

RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR ET DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE

N^o

UNIVERSITÉ SAAD DAHLAB - BLIDA 1 -

Faculté de Médecine

Département de Médecine Dentaire



**Mémoire de fin d'études en vue de l'obtention du Diplôme de Docteur en Médecine
dentaire Thème :**

**L'UTILISATION DES LASERS EN
ODONTOLOGIE**

Présenté et soutenu publiquement le :

14 juillet 2022

Par:

- | | |
|----------------|--------------------|
| - AID Amel | - BENSALÉM Bouchra |
| - AROUN Sarah | - OMRANE Soumia |
| - BENRAMI Amel | - TIZAR Meroua |

Promotrice : Dr. S. BOUAKKAZ

Devant le jury composé de :

- | | |
|-----------------------------|-------------------------------|
| - Présidente : Pr. Z. HADJI | - Examinatrice : Dr. A. ZAIDI |
|-----------------------------|-------------------------------|

Année Universitaire : 2021-2022

Remerciements

En préambule de ce mémoire nous remercions Allah le tout puissant et miséricordieux qui nous a donné la force et la patience d'accomplir

ce

Modeste travail.

Nous adressons nos sincères remerciements à :

Notre promotrice :

Dr.S. Bouakkaz

*Maître assistante au service d'odontologie conservatrice et
endodontie .*

Nos remerciements les plus chaleureux vont à notre promotrice de nous avoir encadré, aidé et orienté, et pour son assistance, ses disponibilités et ses encouragements, nous sommes très heureuses d'exprimer notre profonde gratitude pour tous ses efforts qui nous ont permis de Structurer et améliorer ce travail.

Un grand Merci à vous Dr, sans votre aide et le temps que vous nous avez consacré, ce mémoire n'aurait jamais vu le jour, veuillez accepter L'expression de notre plus haute considération.

Remerciements

À notre présidente du jury :

Pr.Z. HADJI

Professeur au service d'odontologie conservatrice et endodontie

Nous vous remercions pour l'honneur que vous nous faites en acceptant la présidence de ce jury.

Nous avons apprécié votre implication en clinique à travers votre passion pour l'odontologie conservatrice. Votre disponibilité, efficacité et professionnalisme nous ont permis d'acquérir des bases solides en odontologie conservatrice et endodontie.

Veillez trouver dans ce travail l'assurance de notre très vive reconnaissance et de notre sincère admiration.

À notre examinatrice :

Dr.A. ZAIDI

Maitre assistante au service d'odontologie conservatrice et endodontie

Nous vous remercions très sincèrement pour l'intérêt porté à cette thèse.

Nous vous remercions pour votre disponibilité et vos qualités d'omnipraticien.

Vous nous avez guidé pour s'insérer dans la vie professionnelle dans les meilleures conditions possibles. C'est un honneur de bénéficier de votre expertise.

Veille trouver dans ce travail toute l'expression de notre gratitude.

Dédicace

En tout premier lieu, je remercie le bon Dieu, tout puissant, de m'avoir donné la force pour survivre, et qui m'a permis de voir ce jour tant attendu

*À mon très cher père **Maamar***

Tu as toujours été pour moi un exemple du père respectueux, honnête, de la personne méticuleuse, je tiens à honorer l'homme que tu es.

Grâce à toi papa j'ai appris le sens du travail et de la responsabilité. Aucune dédicace ne saurait exprimer l'amour, l'estime et le respect que j'ai toujours eu pour toi. Je t'aime papa et j'implore le tout-puissant pour qu'il t'accorde une bonne santé et une vie longue et heureuse.

*À ma très cher maman **Karima samet***

La plus belle créature que Dieu a créée sur terre, A la source de tendresse, Je voudrais te remercier pour ton amour, ta générosité, ta compréhension Ton soutien fut une lumière dans tout mon parcours. Ce modeste travail est le fruit de tous les sacrifices que tu as déployés Pour mon éducation et ma formation merci de m'avoir aidé à ranger mon éternel désordre, je t'aime. Puisse Dieu, tout puissant vous combler de santé, de bonheur et vous procurer une longue vie.

