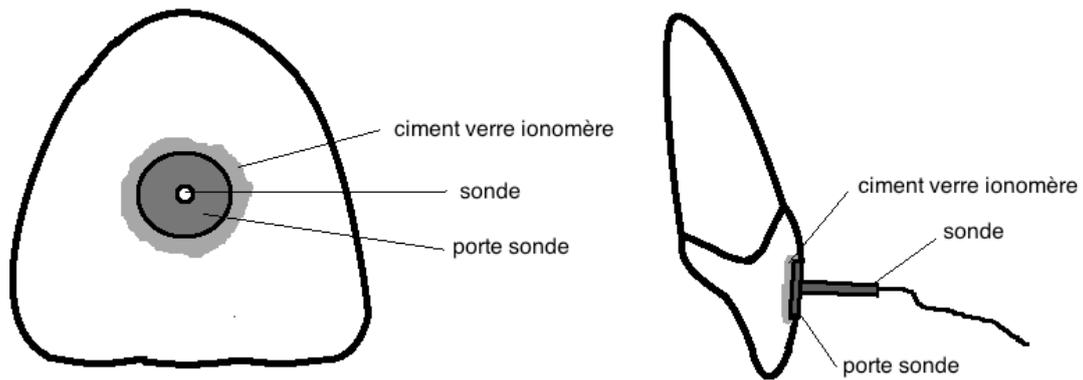


Figure 15 : Positionnement de la sonde sur la face vestibulaire d'une incisive (64)

En pratique clinique, l'utilisation de la fluxmétrie pose un certain nombre de problèmes. L'enregistrement doit se faire sans aucun mouvement du patient, avec une température constante de la salle d'examen et un repositionnement identique de la sonde à chaque enregistrement. Il nécessite un protocole compliqué, long à mettre en place par un chirurgien dentiste en pratique quotidienne, ainsi que l'investissement dans un matériel onéreux. La fluxmétrie peut cependant être intéressante dans certains protocoles de recherche (64).

Diagnostic pulpaire

Systeme disponible : Laser Doppler

Intérêt : Pas d'intérêt en pratique quotidienne mais utile dans le domaine de la recherche.

Figure 16 : Tableau Récapitulatif du diagnostic pulpaire

2.4. Traitement des lésions carieuses

Le remplacement de la fraise du dentiste par le laser est intéressant en odontologie pédiatrique, car ce traitement est moins impressionnant pour l'enfant. En effet, le laser va travailler sans entrer en contact avec la dent, ce qui permet donc d'enlever les vibrations, de diminuer le bruit et les douleurs. Cela peut mener à une meilleure acceptation globale des soins, par rapport aux techniques traditionnelles (54).

2.4.1. Préparation des cavités

Différents lasers ont été testés *in vitro* afin d'évaluer leur efficacité et les dommages éventuels qu'ils peuvent causer lors de la préparation des cavités.

Des études *in vitro* ont analysé l'effet du laser CO₂ et ont montré qu'il entraîne des dommages thermiques sur les tissus dentaires irradiés (54).

Une autre étude *in vitro* de Birardi et coll. en 2004 sur le laser Nd : YAG a analysé la microstructure des dents temporaires irradiées. L'étude a été faite sur des incisives maxillaires non conservables grâce à un microscope électronique à balayage. Les résultats montrent la présence de dommages collatéraux liés à l'élévation de température : carbonisation, craquelures, etc. (9).

Les premières études sur la capacité du laser erbium à couper les tissus durs remontent à 1989. Elles ont été menées par Hirbst et Keller (54). En 2007 Olivi et Genovese ont confirmé l'efficacité du laser Er : YAG avec une étude *in vitro* et ont recherché les paramètres optimaux d'utilisation (52).

Actuellement, les lasers de choix utilisés pour l'ablation des tissus durs sont les lasers Erbium Er : YAG de 2940 nm et Er, Cr : YSGG de 2780 nm. Le mode d'action est la vaporisation de l'eau contenue dans les tissus dentaires. Le volume d'eau dans l'émail est de 12% et celui de la dentine est de 25%. L'eau se vaporise sans la fonte des éléments organiques et inorganiques, ce qui entraîne une augmentation de la pression interne produisant des micro-explosions et l'élimination de la matière. La quantité de chaleur transférée aux tissus adjacents est minime du fait de la courte durée des pulses et du spray d'eau, n'entraînant ainsi pas de complications au niveau pulpaire. L'état de surface change légèrement suite à l'application du laser (67).

Avec les lasers Erbium, les analyses microscopiques montrent des micro-craquelures de l'émail sur les bords de la cavité lorsque l'irradiation se fait sans spray. Avec le spray, ces micro-craquelures sont absentes. On a une ablation localisée sans dommage thermique sur les tissus dentaires. Par ailleurs, l'émail et la dentine ne présentent pas de carbonisation et la surface de l'émail irradiée est irrégulière comme celle observée après un mordantage. La dentine ne présente pas de boue dentinaire et les tubulis sont ouverts ce qui va permettre l'adhésion d'un composite (6).

L'étude histologique de la pulpe après irradiation va nous permettre d'observer la réaction pulpaire entre une technique conventionnelle de préparation et la technique au laser. On observe moins de réaction pulpaire avec un laser Er : YAG par rapport à une préparation au laser ND : YAG, au laser CO2 ou à la turbine. A 28 jours, on n'observe pas de différence significative de réaction pulpaire entre une dent préparée au laser et une préparation conventionnelle. L'analyse histologique va par contre montrer une augmentation des fibres nerveuses et une prolifération fibroblastique et donc probablement une formation de dentine réactionnelle plus rapide qu'avec une préparation conventionnelle, ce qui favoriserait la guérison (6).

La capacité du laser à éliminer les tissus va dépendre de différents paramètres (6) :

- l'énergie (mJ/pulses),
- la densité de puissance (W/cm²),
- la fluence (J/cm²),
- le nombre de pulses par seconde,
- la durée du traitement,
- le type de tissus : la dentine est éliminée plus facilement que l'émail,
- l'orientation des tubulis : les transversaux sont plus facilement éliminés que les parallèles,
- la largeur des tubulis : une dentine sclérotique est plus difficile à éliminer.

Protocole de préparation des cavités au laser Er : YAG et Er : Cr YSGG

- **Pas d'anesthésie locale sauf si douleurs**
- **Mise en place du champ opératoire**
- **Accès à la lésion carieuse sous spray et aspiration, différents réglages sont nécessaires dans la préparation des cavités, Il faut éliminer des tissus durs sains afin d'avoir accès à la lésion carieuse.**
- **Paramètres pour l'émail :**
 - 20 -25 Hz ; 150-200 mJ pour le Er : Cr YSGG**
 - 20-25 Hz ; 180-200 mJ pour le Er : YAG**
- **Paramètres pour la dentine :**
 - 15-20 Hz ; 100-120 Hz pour le Er : Cr YSGG**
 - 10-20 Hz ; 100-120 mJ pour le Er : YAG**
- **Paramètres pour les tissus cariés :**
 - 20-25 Hz ; 75-80 mJ pour le Er : Cr YSGG**
 - 20-25 Hz ; 60-70 mJ pour le Er : YAG**
- **Pointe placée vers le tissu proche mais sans contact, à environ 1,5 mm. Mouvement de brossage jusqu'à ce que l'ablation commence**
- **Une fois tout le tissu carieux enlevé une restauration coronaire étanche est réalisée**

Figure 17 : Protocole de préparation cavitaire (56,75)

Les lasers ont également été testé pour l'élimination d'anciennes restaurations. Les lasers Erbium peuvent permettre l'ablation de composites et de CVI, mais il n'est pas recommandé de les utiliser pour l'amalgame à cause des vapeurs de mercure qui se dégagent. Les lasers Er : YAG sont par contre incapables de couper le métal et les céramiques (30).

2.4.2. Etching, adhésion et reconstitution composite

Les préparations cavitaires réalisées au laser respectent les principes de la dentisterie à minima contrairement aux cavités de Black. Grâce à une énergie appropriée, une action sélective sur le tissu carié et un respect des tissus sains sont rendus possibles. Les cavités préparées au laser sont propres, décontaminées et présentent un état de surface rugueux, ce qui augmente la surface de collage (50).

Plusieurs études *in vitro* ont analysé la qualité de l'adhésion du composite après passage du laser pour savoir s'il pouvait remplacer le mordantage à l'acide orthophosphorique. En effet, les irrégularités de surface créées par l'utilisation d'un laser vont permettre une adhésion mécanique. Cependant les résultats divergent concernant la qualité de cette adhésion par rapport à une préparation avec des instruments rotatifs (6).

Les auteurs ont montré que le collage d'une résine composite sur l'émail nécessite obligatoirement un mordantage pour être efficace. Corona et coll. ont comparé l'adhésion du composite dans des préparations avec une fraise versus une préparation au laser Er : YAG. Ils ont mesuré l'infiltration d'une solution aqueuse de rhodamine B avec ou sans acide orthophosphorique. Les résultats montrent une perte d'étanchéité avec le laser seul mais pas de différence entre une cavité préparée à la fraise et à l'acide et une cavité préparée au laser et à l'acide (6).

Le collage d'une résine composite sur la dentine est sujet à controverse, car les études réalisées *in vitro* montrent des résultats contradictoires :

- Selon Corona et coll., l'action du laser Er : YAG avec ou sans l'application de l'acide est moins apte à assurer l'étanchéité des obturations composites (19).
- Selon Setier et coll., les cavités préparées au laser Er : YAG sans acide ont une meilleure herméticité qu'avec acide et la valeur de l'adhésion est équivalente à celle d'une préparation conventionnelle (69).
- Selon Ceballo et coll., il y a des infiltrations dans tous les cas. Ils ne retrouvent pas de différences significatives entre les préparations avec une fraise ou avec un laser que se soit avec ou sans application d'acide orthophosphorique (15).