*À mes chers frères **Abdesslam, Abdelkader, Mouhamed***

Je trouve en vous le conseil du frère et le soutien de l'ami. Merci pour vos précieux soutien, vos encouragements tout au long de mes années d'étude je vous aime.

*À mes adorable sœurs **Meriem et Aicha,***

Ces quelques lignes, ne sauraient traduire le profond amour que je vous porte.

*À Dr. **Belhadi**, merci de m'avez fait confiance en me permettant de m'insérer dans la vie professionnelle dans les meilleures conditions possibles*

*À l'équipe de l'Epsp Bouarfa : **Dr.Benarbia ,Dr.Mouloud ,Dr. Ouelid hakem ,Dr.Drieche,***

Dr.Selami,Dr.Douzan

*À ma binôme **BENRAMI AMEL**, Merci pour les moments inoubliables qu'on a passé ensemble, merci d'être toujours là ma, binôme je te souhaite tous le bonheur et sucée du monde*

*À mes chères amies **Imane, Hadjar, Bouchra, Amira,***

Vous êtes pour moi des sœurs et des amies sur qui je peux compter je vous dédie ce travail et je vous souhaite une vie pleine de santé et de bonheur et réussite

*À mes collègues de mémoire **Amel, Bouchra, Meroua, Amel, Soumia.***

À mes amies dentistes, promo 2016, qui ont rendu ces études extraordinaires.

Sarah AROUN

Dédicace

Je saisis l'occasion pour offrir des dédicaces et remercier :

ALLAH tout d'abord de m'avoir donné la santé, le courage et la patience pour mener à terme ma formation.

Mes très chères parents « Mohamed et F. Zahraa », quoi que je dise ou je fasse j'arriverais jamais à vous remercier comme il se doit, vous avez toujours été là pour moi

Mes très chères sœurs et frères qui m'ont soutenu durant les moments de doute et d'abandon, qui ont plus cru en moi.

À Hanan qui m'a guidée depuis le choix de cette spécialité, je te remercie infiniment, toi et ton Marie Mohamed Laadjali et tes enfants Djojo et Belli.

À Imane et ses enfants Farouk, Wassim, Rassim et Mimi, je vous souhaite plain de bonheur dand la vie.

À Roufaïda qui était toujours à mes cotés, et son marie Aïssa et son fils Rahimo.

Mes amis « Rima Lattrache » et « Asmaa Tekline », pour les moments agréables que nous avons passés ensemble.

À ma princesse Wiaam.

À Sid Ali et Houssam.

Les chirurgiens-dentistes qu'ils m'a été permis de rencontre et aux côtés desquels j'ai appris et j'apprends tous les jours.

Mohamed Benali, l'ancien chef de service M.dentaire Blida, pour votre aide et disponibilité.

Sans oublier mon groupe de mémoire « Maroua, Soumia, Amel, Bouhra, Sara » et tous mes camarades de la promotion M. Dentaire 2016-2022 Blida pour tous les moments de joie et de peine partagés ensemble.

Amel AID

Dédicace

الحمد لله الذي تتم بفضله الصالحات

Je remercie Dieu, le tout miséricordieux et le tout puissant d'avoir me donné la patience et la force pour accomplir ce mémoire.

Je dédie ce modeste travail à :

Mes parents : Ma chère mère Malika TEBOUCHE et mon cher père Bentiba, qui me n'ont jamais cessé, de formuler des prières à mon égard, de me soutenir et de m'épauler pour que je puisse atteindre mes objectifs. Un grand merci à vous, je vous aime.

Mon mari : Monsieur ACI, Merci de m'avoir aidé et de m'avoir supporté tout le temps, que dieu te protège mon trésor.

Mes frères et sœurs : Mohamed, Khadidja, Hadjer, Hayet, Abdenour, et ma princesse Marwa, à tous les moments d'enfance passés avec vous, en gage de ma profonde estime pour l'aide que vous m'avez apporté.

Mes neveux et nièces : Mes anges, même si on ne se voit pas aussi souvent que je le voudrais et que je ne suis pas présente à tous les moments importants de votre vie, sachez que j'ai toujours une pensée pour vous et que l'amour que je vous porte sera toujours fort.

Que dieu vous bénisse.

Dr. Mellak, pour avoir partagé sa passion contagieuse pour ce métier, ses connaissances et son expérience, un grand merci à vous Dr, vous êtes l'exemple.

Ma binôme Sarah AROUN, pour sa entente et sa sympathie et pour tout ce que j'ai passée avec toi ces années.

Sans oublier mon groupe de mémoire : Bouhra, Meroua, Amel, Soumia, Sarah, une appréciation particulière d'avoir contribué à ce modeste travail à vos côtés.

Amel BENRAMI

Dédicace

Au nom du DIEU clément et miséricordieux et que le salut de DIEU soit sur son prophète

MOHAMED

Je dédie ce modeste travail aux personnes qui me sont les plus chères :

*A La lumière de ma vie qui a autant sacrifié pour me voir atteindre ce
jour À ma chère mère.*

*A Mon père. En reconnaissance de tout ce qu'il a fait pour moi toute ma vie. Pour son
soutien moral, son encourage et pour sa compréhension.*

*Merci pour tout l'effort et les soutiens qui m'a toujours apporté et l'amour que vous me
portez*

Merci d'être mes parents.

A Mes chers frères Oussama, Ifyes et Anas.

A mon cher oncle Guattaf Benalia « Hanoun ».

A toute ma famille et à toutes les personnes qu'ils me connaissent.

A Ma chère amie Khadidja Boulanouar.

A mes camarades et ses familles pour lesquels je souhaite une vie pleine de joie et de réussite.

*Je remercie enfin tous ceux qui m'ont aidé de près ou de loin dans l'accomplissement de ce
travail.*

Soumia OMRANE

Dédicace

À l'aide de Dieu, le tout puissant, ce travail est achevé ; je le dédie à toutes les personnes qui me sont chères :

À celle qui m'a arrosé de tendresse et d'espoirs, à la source d'amour qui m'a bénie par ces prières... ma mère SALIMA

À mon support dans ma vie, qui a travaillé si dur pour moi, m'a appris, m'a supporté et m'a dirigé vers la gloire ... mon père FATAH

Vous m'avez encouragé, soutenu tout au long de ce parcours compliqué et laborieux qui m'a permis de le mener à bien jusqu'à ce titre de médecin-dentiste que je vous dois en grande partie.

Vous pouvez être fiers de vous en tant que parents et fier de ma réussite.

Je vous dédie cette thèse en signe de ma reconnaissance. Je vous aime !

À mes chères sœurs HADIL et SIRINE Merci pour votre soutien quotidien, pour tous ces moments de bonheur que nous avons partagés ensemble. Je suis fière d'avoir des sœurs comme vous.

À la plus douce fille du monde, ma petite princesse MARIA. Que dieu te protège

À la personne qui a été toujours à mes côtés, mon partenaire de vie et mon meilleur ami...Mr BEN HELIMA ... En effet, une page se tourne enfin et une nouvelle vie va commencer avec d'autres aventures, d'autres bonheurs que je serai aussi heureuse de partager avec toi

À mon groupe de mémoire : merci pour tous les bons souvenirs et les bons moments passés ensemble.

Merci à toutes et à tous.

Bouchra BENSALÉM

Dédicace

Merci mon DIEU de m'avoir donné le désir d'avancer et de surmonter tout obstacle, merci dieu de m'avoir donné la force de continuer et d'atteindre à ce stade et guidé sur le bon chemin de la lumière de la science et du savoir.

Je dédie ce travail

A mon cher papa MOHAMMED, pour son soutien et son affection. Merci pour tout, tout simplement. Je t'aime papa.

À ma chère maman HAFIDA YEZZLI, pour son amour et ses encouragements. Merci pour tout, tout simplement. Je t'aime maman.

À mon cher frère Yacine, merci mon cœur pour tout ce que tu as fait pour moi, merci de me rendre heureuse. Je t'aime mon frère.