Les différences de résultats entre les études peuvent être expliquées par les différentes conditions de préparation. De nombreuses variables entrent en compte, telles que la fluence, la densité de puissance, la durée d'impulsion, l'angle du faisceau, le mode de focalisation et la quantité de pulvérisation du spray air/eau. Il est donc conseillé de finir la préparation avec un passage du laser à basse puissance à la fois sur la dentine et sur l'émail, ainsi qu'un mordantage acide pour éliminer les dommages qui ont pu être causés par le laser en surface et pour exposer les fibres de collagène (54).

Préparation des cavités et etching

Lasers utilisables : Laser Er : YAG ; Laser Er,Cr : YSGG ; Laser Nd : YAG

Intérêt : le laser permet d'avoir une approche mini invasive dans le traitement de la maladie carieuse, d'éviter une réaction pulpaire ainsi que de diminuer la quantité d'anesthésie nécessaire. Un mordantage est conseillé afin de diminuer le risque d'infiltration.

Figure 18 : Tableau récapitulation des préparation de cavité et etching

2.4.3. Traitement des MIH

L'acronyme MIH, employé pour « Molar Incisor Hypomineralisation », a été proposé par Weerheijm et coll. en 2001. Ces anomalies correspondent à des défauts qualitatifs de l'émail, d'origine systémique, affectant une ou plusieurs premières molaires permanentes, associées ou non à des lésions des incisives permanentes (73). Les dents touchées présentent des opacités blanches, jaunes, marron et des pertes de substances. Elles présentent également une hypersensibilité et il est souvent difficile d'avoir un silence opératoire (42).

Les lasers Er : YAG et Er,Cr : YSGG permettent la préparation de ces dents afin de réaliser une restauration coronaire. Le laser va être l'outil idéal pour traiter ces patients car il va permettre de se passer d'anesthésie dans la plupart des cas et ainsi d'améliorer le confort du patient. En effet les dents présentant un MIH vont être plus sensibles aux lésions carieuses, les patients atteints peuvent avoir reçu plusieurs soins dès l'éruption de ces dents à 6 ans et peuvent donc avoir une anxiété accrue du fait de la difficulté d'avoir un silence opératoire (42).

Traitement des MIH

Lasers utilisables : Er : YAG ; Er,Cr : YSGG

Intérêt : Les lasers vont permettre de se passer d'anesthésie dans la plupart des cas chez des patients présentant une anxiété accrue provoqué par les soins fréquent sur les dents fragile et sensible.

Figure 19 : Tableau récapitulatif du traitement des MIH

2.5. Endodontie

Les différentes propriétés des lasers peuvent être exploitées dans le traitement des pathologies pulpaires. Les lasers vont en effet être indiqués en endodontie dans le coiffage pulpaire direct, dans les pulpotomies et dans la désinfection canalaire avant obturation (62).

2.5.1. Coiffage pulpaire direct

Le coiffage pulpaire direct est un moyen de préserver la pulpe vivante en cas de pulpite réversible ou d'exposition pulpaire accidentelle. Il permet d'éviter un traitement endodontique pour une dent définitive. La préservation de la vitalité pulpaire permet le maintien de la solidité de la dent et donc sa longévité.

Le principe consiste à recréer un pont dentinaire grâce à un biomatériau placé au contact du tissu pulpaire. La technique conventionnelle consiste à placer un matériau bioactif au contact de la plaie. L'hydroxyde de calcium est en effet le matériau de référence depuis de nombreuses années. Cependant de nouveaux biomatériaux peuvent aussi être utilisés tel que le Mineral Trioxide Aggregate (MTA) et la Biodentine® (40).

Différents types de lasers peuvent également être utilisés pour maintenir la vitalité pulpaire grâce à leurs propriétés de désinfection et de coagulation. Les premiers à avoir été étudiés sont les lasers Nd:YAG en 1997 puis les laser CO2 en 1998. Plus récemment, les lasers Er,Cr:YSGG et Er:YAG ont été comparés à la technique conventionnelle en 2006 et 2007.

L'étude *in vivo* de Santucci de 1997 est réalisée sur 83 patients, 29 ont eu un coiffage pulpaire direct à l'hydroxyde de calcium et 64 ont eu une application du laser Nd:YAG pour la coagulation et directement un ciment verre ionomère Vitrebond comme matériau d'obturation.

A 6 mois, le taux de réussite rapporté est de 90% pour le traitement au laser couplé à un ciment verre ionomère contre 76% pour l'hydroxyde de calcium (65).

L'étude *in vivo* de Moritz et coll. en 1998 est réalisée sur 100 patients. Elle montre qu'une application d'un laser CO2 puis une application d'hydroxyde de calcium à des résultats de 89% et 93% de réussite à un et deux ans contre un taux de réussite de 66% avec l'hydroxyde de calcium seul. Le laser CO2 va avoir un effet uniquement thermique sur les premiers 100 µm de tissu pulpaire (46).

L'étude *in vivo* d'Olivi et Genovese en 2007 compare les résultats des lasers Er,Cr : YSGG associé à de l'hydroxyde de calcium, les lasers Er : YAG associé à de l'hydroxyde de calcium et la technique conventionnelle à l'hydroxyde de calcium seul. Les résultats montrent un taux de réussite de 80 % pour le laser Er,Cr:YSGG, de 75% pour le laser Er:YAG et de 63% pour la technique conventionnelle après 2 ans (50,51).

Protocole du coiffage pulpaire direct

- **Pas d'anesthésie locale sauf si douleurs**
- **Mise en place du champ opératoire**
- **Exérèse de la lésion carieuse au laser (Cf. 2.2.1.) ou avec des instruments rotatifs aboutissant à une exposition pulpaire**
- **Passage du laser :**
- **CO2 : alternance entre une irradiation à 1 W pendant 0,1 seconde et une période de relaxation tissulaire d'une seconde**
- **Nd : YAG : 1 W ; 10 Hz pendant 10 secondes**
- **Er : YAG : 20-40 mJ ; 10-15 Hz sans spray d'eau**
- **Er-Cr : YSGG : 0,5W ; 20 Hz sans spray d'eau**
- **Mise en place de l'hydroxyde de calcium au contact de la pulpe**
- **Restauration coronaire étanche**

Figure 20 : Protocole du coiffage pulpaire direct (56,62)

Coiffage pulpaire direct

Lasers utilisables : Laser Nd : YAG ; Laser CO2 ; Laser Er, Cr : YSGG ; Laser Er : YAG

Intérêt : Le laser aide à la formation du pont dentinaire et augmente significativement le taux de réussite du traitement.

Figure 21 : Tableau récapitulatif du coiffage pulpaire direct

2.5.2. Pulpotomie

La pulpotomie est l'ablation de la pulpe située dans la chambre pulpaire avec maintien de la vitalité de la pulpe radiculaire. C'est le traitement de choix de la dent temporaire vivante asymptomatique ou inflammatoire, présentant une lésion carieuse profonde afin de la maintenir le plus longtemps possible sur l'arcade (56).

Le succès de cette technique dépend de la formation d'un pont dentinaire au niveau des entrées canalaires, ce qui est possible grâce à une bonne coagulation et à la formation d'une dentine réactionnelle. La technique la plus ancienne utilise le formocresol avec de très bons résultats et un excellent recul clinique. Mais la toxicité supposée de ce produit a entraîné la recherche de nouvelles techniques, tels que l'utilisation des lasers (56).

Des études *in vivo* sur les différents types de lasers ont été réalisées ; elles concernent uniquement les dents temporaires :

En 1985, EBIHARA a analysé les effets du laser Nd : YAG sur la cicatrisation des plaies suite à une amputation pulpaire sur 137 dent temporaires ; 68 ayant eu le traitement au laser, 69 ont eu un traitement au formocresol. Les résultats montrent que le laser permet une meilleure cicatrisation dans la première semaine par rapport au groupe contrôle traité au formocresol et une facilitation dans la formation du pont dentinaire entre la douzième et la quatorzième semaine (22,40).

En 1996, WILKERSON et coll. ont étudié les effets du laser Argon, sur 42 dents temporaires de porc, avec une analyse clinique radiologique et histologique et n'ont pas montré d'effets sur la pulpe (74).

En 1998, MORITZ et coll. ont montré que les lasers CO2 en mode pulsé permettent un maintien de la vitalité à 2 ans de 93 % contre 66,6% dans le groupe contrôle. L'étude a porté sur 260 dents temporaires, 130 traités au laser et 130 au formocresol (44).

En 2008, KOTLOW montre que les lasers Er : YAG ont des résultats cliniques et radiologiques comparables aux autres techniques dans la réalisation des pulpotomies sur 4000 dents temporaires (34).

Les lasers Laser Nd : YAG, CO2 et Er : YAG ont des résultats comparables voir supérieurs à la technique au formocresol dans le maintien de la vitalité pulpaire en permettant la formation d'un pont dentinaire et la décontamination de la chambre pulpaire avant obturation.

Protocole de réalisation de la pulpotomie au laser sur dent temporaire

- **Anesthésie locale**
- **Mise en place du champ opératoire**
- **Accès à la chambre pulpaire : de façon conventionnelle ou au laser.**
- **Éviction de la pulpe au laser :**
- **Laser Er : YAG : 100-120 mJ ; 1-1,8 W ; 10-15 HZ**
- **Laser Nd : YAG : 2 W ; 20 Hz ; 10 mJ**
- **Laser CO2 : 4 W**
- **Le laser est introduit dans la chambre 15-20 secondes si l'hémostase n'est pas complète ; le processus est répété (en général trois répétitions)**
- **Obturation de la chambre avec un eugénate modifié type Kalsogen, puis restauration coronaire étanche.**

Figure 22 : Protocole de la pulpotomie sur dent temporaire (56)

Pulpotomie

Lasers utilisables : Laser Nd : YAG ; Laser CO2 ; Laser Er : YAG

Intérêt : Les lasers permettent une amélioration significative du taux de réussite des pulpotomies sur dent temporaire par la formation d'un pont dentinaire et une meilleure cicatrisation. Ils permettent également une décontamination de la chambre pulpaire avant restauration.