Mes chères sœurs FATIMA, ZINEB et HAFSA, merci pour votre grande gentillesse, pour vos petits mots, qui sont pour moi de vrais cadeaux, merci pour votre altruisme. Je vous aime.

À mon grand père et ma grand-mère.

À ma chère tante Naima

À tous les membres de ma famille.

Au docteur FODIL AMINE, docteur BOUCETTA et docteur AHMED SERIR, Qui m'ont accompagné dans mes premiers pas en cabinet et m'épaulé encore actuellement.

A l'équipe de service de chirurgie dentaire de l'EPSB bouarfa en particulier : docteur OUELD HAKEM, CHETTAB, MOUFTI, MOULOUD, YASSA, DRIOUECH, ESSELAMI et SACI.

À tous mes collègues et amis.

À mon groupe de mémoire Amel, Sarah, Amel, Bouchra et Soumia

À tous ceux qui m'aiment.

Meroua TIZAR,

« Certes, il y'a des travaux pénibles ; mais la joie de la réussite n'a-t-elle pas à compenser nos douleurs ? »

Jean de la Bruyère.

TABLE DE MATIÈRES

INTRODUCTION	1
CHAPITRE I : LASER ; HISTORIQUES ET NOTIONS PHYSIQUES INDISPENSABLES	
1.1. Historique :	2
1.2. Caractéristiques, sources et propriétés de la lumière :	2
1.2.1. Propriété ondulatoire :	3
1.2.2. Propriété corpusculaire :	3
1.3. Comparaison entre la lumière ordinaire et le laser :	3
1.4. Principe de fonctionnement d'un laser :	4
1.4.1. Système de base d'un laser :	4
1.4.1.1. Milieu actif :	5
1.4.1.2. Système de pompage :	5
1.4.1.3. Cavité de résonance (cavité de Fabry-Perot ou amplificateur) :	5
1.4.2. Formation du rayon laser :	6
1.4.2.1. Rappel fondamentale :	6
1.4.2.1.1. Absorption :	6
1.4.2.1.2. Emission :	6
1.4.2.2. Rayon laser :	7
1.4.2.3. Caractéristiques spécifiques de la lumière laser :	7
1.4.2.4. Mode d'émission d'un laser :	8
1.5. Système de distribution :	8
1.6. Différents effets des lasers :	9
1.6.1. Effet mécanique (des lasers pulsés) :	9
1.6.2. Effet photo-ablatif :	9
1.6.3. Effet photo -thermique :	9
1.6.4. Effet photo chimique :	11
1.6.5. Effet biostimulant :	11
1.7. Classification des lasers :	11
1.8. Risques et moyens de protection :	11
1.8.1. Risques liés au faisceau laser lui-même :	11
1.8.2. Risques indépendants au faisceau laser :	13

1.8.3. Moyens de protection :	14
1.9.1. Classification selon leur application clinique :	16
1.9.1.1. Lasers chirurgicaux :	16
1.9.1.1.1. Laser CO ₂ :	16
1.9.1.1.2. Laser Nd : YAG :	16
1.9.1.1.3. Laser Nd : YAP :	16
1.9.1.1.4. Laser à argon :	17
1.9.1.1.5. Lasers de la famille erbium :	17
1.9.1.2.1. Laser Hélium-Néon :	18
1.9.1.2.2. Laser diode :	18
1.9.2. Classification selon la nature du milieu actif :	19
1.9.2.1. Laser à gaz :	19
1.9.2.1.1. Laser à argon : [27] [46] [48] :	19
1.9.2.1.2. Laser Hélium-Néon : [46] [48] :	20
1.9.2.1.3. Laser CO ₂ : [48] [49] :	21
1.9.2.2. Laser à solide :	22
1.9.2.2.1. Laser Nd: YAG : [46] [48] :	22
1.9.2.2.2. Laser Nd : YAP : [44] [46] [48] :	23
1.9.2.2.3. Laser Er :YAG : [27] [50] :	24
1.9.2.2.4. Laser Er ;Cr :YSGG : [51] [52] :	26
1.9.2.2.5. Laser KTP (Neodymium-Ytterium et Neodymium double en fréquence) :	27
1.9.2.3. Laser diode (à semi-conducteur) :	27
1.9.2.4. Lasers à liquide : [45] :	29
1.9.3. Particularités de ces différents lasers :	29
1.10. Indications et contre-indications des lasers :	30
1.10.1. Indications et utilisation des lasers : [45] [52] :	30
1.10.1.1. En odontologie conservatrice et endodontie :	30
1.10.1.1.1. Laser chirurgical :	30
1.10.1.1.2. Biostimulation (LLLT) et utilisation des « soft lasers » :	31
1.10.1.2. En odontologie pédiatrique : [53] :	32
1.10.2. Contre-indications :	33

1.11. Avantages et inconvénients des lasers :.....	34
1.11.1. Avantages des lasers :	34
1.11.2. Inconvénients des lasers :	34

CHAPITRE II : LASER EN ODONTOLOGIE CONSERVATRICE

2.1. Généralités :	35
2.1.1. Organe dentaire :	35
2.1.1.1. Anatomie de l'organe dentaire :	35
2.1.1.2. Généralités sur l'organe dentaire : [1]	35
2.2. Cariologie :.....	36
2.2.1. Définition de la carie :	36
2.2.2. Classifications cliniques des caries : [2].....	36
2.2.2.1. Classification de black :.....	37
2.2.2.2. Concept sista (site/stade) :.....	37
2.2.2.3. Classification ICDAS :	37
2.2.2.4. Classifications cliniques des caries radiculaires :	38
2.2.3. Difficultés de diagnostic des lésions débutantes avec les moyens de détection conventionnelle :.....	39
2.2.3.1. Inspection clinique :.....	39
2.2.3.2. Aides optiques :	39
2.2.3.3. Sondage :	40
2.2.3.4. Fil dentaire :.....	40
2.2.3.5. Élastiques séparateurs (séparation temporaire) :.....	40
2.2.3.6. Colorants révélateurs de caries :.....	40
2.2.3.7. Examen radiographique rétro-coronaire :	41
2.2.3.8. Radiographie numérique :.....	42
2.2.3.9. Transillumination :.....	42
2.2.3.10. Autres méthodes de diagnostic :.....	43
2.2.4. Nouvelles méthodes de diagnostic :	44
2.2.4.1. Fluorescence laser :.....	44
2.2.4.1.1. Fluorescence laser quantitative :	45
2.2.4.1.2. Fluorescence laser quantitative expérimentale avec marqueur DELF :.....	45

2.2.4.1.3. Caméra intra orales à fluorescence :.....	45
2.2.4.1.4. Fluorescence laser infra rouge (LE DIAGNODENT).....	46
2.2.5. Laser et vitalité pulpaire :.....	51
2.2.5.1. Tests de vitalité : [84].....	51
2.2.5.1.1. Tests thermiques :.....	51
2.2.5.1.2. Test électrique (Pulp tester) :.....	52
2.2.5.1.3. Test de sensibilité au fraisage (test dit de cavité) :.....	53
2.2.5.2. Fluxmétrie Laser Doppler : [68].....	53
2.3. Action du rayonnement laser sur les tissus dentaires :	57
2.3.1. Principes fondamentaux : [27]	57
2.3.1.1. Réflexion :.....	57
2.3.1.2. Transmission :.....	58
2.3.1.3. Diffusion :	58
2.3.1.4. Absorption :.....	58
2.3.2. Action sur l'émail :.....	58
2.3.2.1. Traitement par laser Erbium :	58
2.3.2.1.1. Laser Er : YAG :.....	59
2.3.2.1.2. Laser Er ; Cr : YSGG :	62
2.3.2.2. Laser CO2 :.....	62
2.3.2.3. Laser Nd:YAG :	64
2.3.2.4. Laser diode 980 nm :	64
2.3.2.5. Laser argon :.....	65
2.3.3. Action sur la dentine :.....	65
2.3.3.1. Effet du rayonnement laser CO2 :.....	65
2.3.3.2. Effet du rayonnement laser Nd ;YAG :	67
2.3.3.3. Effet du rayonnement laser Er : YAG : [11][27].....	67
2.3.3.4. Laser à Argon :.....	70
2.3.4. Action sur la pulpe :.....	70
2.3.4.1. Laser CO2 : [27]	70
2.3.4.1.1. Coiffage indirect :	70
2.3.4.1.2. Coiffage direct :	71