Figure 23 : Tableau récapitulatif de la pulpotomie sur dent temporaire

2.5.3. Traitement endodontique

L'endodontie est une discipline difficile du fait de la complexité de l'anatomie canalaire, de l'accès aux canaux et de l'incapacité à éliminer les bactéries profondes. L'utilisation des lasers dans le traitement endodontique est étudiée depuis plus de 15 ans et montre de nombreux avantages par rapport au traitement conventionnel (27). Les lasers peuvent être utilisés dans différentes phases du traitement canalaire. On peut les utiliser pour la réalisation de la cavité d'accès, même si la méthode conventionnelle est moins longue et présente moins de risque de perforation. L'utilisation la plus courante va être pour la désinfection du canal (27).

Protocole du traitement canalaire

- **Anesthésie**
- **Mise en place du champ opératoire**
- **Préparation conventionnelle et une irrigation à l'hypochlorite**
- **Fibre optique placée au tiers apical du canal en présence d'hypochlorite ou d'eau oxygénée selon les protocoles.**
- **Mise en route du laser et remontée de façon hélicoïdale vers l'entrée canalaire avec les paramètres suivants :**
 - Le laser diode : 150 mJ ; 15 Hz**
 - Le laser Nd : YAP : 80-100 mJ ; 10 Hz**
 - Le laser Er : YAG 75 mJ, 15 Hz**
 - Le laser Er-Cr : YSGG 75mJ ; 50 Hz**
- **En mode pulsé, avec une fibre optique de 200 µm de diamètre**
- **Protocole est renouvelé trois fois en changeant à chaque passage la solution d'irrigation.**
- **Séchage des canaux**
- **Obturation canalaire et coronaire étanche.**

Figure 24 : Protocole du traitement endodontique (56)

Le laser permet un meilleur retrait de la boue dentinaire et une ouverture des tubulis et canaux accessoires, pour une élimination des bactéries et une obturation plus complète du système canalaire. Les micro-impulsions induites par le laser vont produire des ondes acoustiques assez fortes pour éliminer les bactéries en profondeur. Kouchi et coll. ont retrouvé des bactéries dans les tubulis jusqu'à 1000 µm de profondeur (37), et à des profondeurs de 800 µm pour E. faecalis selon Haapasalo et Ortavik (69). L'étude de Berrutti et al. a montré que l'hypochlorite de sodium a un effet sur 100 µm (7).

Une étude de Gordon et coll. sur le laser Er,Cr : YSGG montre que l'on a une élimination de 99,7 % des bactéries à 200 µm et de 94,1% à 1000 µm (26,27).

Traitement endodontique
Lasers utilisables : Laser diode ; Laser Nd : YAP ; Laser Er : YAG ; Laser Er-Cr : YSGG
Intérêt : Le traitement endodontique assisté par laser est indiqué dans chaque traitement canalaire, mais l'est en particulier dans les cas : <ul style="list-style-type: none">- d'infection- de retraitement avec parodontite apicale- de résorption interne ou externe- d'inconfort post traitement prolongé et inexplicé.
Les contre-indications à l'utilisation du laser sont : <ul style="list-style-type: none">- une parodontite avancée- une fracture corono-radulaire profonde- la présence d'un canal oblitéré

Figure 25 : Tableau récapitulatif du traitement endodontique (27)

2.6. Traitement des sensibilités dentinaires

L'hypersensibilité dentinaire se manifeste par une douleur vive et aiguë induite par des stimuli thermiques ou mécaniques. Sa prévalence est relativement élevée, de l'ordre de 15 à 57% de la population. C'est un motif de consultation fréquent chez les patients de 20 à 40 ans mais l'hypersensibilité touche également des patients plus jeunes. Les douleurs sont provoquées par un mouvement des fluides contenus dans les tubulis dentinaires et la thérapeutique va chercher à fermer ces tubulis (59).

Protocole du traitement des sensibilités par le laser Nd : YAG

- **Nettoyage et séchage de la surface à traiter**
- **Application directement au contact de la dentine douloureuse selon les paramètres suivants :**
 - **entre 100 et 200 mJ,**
 - **entre 10 et 20 Hz,**
 - **durée d'impulsion de 250 µs.**
- **Durée d'application d'environ deux fois 60 secondes, variable en fonction :**
 - **des dents traitées,**
 - **de la proximité pulpaire.**
- **Contrôle du changement d'état de surface pendant l'application du laser**
- **On doit entendre des claquements doux et observer des petits points lumineux sur la surface de la dent.**

Les tubulis vont être fermés par une dentine remaniée en surface, cette dentine remaniée a durci et résistera mieux aux futures abrasions et attaques chimiques.

Figure 26 : Protocole du traitement des sensibilités dentinaires (8)

Le traitement par laser est un protocole simple. Il est également stable dans le temps contrairement aux vernis fluorés qu'il faut appliquer plusieurs fois. L'action porte sur la dentine par fermeture des tubulis (8). L'action du laser Nd : YAG se porte également sur la dépolarisation des fibres nerveuses A δ et C, entraînant alors une augmentation du seuil de nociception (56).

Les lasers CO2 sont les premiers à avoir été étudiés. En 1998 Moritz et coll. ont réalisé une étude *in vivo* avec un taux de réussite de 50 à 96%, mais les lasers CO2 ont ensuite été exclus à cause des dommages qu'ils provoquaient sur les tissus durs. Des analyses ont montré la présence de fissures au niveau de la dentine (45).

Les lasers Nd : YAP et Er-Cr : YSGG ont été peu étudiés à cause de leurs faibles résultats, ils ne sont donc pas recommandés pour cette indication (59).

Les lasers Nd : YAG ont des résultats bien meilleurs avec une action sur la fermeture des tubulis dentinaires ainsi qu'une action sur les fibres A δ et C. Le taux de réussite est compris entre 51 et 100% selon les auteurs (8,56).

Les lasers Er : YAG ont des résultats légèrement inférieurs avec un taux de réussite de 57 à 59 % lors de l'utilisation du laser seul et de 61% lors d'une utilisation couplée à un gel fluoré, mais ils provoquent légèrement moins de dommages pulpaire que le Nd : YAG. Ces deux lasers ont un effet thérapeutique acceptable (8).

Sensibilités dentinaires

Lasers utilisables : Laser Nd : YAG ; Laser Er : YAG

Intérêt : Le traitement des sensibilités dentinaires par laser est un procédé simple à réaliser et est stable dans le temps contrairement à l'application de vernis fluoré.

Figure 27 : Tableau récapitulatif du traitement des sensibilités dentinaires

3. UTILISATION EN ODONTOLOGIE PÉDIATRIQUE AU NIVEAU DES TISSUS MOUS

Les lasers sont utilisés au niveau des tissus mous pour leurs propriétés biostimulantes et leurs capacités à couper les tissus à la manière d'un bistouri. Les lasers ont une utilisation simple et sûre et présentent de nombreux avantages par rapport à l'utilisation d'un bistouri. En effet les lasers permettent de se passer dans la plupart des cas d'anesthésie. Ils permettent une hémostase et diminuent des douleurs post opératoires. Ces éléments sont très intéressants en odontologie pédiatrique pour faciliter les soins et améliorer la confiance du patient (60).

3.1. Traitements par photobiostimulation

La photobiostimulation ou Low Level Laser Therapy permet d'accélérer le remaniement osseux et de diminuer l'inflammation et les douleurs. Les lasers utilisés sont des lasers diode et CO2 à basse énergie (Cf. 1.1.2.1.).

3.1.1. Orthodontie

La LLLT est utilisée en orthodontie pour la diminution des douleurs et l'accélération des mouvements dentaires (60).

Réduction des douleurs (60)

Des douleurs dentaires à la pression et à la mastication sont présentes pendant l'application des forces orthodontiques. Les douleurs commencent quelques heures après l'application et diminuent à partir de 24 heures jusqu'à cinq jours. Elles sont variables suivant le traitement mais entraînent des modifications des habitudes alimentaires et il a été démontré que l'inconfort pendant le traitement peut donner un mauvais ressenti du traitement. En diminuant ces douleurs les patients auront une meilleure qualité de vie et une meilleure coopération dans le suivi des recommandations.

Les douleurs seraient provoquées par une modification du flux sanguin dans le ligament alvéolo-dentaire ce qui provoque des zones d'ischémie. On retrouve également la production de médiateurs de l'inflammation tels que les prostaglandines et la substance P qui stimulent les nocicepteurs.

Des études ont montré l'efficacité de la réduction des douleurs par LLLT :

- Lim et coll. en 1995 utilisent un laser diode de 830 nm et 30 mW. Il y a eu une seule application qui a duré 30 secondes par dent en lingual et vestibulaire. Les résultats montrent une diminution significative des douleurs par rapport au placebo (39).
- Harazaki et coll. en 1997 utilisent un laser hélium néon de 632,8 nm et 6 mW. Il y a eu une seule application qui a duré 30 secondes par dent en lingual et vestibulaire. Les résultats ne montrent pas de réduction de l'inconfort mais présentent un retard dans l'apparition des douleurs (29).
- Turhani et coll. en 2006 utilisent un laser diode de 670 nm et 75 mW. Il y a eu une seule application qui a duré 30 secondes par arcade en lingual et vestibulaire. Les résultats montrent une réduction de la douleur 6 heures et 30 heures après l'application (71).
- Youssef et coll. en 2008 utilisent un laser diode de 809 nm et 100 mW. Quatre applications ont été réalisées à J0, J3, J7 et J14. Les résultats montrent une réduction des douleurs (76).
- Tortamano et coll. en 2009 utilisent un laser diode de 830 nm et 30 mW. Il y a eu une seule application de 2,5 J/cm², 20 secondes par dent en lingual et vestibulaire. Les résultats montrent une réduction de la durée et de l'intensité des douleurs (70).