2.3.4.1.3. Effet du laser CO2 lors d'une amputation pulpaire partielle :	72
2.3.4.2. Laser Nd ;YAG :	72
2.3.5. Action sur le cément :	73
2.3.5.1. Effet du rayonnement laser argon : [25]	73
2.3.5.2. Effet du rayonnement laser CO2 :	73
2.4. Cas cliniques :	76
2.5. Laser et hypersensibilité dentaire :	77
2.5.1. Hypersensibilité dentinaire :	77
2.5.2. Mécanismes de transmission de la douleur dentinaire :	78
2.5.3. Prise en charge du patient :	79
2.5.3.1. Moyens d'évaluation : [37].....	80
2.5.3.2. Diagnostic positive :	81
2.5.3.3. Diagnostic différentiel :	81
2.5.3.4. Traitement	81
2.5.3.4.1. Traitement ambulatoire :	82
2.5.3.4.2. Traitement au fauteuil :	83
2.5.4. Traitement laser de l'hypersensibilité dentaire :	86
2.5.4.1. Low-output lasers (lasers de faible énergie) /LLLT :	86
2.5.4.1.1. Laser helium neon (He-Ne):	86
2.5.4.1.2. Laser gallium-aluminium-arsenide (GaAlAr) :	87
2.5.4.2. Middle output lasers (lasers d'énergie moyenne) :	89
2.5.4.2.1. Laser Er : YAG :	89
2.5.4.2.2. Laser Nd:YAG	90
2.5.4.2.3. Laser au CO2 (dioxyde de carbone) :	93
2.5.5. Efficacité de laser dans le traitement de l'HD :	94
2.5.6. Protocole :	96
2.5.7. Conclusion :	96
2.6. Laser et le collage :	98
2.6.1. Collage :	98
2.6.2. Collage amélo-dentinaire :	98
2.7. Laser et la photopolymérisation :	101

2.7.1. Photopolymérisation traditionnelle :	101
2.7.2. Photopolymérisation laser :	104
2.7.3. Méthode laser contre méthode traditionnelle :	105
2.8. Cas cliniques : [27]	105
2.9. Lasers et éclaircissement des dents :	107
2.9.1. L'éclaircissement dentaire.....	107
2.9.1.1. Généralités :	107
2.9.1.2. Techniques :	109
2.9.1.2.1. Eclaircissement externe:	109
2.9.1.2.2. Eclaircissement interne :	110
2.9.1.3. Indications :	110
2.9.1.4. Contre-indications :	110
2.9.1.5. Produits :	111
2.9.1.6. Risques :	111
2.9.2. Éclaircissement au laser :	112
2.9.3. CAS CLINIQUES :	115

CHAPITRE III : LASER EN ODONTOLOGIE PEDIATRIQUE

3.1. Généralité :	119
3.1.1. Particularités des dents temporaires:	120
3.1.2. Particularités des dents permanentes immatures :	120
3.2. Avantages de l'utilisation de laser en odontologie pédiatrique :	122
3.3. Démarche diagnostique :	123
3.3.1. Détection des lésions carieuses :	123
3.4. Laser et la prévention des lésions carieuses :	124
3.5. Laser et le scellement des sillons :	127
3.6. Traitement des lésions carieuses :	129
3.7. Laser et l'endodontie en odontologie pédiatrique :	138
3.7.1. Laser et coiffage pulpaire direct :	138
3.7.2. Laser et pulpotomie :	143
3.8. Utilisation de laser au niveau des tissus mous en odontologie pédiatrique :	145
3.8.1. Laser et les lésions traumatiques :	145