Les auteurs utilisent des durées d'application, une intensité, une fréquence variable avec des lasers différents, il n'y a pas de consensus sur l'utilisation de la LLLT (60).

Accélération des mouvements (60)

Les mouvements orthodontiques vont être provoqués par l'application d'une force sur les dents. Cela entraîne un étirement du ligament d'un côté et l'écrasement du ligament de l'autre ce qui provoque des modifications de la vascularisation et déclenche la sécrétion de médiateurs tels que les prostaglandines, les interleukines. Les médiateurs entraînent une activation des cellules osseuses qui vont permettre la résorption osseuse dans le sens de l'application de la force et une apposition du côté opposé. Différents lasers peuvent être utilisés, dans les études on retrouve principalement le laser diode mais le laser hélium néon peut également être employé.

Plusieurs études ont montré l'accélération des mouvements dentaires en utilisant des lasers :

- Seifi et coll. en 2007 ont étudié l'accélération des mouvements sur des dents de rats avec un laser diode de 850 nm, 3min par jour à 8,1J/cm² et 630 nm 5min par jour à 27J/cm². Les résultats montrent une différence significative dans les mouvements dentaires entre le groupe contrôle et les deux groupes ayant eu une application de laser mais pas de différence significative entre les deux groupes irradiés (66).
- Cruz et Coll en 2004 ont fait leur étude sur des patients jeunes de 12 à 18 ans avec un laser diode de 780 nm, 10 secondes par dent, 4 jours par mois à 20mW et 5J/cm². Les résultats montrent une accélération significative des mouvements par rapport au groupe contrôle (21).
- Youssef et coll. en 2008 ont utilisé un laser diode à 809 nm 20 secondes par dent à 100 mW et 8J sur des patients de 14 à 23 ans et montrent également une accélération significative des mouvements (76).

Comme pour la réduction des douleurs de nombreux protocoles peuvent être utilisés mais les résultats montrent que l'utilisation de la LLLT pour l'accélération des mouvements est possible.

Protocole d'utilisation de la LLLT en orthodontie avec un laser diode

- **émission constante**
- **longueur d'onde 830 nm**
- **30 mW**
- **énergie de 2,5 J par centimètre carré**
- **durée d'application de 30 secondes par dent ce qui met entre 32 et 37 minutes pour l'ensemble des arcades**
- **L'application se fait au niveau vestibulaire et lingual des dents par un mouvement de balayage sur une hauteur allant de la jonction émail-cément au fond du vestibule.**

Figure 28 : Protocole d'application des lasers en orthodontie pour la réduction des douleurs et l'accélération des mouvement (60)

orthodontie

Lasers utilisables : laser diode ; laser hélium néon

Intérêts : En orthodontie l'intérêt des lasers est l'accélération des mouvements dentaires et la diminution des douleurs ce qui permet de gagner en temps et en confort pour le patient.

Figure 29 : Tableau récapitulatif de l'orthodontie

3.1.2. Lésions traumatiques

Les traumatismes dentaires sont une urgence fréquente chez l'enfant en particulier sur les dents antérieures maxillaires. Il existe différents facteurs de risque en particulier le sexe. Les statistiques montrent que les garçons ont une fois et demie plus de risque que les filles. Il y a également l'âge qui entre en compte. Berkowitz et coll. ont déterminé trois périodes à risque dans la vie. La première se situe entre 1 et 3 ans, la seconde entre 7 et 10 ans et la dernière entre 16 et 18 ans (4).

Le laser va avoir un intérêt dans les traumatismes afin de restaurer la dent en maintenant la vitalité pulpaire ainsi que dans la prise en charge des tissus environnants.

En cas de fracture coronaire sans exposition pulpaire les lasers Er : YAG, Er,Cr : YSGG et Nd : YAG vont permettre de préparer la dent à recevoir un composite (Cf. 2.2.1.). En cas d'exposition pulpaire, les lasers CO2, Nd : YAG, Er,Cr : YSGG et Er : YAG vont servir à l'hémostase, à la décontamination afin de permettre un coiffage pulpaire direct. (Cf. 2.3.1.).

Les lasers Diode, Nd : YAG, Er : YAG et CO2 vont également servir à la prise en charge des tissus mous environnants tels que la gencive, les lèvres, la joue afin d'éviter la réalisation de sutures.

Les indications des lasers au niveau des tissus environnants vont donc être (53) :

- L'hémostase, s'il y a une blessure profonde ou un défaut de coagulation du patient.
- Une gingivectomie s'il faut éliminer un fragment dentaire.
- La décontamination de l'alvéole en cas d'avulsion traumatique.

L'effet biostimulant et antalgique qui va permettre d'accélérer la cicatrisation en diminuant les douleurs au niveau des tissus mous mais également en cas de fracture alvéolaire ou d'une base osseuse. Le laser permet donc d'améliorer le confort du patient en évitant les sutures dans certains cas et en diminuant les douleurs (53).

Lésions traumatiques

Lasers utilisables : Laser Er : YAG ; Laser Diode ; Laser Nd : YAG ; Laser Nd : YAP ; Laser CO2 ; Laser Hélium-Néon

Intérêt : Différents lasers peuvent avoir un intérêt dans le traitement des traumatismes selon l'indication :

- Préparation dent fracturée : Er : YAG / Er,Cr : YSGG / Nd : YAG
- Hémostase : Diode / Nd : YAG / Nd : YAP
- Gingivectomie : Diode / Nd : YAG / Er : YAG / CO2
- Biostimulation : Diode / Hélium-Néon

Figure 30 : Tableau récapitulatif des lésions traumatiques

3.1.3. Photobiostimulation des lésions herpétiques

Une primo infection herpétique est l'une des lésions les plus douloureuses que l'enfant peut développer. Le traitement de cette lésion va se faire avec un laser Er : YAG (voir 3.2.2.2.) mais la photobiostimulation de la lésion par un laser diode peut être un complément afin d'accélérer la cicatrisation et réduire l'inconfort (35).

Protocole de traitement des lésions herpétiques par photobiostimulation

- Utilisation d'un laser diode à 880 nm
- Application pendant 3 minutes au niveau des lésions.
- Il est parfois nécessaire de faire plusieurs irradiations durant les 24 à 48 heures suivantes, mais 48 heures après l'enfant n'a plus de douleurs

Figure 31 : protocole de photobiostimulation des lésions herpétiques (35)

3.1.4. Prévention des mucites chez les patients cancéreux

La mucite est une lésion de la muqueuse buccale provoquée par la chimiothérapie et la radiothérapie. Cet effet secondaire du traitement contre le cancer entraîne des douleurs pouvant provoquer des difficultés pour boire, manger ou déglutir et peuvent entraîner de sévères infections. Le traitement classique des mucites va être sous forme de bains de bouche à base bicarbonates et d'aspirine ainsi que l'application de xylocaïne en gel ou en spray pour faciliter l'alimentation. Les surinfections sont traitées par antifongiques, antiseptiques ou antibiotiques (12).

Il a récemment été découvert que l'application d'un laser CO2 de basse énergie peut favoriser la guérison des plaies afin de réduire la durée et la gravité des mucites (12).

Protocole de prévention des mucites par laser CO2

- **Application sur la muqueuse avec une fluence comprise entre 2 et 5 J/cm².**
- **Pendant 2 à 5 minutes suivant la sévérité des lésions.**
- **Deux semaines avant les traitements oncologiques pour diminuer ou retarder l'apparition des mucites ou après apparition.**

Figure 32 : Protocole prévention des mucites par laser (12)

Des études ont été faites afin de déterminer si les lasers avaient un réel impact sur la prévention des mucites mais les résultats divergent selon les études :

- L'étude de Kuhn et coll. de 2009 montre l'efficacité du traitement par LLLT dans la prise en charge des mucites (38).
- L'étude d'Adar Ben-Amy en 2010 ne montre pas de différence significative entre les sites traités et les sites non traités (3).

Il n'y a pas encore assez d'études pour appliquer ce traitement systématiquement aux patients en pédiatrie (3,38).

Prévention des mucites

Laser utilisable : Laser CO2

Intérêts : Les lasers CO2 vont permettre la prévention des mucites si l'application se fait avant la mise en place des traitements oncologiques mais vont également aider à la guérison de lésions établies.

Des études sont encore à réaliser afin d'établir une réelle amélioration du confort des patients.

Figure 33 : tableau récapitulatif de la prévention des mucites

3.2. Traitements par effet photothermique

Les lasers utilisent l'effet photothermique pour la coupe des tissus mous ce qui amène de nombreux avantages. Le remplacement du bistouri par les lasers permet en effet de limiter l'anesthésie à une anesthésie de contact chez les plus jeunes mais cela implique l'utilisation de laser de basse énergie (80mJ/pulse). Une anesthésie par infiltration permet l'augmentation de l'énergie jusqu'à 300mJ/ pulse. Les lasers rendent la procédure plus simple et rapide et améliorent le confort post opératoire grâce à l'absence de suture et une meilleure cicatrisation (2).

3.2.1. Freinectomies

La freinectomie est une technique de chirurgie plastique parodontale qui consiste en l'élimination partielle d'un frein. Les freins concernés sont les freins médians vestibulaires maxillaires et mandibulaires, le frein médian lingual et les freins vestibulaires latéraux (11).

En odontologie pédiatrique la freinectomie va principalement être pratiquée pour des raisons biomécaniques dans le cadre d'un traitement orthodontiques, pour libérer la langue si le frein lingual est trop court et pour des raisons parodontales pour éviter ou traiter une récession gingivale.

Un frein lingual médian maxillaire important est souvent lié à la persistance d'un diastème entre les incisives centrales maxillaires. Deux théories existent, l'une explique que c'est la présence du frein qui entraîne le diastème, l'autre que c'est le diastème qui entraîne la présence du frein. Dans les deux cas la thérapeutique est la freinectomie associée à la fermeture du diastème (2,13).

La technique conventionnelle de la freinectomie du frein médian vestibulaire maxillaire commence par une anesthésie puis à l'aide d'un bistouri (lame 15) on va réaliser la plastie. La plastie peut se faire en V ou en Z, la technique en V est plus sûre mais entraîne plus de cicatrices alors que la plastie en Z est plus délicate mais provoque moins de cicatrices. Ensuite sont réalisées les sutures et éventuellement la mise en place d'un pansement parodontal (11).

La freinectomie est une des applications les plus courantes des lasers du fait de sa simplicité et du peu de suite opératoire qu'elle entraîne. Elle est réalisée avec les lasers diode, CO₂, Nd : YAG ou Er : YAG.

Protocole de réalisation d'une freinectomie du frein médian vestibulaire maxillaire

- **Anesthésie de contact ou par infiltration selon l'énergie**
- **La lèvre est tractée pour permettre une meilleure observation de l'insertion du frein**
- **Laser placé en contact de la gencive**
- **Le tissu éliminé est épongé avec une compresse humide**
- **Dissection jusqu'aux fibres musculaires sous-jacentes**
- **Pas de sutures**
- **Peu de suite opératoire**

Différents lasers peuvent être utilisés, les principaux sont :

- **Le laser diode en mode continu de 1,2-2 W**
- **Le laser CO₂ en mode continu de 2-4 W**
- **Le laser Nd :YAG en mode pulsé à 10-20 Hz ; 1,5-2 W**
- **Le laser Er : YAG en mode pulsé à 300 mJ/pulses et 15 Hz**

Figure 34 : Protocole de la freinectomie (14,56)

Freinectomie

Lasers utilisables : Laser CO₂ ; Laser diode ; Laser Er : YAG ; Laser Nd : YAG

Intérêts : Les avantages du laser pour la réalisation de freinectomie sont :

- **Pas de saignement donc une meilleure visibilité**
- **Pas de pansement parodontal**
- **Une meilleure cicatrisation**
- **Rapidité**
- **Possibilité de se limiter à une anesthésie de contact chez le jeune patient**

Figure 35 : Tableau Récapitulatif de la freinectomie

3.2.2. Traitement des pathologies orales bénignes

Il existe peu de littérature sur le traitement des pathologies orales chez l'enfant traitées au laser mais les études faites chez l'adulte ont montré de nombreux avantages cliniques dans le traitement au laser. Le type de laser utilisé va dépendre du type de tissu traité, par exemple les lasers diode et Nd : YAG ont une meilleure absorption par l'hémoglobine que le laser Er : YAG et vont donc être préférés pour le traitement des lésions vasculaires (56).

3.2.2.1. Tumeurs bénignes et kystes

Les principales tumeurs bénignes et kystes que l'on retrouve chez les enfants sont le papillome, le fibrome, l'hémangiome, le kyste mucocele, le kyste éruptif et le kyste dentigère (56).

Papillome

C'est une tumeur épithéliale bénigne asymptomatique le plus souvent, il est souvent pédiculé et a un aspect en chou-fleur (56). Son exérèse est recommandée s'il provoque des douleurs. Elle doit être complétée par un examen anatomopathologique pour confirmer le diagnostic. Du fait de la teneur en eau du papillome l'utilisation du laser erbium et CO2 est recommandée pour l'exérèse de ce type de lésion. Le laser diode peut également être utilisé (56).

Fibrome

Le fibrome est une tumeur bénigne de type nodulaire recouverte d'un épithélium d'aspect normal (56). Elle est bien délimitée, parfois pédiculée et ne provoque pas de douleur. Son exérèse est complétée d'un examen anatomopathologique. Les lasers erbium et CO2 sont les lasers les mieux adaptés à ce type de lésion ; le laser diode peut également être utilisé (56).

Protocole de traitement des papillomes et fibromes

- **Le plus souvent pas d'anesthésie**
- **Excision selon les paramètres suivants :**
 - Laser CO2 : 3 W en mode continu**
 - Laser Er :YAG et Er,Cr : YSGG : 1.2-1.5 W à 20 Hz sous spray d'eau**
 - Laser diode : 1.2-1.5 W en mode continu**
- **La tumeur bénigne est coupée à la base et un examen anatomopathologique est demandé**

Figure 36 : Protocole de traitement des papillomes et fibromes (56)

Hémangiome

C'est une tumeur bénigne provoquée par une prolifération de cellules endothéliales (56). Elle apparaît dans les 3 à 8 mois après la naissance et se résorbe entre 3 et 10 ans. Il peut entraîner des séquelles plus ou moins inesthétiques. Il touche la langue ou les lèvres et peut entraîner des douleurs et des saignements. L'utilisation d'un laser diode est conseillée du fait de ses propriétés hémostatiques ainsi que le laser KTP (2,56).

Protocole de traitement de l'hémangiome

- **Le plus souvent pas d'anesthésie**
- **Irradiation selon les paramètres suivants :**
 - Laser diode : 3-4 W en mode continu**
 - Laser KTP : 0.8-1 W en mode continu**
- **Application autour des limites de la lésion sans contact (environ 1cm de distance) pendant quelques secondes**
- **Cela entraine une déshydratation de la lésion qui devient blanche en 10 - 15 jours**
- **Généralement une application est suffisante ; pour les lésions plus grandes il faut parfois deux ou trois applications**

Figure 37 : Protocole de traitement de l'hémangiome (2,56)

Kyste mucocèle ou kyste mucoïde

C'est une lésion bénigne fréquente chez l'enfant qui se développe au niveau des glandes salivaires accessoires. C'est une lésion arrondie, indolore qui peut avoir un diamètre de quelques millimètres à 2 cm. La grenouillette est un kyste du même type qui se développe au niveau du plancher buccal. Si la lésion ne se résorbe pas spontanément une exérèse est indiquée. Les lasers Er,Cr : YSGG ou CO2 sont les plus adaptés pour l'exérèse de ce type de lésion, les lasers Er :YAG et diode peuvent également être utilisés (56).

Protocole de traitement d'un kyste mucocèle

- **Anesthésie locale**
- **Exérèse du kyste selon les paramètres suivants :**
 - Laser CO2 : 3 W en mode continu**
 - Laser Er :YAG et Er,Cr : YSGG : 1.2-1.5 W à 20 Hz sous spray d'eau**
- **Laser diode : 1.2-1.8 W en mode continu**
- **L'exérèse du kyste doit être complète pour éviter le risque de récurrence**

Figure 38 : Protocole de traitement d'un kyste mucocèle (56)

Kyste éruptif

C'est un kyste bénin localisé au niveau de la muqueuse avant l'éruption d'une dent. Il est indiqué d'intervenir que s'il est douloureux, qu'il saigne ou qu'il s'infecte, dans la plupart des cas il se résorbe tout seul. La prise en charge au laser consiste à faire une incision sur la partie occlusale du kyste avec un laser erbium en faisant attention à ne pas abimer la dent en éruption. Les lasers diode et CO2 peuvent également être utilisés (56)

Protocole de traitement d'un kyste éruptif

- **Pas d'anesthésie**
- **Incision sur la partie occlusale du kyste selon les paramètres suivants :**
 - Laser Erbium : 1 W, 20Hz**
 - Laser diode : 1.5-1.8 W en mode continu**
 - Laser CO2 3 : W en mode continu**

Figure 39 : Protocole de traitement d'un kyste éruptif (56)

Kyste dentigère

Ce kyste est associé à la couronne d'une dent en éruption. Il forme une zone radioclaire autour de la dent causale et peut entraîner une tuméfaction. Il peut résorber l'os cortical et les racines des dents adjacentes. Son exérèse va se faire à l'aide d'un laser erbium. Il faudra inciser la gencive, réaliser l'ostéotomie pour accéder au kyste et nettoyer la cavité osseuse. Pour cela on réglerà le laser lors des différentes étapes en fonction de chaque tissu (56).

3.2.2.2. Ulcères

Les lésions ulcéreuses peuvent avoir une origine mécanique, chimique, virale ou due à une baisse de l'immunité. L'herpès labial et les aphtes sont les lésions ulcéreuses les plus fréquentes chez les enfants ; elles peuvent être traitées au laser (56).

Herpès

C'est une lésion que l'on retrouve le plus souvent au niveau des lèvres provoquée par le virus HSV 1. La lésion commence par des démangeaisons et un léger œdème puis se forme des vésicules transparentes qui finissent par éclater. Les vésicules laissent alors place à des plaies douloureuses qui vont former des croûtes en se desséchant puis disparaissent en quelques jours (35,56).

Le traitement pharmacologique est la prescription d'antiviraux en crème ou per os de type acyclovir. C'est le traitement le plus courant, il permet de réduire au maximum la charge virale (56).

Le laser peut être utilisé pour accélérer la cicatrisation. L'irradiation pendant la phase de vésicule permet une évolution plus rapide vers la guérison en provoquant la déshydratation de la vésicule. Le laser utilisé est un laser Er : YAG sous spray, il faut donc utiliser une aspiration et porter un masque et des lunettes pour éviter toute contamination (figure 47) (56).

Protocole de traitement d'une lésion herpétique

- **Laser Er : YAG**
- **Énergie de 25 à 30 mJ**
- **Fréquence de 10 Hz sur les contours et 20 à 25 Hz au centre de la vésicule.**
- **Application se fait à 1cm de la vésicule jusqu'au blanchiment de la zone.**
- **Sous spray : aspiration, masque et lunettes indispensables.**

Figure 40 : Protocole de traitement d'une lésion herpétique (56)

La procédure est asymptomatique mais elle peut être combinée à un laser de basse intensité de type diode pour aider la biostimulation et l'analgésie (35,56)

Aphtes

L'aphte est un ulcère de la muqueuse buccale relativement fréquent chez les enfants et d'étiologie inconnue. Il a une forme arrondie avec un bord rouge et un fond blanc jaune. Les aphtes guérissent spontanément mais sont très douloureux. Le laser va permettre de faciliter la guérison et de stopper les douleurs (35).

Protocole de traitement d'un aphte

- **Laser Er : YAG**
- **15 et 35 Hz**
- **Application 1 mm autour de la lésion**
- **Pendant 15 secondes en faisant des mouvements circulaires**
- **La procédure peut être répétée 2 à 3 fois jusqu'à ce que le patient n'ait plus de sensation douloureuse et peut être répétée au bout de 24 heures.**

Figure 41 : Protocole de traitement d'un aphte (35)

3.2.3. Remodelage gingival

Les gingivectomies ou gingivoplasties sont une utilisation courante des lasers en particulier chez l'enfant car c'est une procédure rapide, fiable et sans saignement. Les gingivectomies les plus courantes chez l'enfant sont (35) :

- L'exérèse d'hyperplasies gingivales provoquées par exemple par un traitement orthodontiques.
- L'accès à une dent qui tarde à sortir dans le cadre d'un traitement orthodontique. L'intérêt dans ce cas est de positionner directement l'attache grâce à l'absence de saignement.
- La réalisation d'un distal wedge au niveau des dents de sagesse en éruption.

Protocole du remodelage gingival

- **Anesthésie non nécessaire pour les petites chirurgies, anesthésie par infiltration si besoin**
- **Application selon les paramètres suivants :**
 - Laser Diode : mode continu, 0,8 - 1,2 W**
 - Laser CO2 : mode continu, 3 W**
 - Laser Nd : YAG : mode pulsé, 1,2 - 1,5 W / 10 - 20 Hz / 100 - 150 µs**
 - Laser Erbium : mode pulsé, 1 W / 50 - 75 mJ / 10 - 20 Hz**

Figure 42 : Protocole du remodelage gingival (35)

pathologies orales bénignes et remodelage gingival

Lasers utilisables : Laser Er : YAG ; Laser CO2 ; Laser diode ; Laser Nd : YAG ; Laser Er,Cr : YSGG

Intérêts : Selon le type de lésion les lasers vont permettre un traitement rapide, sans douleurs des lésions muqueuses et vont en particulier limiter les saignements des lésions vasculaires.

Figure 43 : Tableau récapitulatif des pathologies orales bénignes et remodelage gingival

3.2.4. Traitement des problèmes d'hémostase

Les lasers ont d'excellentes propriétés hémostatiques ce qui leur permet d'être utilisés chez les patients ayant des troubles de l'hémostase. Ces troubles peuvent être innés comme les patients hémophiles et les porteurs de la maladie de Von Willebrand ou acquis chez les patients sous traitement antiagrégant plaquettaire ou anticoagulant. Chez ces patients, il est préférable d'utiliser les lasers afin de prévenir une hémorragie lors des interventions chirurgicales même bénignes. Les lasers vont également servir à arrêter une hémorragie lors d'un traumatisme par exemple (35).

Les protéines de l'hémoglobine vont être dénaturées par l'effet thermique des lasers, l'hémoglobine absorbe mieux certaines longueurs d'onde donc certains lasers permettront une meilleure hémostase. Le laser diode doit être utilisé en priorité mais les lasers CO2, Nd : YAG et Nd : YAP ont une bonne hémostase. Le laser Er : YAG ne permettra pas l'hémostase si son utilisation se fait avec le spray ce qui est indispensable pour ne pas léser les tissus. (35)

Hémostase
Lasers utilisables : Laser diode ; Laser CO2 ; Laser Nd : YAG ; Laser Nd : YAP ; Laser KTP
Intérêt : Les lasers vont induire une coagulation immédiate ce qui est intéressant pour la réalisation des chirurgies chez les patients ayant des troubles de l'hémostase que se soit en prévention du risque de saignement ou pour stopper une hémorragie.

Figure 44 : Tableau récapitulatif de l'hémostase

4. DISCUSSION

4.1. Tableau récapitulatif

Chaque laser permet un certain nombre d'applications, ce tableau résume les indications en odontologie pédiatrique pour chaque laser.

	C02	Diode	Er : YAG	Nd : YAG	Nd : YAP	Er, Cr : YSGG	Hélium néon	KTP
Renforcement de l'émail, Fluoration	X	X	X	X				
Scellement puits et fissures				X				
Préparation, élimination caries, etching			X	X		X		
Coiffage pulpaire direct	X		X	X		X		
Pulpotomie	X		X	X				
Endodontie		X	X		X	X		
Traitement des sensibilités dentinaires			X	X				
Orthodontie		X					X	
hémostase	X	X						X
Traitement des mucites	X							
Gingivectomies, freinectomies	X	X	X	X		X		X
Traitement des pathologies orales bénignes	X	X	X	X		X		

Figure 45 : Tableau récapitulatif des indications pour chaque laser

4.2. Désavantages et limites des lasers

Le point qui freine le plus l'utilisation des lasers est le coût lié à l'investissement du matériel et aux formations permettant une utilisation optimale. Il existe de nombreux types de lasers mais il n'y a pas de laser universel qui peut nous permettre de faire tous les soins. Il faut donc faire des choix dans l'utilisation que l'on va en faire.

Un autre frein à l'utilisation des lasers est le changement global de la manière de travailler. Même si l'utilisation des lasers est relativement intuitive, elle requiert des connaissances spécifiques dans le paramétrage des appareils et une certaine expérience en particulier pour le travail sans contact direct. Il faut une période d'apprentissage avant de commencer à travailler et d'être à l'aise en particulier sur les enfants.

L'un des autres aspects négatifs plus technique, est dans la divergence des études cliniques. Il existe de nombreuses études et les résultats sont très variables dans certain domaine. Il existe par exemple un grand nombre d'études qui analysent l'adhésion du composite après irradiation au laser avec les résultats contradictoires. Cela peut s'expliquer par la multitude de variables qui entrent en compte comme l'énergie du faisceau, la fréquence, le mode pulsé ou continu, etc. Cela entraîne une certaine confusion à la lecture des résultats et peut décourager l'utilisation des lasers dans certains domaines.

Il n'y a pas de contre-indication absolue à l'utilisation des lasers mais on va avoir quelques contre-indications relatives qui sont plus des mesures préventives par manque d'études (60) :

- L'utilisation de la LLLT dans les zones de tumeurs malignes supposées ou existantes n'est pas recommandée par manque de connaissance des effets que cela peut entraîner. La LLLT entraîne en effet une accélération de la multiplication de certaines cellules ce qui pourrait également être le cas dans les tumeurs malignes.
- L'utilisation de la LLLT est également à éviter chez les patients ayant des troubles de la coagulation à cause de son effet vasodilatateur et chez les patients ayant des photosensibilités.
- L'utilisation de lasers pulsés peut également déclencher des crises chez les patients épileptiques mais cela reste anecdotique.

4.3. Futur des lasers en odontologie pédiatrique

L'avenir des lasers en pratique quotidienne est encore incertain mais leur utilisation rentre pleinement dans les concepts de prévention et de micro-dentisterie. Les soins conservateurs sont de moins en moins délabrant grâce à l'évolution de concepts de préparation et des nouvelles technologies en particulier l'amélioration de l'adhésion.

Les lasers sont utilisés dans de nombreux domaines médicaux comme l'ophtalmologie ou la dermatologie mais ce n'est pas encore le cas en odontologie. Il est important d'évoluer pour rendre la profession plus agréable et améliorer la qualité des soins aux patients et le laser rentre pleinement dans cette idée. Le laser va nous aider à réaliser des soins plus facilement qu'avec des instruments rotatifs en particulier en odontologie pédiatrique ou la relation que l'on crée avec le patient est primordiale.

Malgré l'évolution lente des lasers, il est plus qu'envisageable que leur domaine d'application va s'étendre, la recherche montre des résultats très prometteurs dans de nombreux domaines. Ces améliorations passent par une miniaturisation du matériel et le développement de lasers multifonctions. Le choix des paramètres et le changement de longueur d'onde doit pouvoir se faire facilement pour ne pas perdre de temps pendant les soins.

CONCLUSION

Le champ d'utilisation des lasers en odontologie pédiatrique est vaste et présente un intérêt indéniable dans la prise en charge du jeune patient par rapport aux techniques conventionnelles. L'élimination de certains facteurs de stress tels que l'anesthésie ou le bruit des instruments ainsi que l'amélioration du diagnostic et du traitement de nombreuses pathologies est la force de cette nouvelle technologie.

Actuellement le nombre de lasers disponibles, l'investissement financier ainsi que l'investissement en temps de formation est un frein à leur développement. En effet il faut s'adapter à travailler avec un instrument sans contact mais également à effectuer les réglages selon l'usage. Le développement de la technologie permettra la création de lasers multifonctions et la mise en place de protocoles fiables pour que l'accès à tous les praticiens soit plus facile.

Un laser Diode peut permettre une première approche des lasers en étant un des lasers les moins chers et les moins encombrants, tout en ayant un nombre d'indications assez large. Le laser le plus polyvalent est le laser Er : YAG et peut donc être un investissement pour les praticiens voulant utiliser cet outil de manière plus importante au quotidien.

BIBLIOGRAPHIE

1. **APPEL C, MEISTER J, SCHMITT N et coll.**
Calcium solubility of dental enamel following sub-ablative Er:YAG and Er:YSGG laser irradiation in vitro.
Lasers Surg Med 2002 ; 30(5) : 337-41.
2. **AUGROS C, VOHA C, ROCCA JP, MAHLER P.**
Lasers et chirurgie orale.
Réal Clin 2012 ; 23(2) : 125-135.
3. **BEN AMY A, CHILDERS N, JARMAN T, BARASCH A.**
Efficacy of 640 nm diode laser treatment for prevention of oral mucositis in pediatric cancer patients.
L Laser Dent 2010 ; 18(2) : 59-60.
4. **BERKOWITZ R, LUDWIG S, JOHNSON R.**
Dental trauma in children and adolescents.
Clin Pediatr 1980 ; 19 : 166-71.
5. **BERTRAND MF, LUPI-P2GURIER L, DESCHODT-TOQUÉ D, ROCCA JP.**
Lasers et gestion de la maladie carieuse.
Réal Clin 2012 ; 23(2) : 95-104.
6. **BERTRAND, ROCCA**
Laser Er:YAG et odontologie restauratrice.
EMC STOMATOLOGIE 2005 ; 1(2) : 104-115.
7. **BERUTTI E, MARINI R, ANGERETTI A.**
Penetration ability of different irrigants into dentinal tubules.
J Endod 1997 ; 23 : 725-727.
8. **BIRANG R, POURSAMINI J, GUTKNECHT N et coll.**
Comparative evaluation of the effects of Nd : Yag And Er : Yag laser in dentin hypersensitivity treatment.
Lasers Med Sci 2007 ; 22 : 21-24.
9. **BIRARDI V, BOSSI L, DINOI C.**
Use of the Nd:YAG laser in the treatment of Early Childhood Caries.
Eur J Paediatr Dent 2004 ; 5(2) : 98-101.
10. **BOJ J.**
The future of Laser Pediatric Dentistry.
J Oral Laser Appl 2005 ; 5 : 173-377.

- 11. BORGHETTI A, MONNET-CORTI V.**
Freinectomie. Chirurgie plastique parodontale
Rueil Malmaison : CdP, 2008.
- 12. BOUVET-GERBETTAZ S, DAR COURT V, MERIGO E.**
La thérapie laser à basse énergie en odontologie.
Réal Clin 2012 ;(2) : 149-159.
- 13. BRUNETAUD JM, DECOMPS B, GRIESEMANN JC.**
Les applications thérapeutiques des lasers.
Phys Appl 1980 ; 15 : 1417-1426.
- 14. CALLEJAS G, JOSEPH C, DRIDI M et coll.**
La Freinectomie labiale maxillaire médiane.
Clinic 2013 ; 34 : 265-266.
- 15. CEBALLO L, TOLEDANO M, OSORIO R et coll.**
Bonding to Er-YAG-laser-treated dentin.
J Dent Res 2002 ; 81(2) : 119-22.
- 16. CEHRELI SB, GUNGOR HC, KARABULUT E.**
Er,Cr:YSGG laser pretreatment of primary teeth for bonded fissure sealant application: a quantitative microleakage study.
J Adhes Dent 2006 ; 8(6) : 381-6.
- 17. CHALA S, BOUAMARA R, ABDALLAOUI F.**
Les méthodes de diagnostic des lésions carieuses initiales.
Rev Odontostomatol 2004 ; 33 : 297-310.
- 18. CHAZA, KOUCHAJI.**
Comparison between a laser fluorescence device and visual examination in the detection of occlusal caries in children.
Saudi Dent J 2012 ; 24(3-4) : 169-174.
- 19. CORONA SA, BORSATTO MC, DIBB RG, RALOS RP, PECORA JD.**
Microleakage of a resin sealant after acid-etching, Er:YAG laser irradiation and air-abrasion of pits and fissures.
J Clin Laser Med Surg 2001; 19(2) : 83-7.
- 20. COURSON F, LANDRU MM.**
Scellements des puits et des fissures : pourquoi, quand et comment ?
Rev Odontostomatol 2003 ; 32 : 231-244.
- 21. CRUZ D, KOHARA E, RIBEIRO M, WETTER N.**
Effects of low-intensity laser therapy on the orthodontic movement velocity of human teeth: a preliminary study.
Lasers Surg Med 2004 ; 35 : 117-120.

22. EBIHARA.

Effects of Nd: YAG laser irradiation on the amputated pulp.
Jpn J Conserv Dent 1989 ; 32 : 1670-1684.

23. EKSTRAND KR, RICKETTS DN, KIDD EA.

Reproducibility and accuracy of three methods for assessment of demineralization depth of the occlusal surface. An in vitro examination.
Caries Res 1997 ; 31(3) : 224-31.

24. GAZELIUS B, OLGART L, EDWALL B, ADWALL L.

Non-invasive recording of blood flow in human dental pulp.
Endod Dent Traumatol 1986 ; 2(5) : 219-21.

25. GONZALES-RODRIGEZ A, DE DIOS LOPEZ-GONZALES J, DEL CASTILLO JDE D, VILLALBA-MORENO J.

Comparison of effects of diode laser and CO2 laser on human teeth and their usefulness in topical fluoridation.
Lasers Med Sci 2011 ; 26(3) : 317-24.

26. GORDON W, ATABAKHSH VA, MEZA F et coll.

The antimicrobial efficacy of the erbium,chromium:yttrium-scandium- gallium-garnet laser with radial emitting tips on root canal dentin walls infected with Enterococcus faecalis.
J Am Dent Assoc 2007 ; 138(7) : 992-1002.

27. GUTKNECHT Norbert

Lasers in Endodontics.
J Laser Health Acad 2008 ; 4(1) : 1-5.

28. HAUTE AUTORITÉ DE SANTÉ.

Appréciation du risque carieux et indications du scellement prophylactique des sillons des premières et deuxième molaires permanentes chez les sujets de moins de 18 ans. Novembre 2005.

http://www.has-santé.fr/portail/upload/docs/application/pdf/Puits_Sillons_recos.pdf

29. HARAZAKI M, ISSHIKI Y.

Soft laser irradiation effects on pain reduction in orthodontic treatment.
Bull Tokyo Dent Coll 1998 ; 39: 95-101.

30. HEMALATHA R, DIVYAMBIKA CV.

Lasers in pediatric dentistry.
Univ J Dent Sci 2011 ; 2(4) : 330-333.

- 31. HICKS J, FLAITZ R, WESTERMAN G, POWELL L.**
Primary tooth enamel surface topography with in vitro argon laser irradiation alone and combined fluoride and argon laser treatment: scanning electron microscopic study.
Pediatr Dent 2003 ; 25(5) : 491-6.
- 32. HINTZE H, WENZELA DANIELSEN B, NYVAD B.**
Reliability of visual examination, fibre optic transillumination, and bitewing radiography, and reproductibility of direct visual examination following tooth separation for the identification of cavitated carious lesions in contacting approximal surfaces.
Caries Res 1998 ; 32(3) : 204-9.
- 33. KAMAMI YV.**
Le laser en pratique médicale.
Paris : Masson, 1997.
- 34. KOTLOW L.**
Use of an Er : YAG Laser for Pulpotomies in Vital and Nonvital Primary Teeth.
J Laser Dent 2008 ; 16(2) : 75-76.
- 35. KOTLOW L.**
Lasers and Soft Tissue Treatments for Pediatric Dental Patient.
Alpha Omegan 2008 ; 101(3) : 140-51.
- 36. KOTLOW L, ALBANY.**
Photobiomodulating Lasers and Children's Dental Care.
J Laser Dent 2009 ; 17(3) : 125-130.
- 37. KOUCHI Y, NINOMIYA J, YASUDA H, FUKUI K, MORIYAMA T, OKAMOTO H.**
Location of streptococcus mutans in the dentinal tubules of open infected root canals.
J Dent Res 1980 ; 59 : 2038-2046.
- 38. KUHN A, PORTO FA, MIRAGLI P, BRUNETTE AL.**
Low-level infrared laser therapy in chemotherapy-induced oral mucositis: a randomized placebo-controlled trial in children.
J Pediatr Hematol Oncol 2009 ; 31(1) : 33-7.
- 39. LIM HM, LEW KKK, TAY DKL.**
A clinical investigation of the efficacy of low level laser therapy in reducing orthodontic post adjustment pain.
Am J Orthod Dentofac Orthop 1995 ; 108 : 614-22.
- 40. LIU J, CHEN L, CHAO S.**
Laser pulpotomy of primary teeth.
Pediatr Dent 1999 ; 21 : 2.

- 41. LUPI-PEGURIER L, BERTRAND MF, GENEVESE O et coll.**
Microleakage of resin-based sealants after Er:YAG laser conditioning.
Lasers Med Sci 2007 ; 22(3) : 183-8.
- 42. MARGOLIS F.**
Restoring Hypoplastic Enamel.
<http://www.fredmargolis.com/articles/restauration-hypoplastic-enamel.pdf>
- 43. MATSUMOTO K, KIMOURA Y.**
Laser Therapy Of Dentin Hypersensitivity.
J Oral Laser Appl 2007 ; 7 : 7-25.
- 44. MORITZ et Al.**
Advantages of a pulsed CO2 laser in direct pulp capping: a long-term in vivo study.
Lasers Surg Med 1998 ; 22 : 288-293.
- 45. MORITZ A, SCHOOP U, GOHARKHAY K, AOID M, REICHENBACH P, LOTHALLER M.**
Long-Term Effects Of Co2 Laser Irradiation On Treatment Of Hypersensitive Dental Necks: Results Of An In Vivo Study.
J Clin Laser Med Surg 1998 ; 16 : 211-215.
- 46. MORITZ A, SCHOOP U, GOHARKHAY K, SPERR W.**
The CO2 laser as an aid in direct pulp capping.
J Endod 1998 ; 24(4) : 248-51.
- 47. MUSSELWHITE J. KLITZMAN B. MAIXNER W. BURKES E.**
Laser doppler fluxometry : a clinical test of pulpal vitality.
Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod. 1997 ; 84(4) : 411-9.
- 48. NAMMOUR S, DEMORTIER G, FLORIO P et coll.**
Increase of enamel fluoride retention by low fluence argon laser in vivo.
Lasers Surg Med 2005 ; 36(3) : 220-4.
- 49. NAULIN-IFI C.**
Odontologie pédiatrique clinique.
Rueil Malmaison : CdP, 2011.
- 50. OLIVI G, GENEVESE MD.**
Laser restorative dentistry in children and adolescents.
Eur Arch Paediatr Dent 2011 ; 12(2) : 68-78.
- 51. OLIVI G, GENEVESE MD.**
Pulp capping: advantages of using laser technology.
Eur J Paediatr Dent 2007 ; 8(2) : 89-95.

- 52. OLIVI G, GENOVESE MD.**
Effect of Er:YAG Laser on Enamel : SEM Observations.
J Oral Laser Appl 2007 ; 7(1) : 27-35.
- 53. OLIVI G, GENOVESE MD, CAPRIOGLIO C.**
Pediatric laser assisted dentistry : a clinical approach.
Laser 2012 ; 2(1) : 8-15.
- 54. OLIVI G, GENOVESE MD, CAPRIOGLIO C.**
Evidence-based dentistry on laser paediatric dentistry: review and outlook.
Eur J Paediatr Dent 2009 ; 10(1) : 29-40.
- 55. OLIVI G, GENOVESE MD, MATURO P, DOCIMO R.**
Pulp capping: advantages of using laser technology.
Eur J Paediatr Dent 2007 ; 8(2) : 89-95.
- 56. OLIVI G, MARGOLIS F, GENOVESE MD.**
Pediatric Laser Dentistry a user's guide.
Hanover, Quintessence Publishing, 2011.
- 57. ORSTAVIK D, HAAPASALO M.**
Disinfection by endodontic irrigants and dressings of experimentally infected dentinal tubules.
Endod Dent Traumatol 1990 ; 6 : 124-149.
- 58. RECHMANN P, CHARLAND D, RECHMANN B, FEATERSTONE J.**
Performance of laser fluorescence devices and visual examination for the detection of occlusal caries in permanent molars.
J Biomed Opt 2012 ; 17(3) : 036006.
- 59. REY G, MISSIKA P.**
Les lasers et la chirurgie dentaire Innovation et stratégies cliniques.
Rueil Malmaison : CdP, 2010.
- 60. REZA F, KATAYOUN K, FARZANEH A, NIKOO T.**
Laser in orthodontics, principles in contemporary orthodontics.
Turin : Silvano Naretto, 2011.
- 61. ROCCA JP.**
Les lasers en odontologie.
Rueil Malmaison : CdP, 2008.
- 62. ROCCA JP, VOHA C, MEDIONI E, BRULAT-BOUCHARD N.**
Endodontie laser assistée.
Réal Clin 2012 ; 23(2) : 115-123.
- 63. ROSS G, ROSS A.**
Photobiostimulation : An Invaluable Tool for All Dental Specialties.
J Laser Dent 2009 ; 17(3) : 117-124.

64.ROY E.

Etude de la fluxmetrie laser Doppler dans la détermination de la vitalité pulpaire en odontologie.

Thèse : 3^e cycle Sci Odontol, Nantes, 2010.

65.SANTUCCI PJ.

Dycal versus Nd:YAG laser and Vitrebond for direct pulp capping in permanent teeth.

J Clin Laser Med Surg 1999 ; 17(2) : 69-75.

66.SEIFI M, SHAFEEI H, DANESHDOOST S, MIR M.

Effects of two types of low-level laser wave lengths (850 and 630 nm) on the orthodontic tooth movements in rabbits.

Laser Med Sci 2007; 22(4) : 261-264.

67.SEKA W, FREID D, FEATHERSTONE JDB.

Laser ablation of dental hard tissue : from explosive ablation to plasma-mediated ablation. Lasers in dentistry.

Proceed SPIE 1996 ; 2672 : 144-158.

68.SEREMID K, LAGOUVARDOS P, KAVYADIA K.

Comparative in vitro validation of VistaProof and DIAGNOdent pen for occlusal caries detection in permanent teeth.

Oper Dent 2012 ; 37(3) : 234-45.

69.SETIEN VJ, COBB DS, DENEHY GE, VARGAS MA.

Cavity preparation devices: effect on microleakage of Class V resin-based composite restorations.

Am J Dent 2001 ; 14(3) : 157-62.

70.TORTAMANO A, LENZI DC, HADDAD AC, BOTTINO MC, DOMINGUEZ GC, VIGORITO JW.

Low-level laser therapy for pain caused by placement of the first orthodontic archwire: a randomized clinical trial.

Am J Orthod Dentofac Orthop 2009 ; 136 : 662-667.

71.TURHANI D, SCHERIAU M, KAPRAL D, BENESCH T, JONKE E, BANTLEON HP.

Pain relief by single low-level laser irradiation in orthodontic patients undergoing fixed appliance therapy.

Am J Orthod Dentofac Orthop 2006 ; 130 : 371-377.

72.VIRAJSILP V, THEARMONTREE A, PAIBOONWARACHAT D, ARYATAWONG S.

Comparison of Proximal Caries Detection in Primary Teeth Between Laser Fluorescence and Bitewing Radiography.

Pediatr Dent 2005 ; 27(6) : 493-499.

73.WEERHEIJM KL, JALEVIK B, ALALUUSUA S.

Molar-incisor hypomineralisation.

Caries Res 2001 ; 35(5) : 390-1.

74. WILKERSON MK, HILL SD, ARCORIA CJ.

Effects of the argon laser on primary tooth pulpotomies in swine.
J Clin Laser Med Surg 1996 ; 14(1) : 37-42.

75. WYATT A.

Deep Caries Removal, Bacterial Decontamination, Composite Preparation,
Beleving and Etching Using an Er : YAG Laser.
J Laser Dent 2007 ; 15(1) : 24-27.

76. YOUSSEF M, ASHKAR S, HAMADE E, GUTKNECHT N, LAMPERT F, MIR M.

The effect of low-level laser therapy during orthodontic movement: a preliminary
study.
Lasers Med Sci 2008 ; 23 : 27-33.

ANNEXES



Annexe 1 : Laser Erbium Yag Pluser® (<http://www.kaelux.com>)



Annexe 2 : Laser Er,Cr : YSGG WATERLASE (<http://www.biolase.com>)



Annexe 3 : Laser Diode Wiser (<http://www.hightechlaser.com>)



Annexe 4 : Diobeam 830 Laser pour biostimulation (<http://www.hightechlaser.com>)



Annexe 5 : Periflux System 5000 pour la Fluxmétrie laser Doppler (64)



Annexe 6 : Genius Nd : YAG Laser (<http://www.hightechlaser.com>)



Annexe 7 : Laser Nd : YAP (<http://www.hightechlaser.com>)



Annexe 8 : Laser Smart US20 D (<http://www.hightechlaser.com>)



Annexe 9 : Laser Hélium Néon (<http://www.marketplace.idexop.com>)



Annexe 10 : Smartlite KTP Laser (<http://www.hightechlaser.com>)



Annexe 11 : DIAGNOdent® pen 2190 (<http://www.Kavo.com>)

UNIVERSITE DE NANTES
UNITÉ DE FORMATION ET DE RECHERCHE D'ODONTOLOGIE

Vu le Président du Jury,



Pr Assem SOUEIDAN
Chef de département
de Parodontologie

Vu et permis d'imprimer

Vu le Doyen,



Y. AMOURIQ

BARANGER Matthieu : Laser et odontologie pédiatrique. 81 f. ; Fig. ; Tabl. ; 76 ref. ; 30 cm. (Thèse : Chir. Dent. ; Nantes ; 2015)

RESUME

Les lasers présentent un intérêt particulier en odontologie pédiatrique du fait de leurs propriétés. Ils permettent en effet d'optimiser les principes de préservation tissulaire et diminuent le bruit, les douleurs et donc l'inconfort du jeune patient.
De nombreux type de laser existent. Une synthèse de leurs utilisations au niveau des tissus durs et des tissus mous en pratique quotidienne chez l'enfant est présentée.

RUBRIQUE DE CLASSEMENT : Pédodontie

MOTS CLES MESH

Pédodontie – Pediatric dentistry
Diagnostic – Diagnosis
Thérapie laser – Laser therapy
Thérapie laser de basse puissance – Laser Therapy low level

JURY

Président : Monsieur le Professeur Assem SOUEIDAN
Directeur : Madame le Docteur Serena LOPEZ CAZAUX
Assesseur : Madame le Docteur Sylvie DAJEAN TRUTAUD
Assesseur : Monsieur le Docteur Zahi BADRAN
Assesseur : Madame le Docteur Isabelle HYON

ADRESSE DE L'AUTEUR

1 chemin de Montfort – 85270 Saint Hilaire de Riez
matthieu.barange@gmail.com