3.8.2.1. Kyste éruptif :	146
3.8.2.2. Kyste dentigère :	148

CHAPITRE IV: LASER ENDODONTIE

4.1. Généralités :	149
4.1.1. Traitement endodontique :	149
4.1.2. Retraitement endodontique :	151
4.1.3. Pourquoi le laser en endodontie : [45].....	153
4.1.4. Principaux lasers utilisés en endodontie :	154
4.2. Plateau technique : [48]	158
4.3. Endodontie laser assisté : [48].....	160
4.3.1. Préparation canalaire :	160
4.3.2. Obturation :	163
4.4. Retraitement endodontique par laser :	166
4.5. Décontamination et stérilisation du laser en endodontie : [74]	167
4.6. Cas cliniques : [74]	170
4.6.1. Traitement endodontique initial d'une prémolaire :	171
4.6.2. Traitement d'une nécrose pulpaire d'une prémolaire (F. Aujames) :	174
CONCLUSION	178

Liste des abréviations

Listes des figures

Liste des tableaux

BIBLIOGRAPHIIE

INTRODUCTION

Les lasers, exploités en médecine depuis de nombreuses années, ont le potentiel de révolutionner la médecine buccodentaire en complétant les thérapeutiques traditionnelles en omnipratique comme en spécialité. Les traitements buccodentaires assistés par laser présentent des avantages pour leur performance en termes de résultats cliniques ainsi que pour le confort qu'ils apportent au praticien comme au patient.

Les principaux effets photo-thermiques, photochimiques et photo-dynamiques de cette technologie sont responsables de la qualité de l'hémostase (immédiate), de l'accélération de la cicatrisation et de l'amélioration des suites opératoires (diminution des douleurs et œdèmes).

Le lecteur est invité à ne pas aborder les chapitres des applications cliniques sans avoir pris connaissance des bases physiques et des généralités scientifiques qui lui permettront une compréhension rapide et complète de l'intérêt des protocoles décrits dans les techniques « laser assistées ».

A travers ce mémoire nous pourrons nous familiariser avec les différents types de laser existant sur le marché ainsi que leurs indications cliniques, et plus particulièrement dans le domaine de l'odontologie restauratrice. Au terme de ce travail chacun pourra se faire sa propre opinion sur l'intérêt, les avantages et les inconvénients de l'utilisation du laser dans la pratique quotidienne de l'odontologiste.

Nous étudierons plus particulièrement l'action des lasers à solide sur les différents tissus de l'organe dentaire à savoir l'émail, la dentine, et le cément. A partir de cette étude, nous déduirons les avantages qu'apporte le laser lors du traitement de l'hypersensibilité dentinaire ainsi qu'à l'éclaircissement dentaire.

Le laser a apporté de nombreux avantages lors de la prise en charge des enfants, quant à l'amélioration de la prévention et aux traitements des lésions carieuses ainsi qu'à l'endodontie en Odontologie pédiatrique et de son utilisation sur les tissus mous.

En endodontie, la lasérothérapie implique toujours une charge supplémentaire, donc l'emploi du laser apporte des avantages dans la désinfection et le conditionnement du système canalaire.

De même, une chose importante doit être notée, à savoir le risque infectieux et l'entretien spécifique que nécessite un laser médical pour justifier sa place dans nos cabinets et nos blocs opératoires sans risque de rupture de la chaîne de stérilisation rigoureusement mise en place.



CHAPITRE I : LASER ;
HISTORIQUES ET NOTIONS
PHYSIQUES INDISPENSABLES



1.1. Historique :

Le mot laser est un acronyme anglosaxon signifiant : « *Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation* » c'est-à-dire : amplification de lumière par émission stimulée de radiation. Il est défini comme un appareil produisant un rayonnement électromagnétique amplifié par émission stimulée.

En 1917, Albert Einstein décrit pour la première fois le processus d'émission stimulée de la lumière. Il démontre que si un atome déjà excité par une première absorption d'énergie, absorbe une énergie supplémentaire. Il passe à un niveau d'énergie très élevé mais très instable et restitue simultanément toute l'énergie absorbée en retournant à son état d'énergie stable initial.

En 1954, le physicien Alfred Kastler découvre le pompage optique, il s'agit d'une technique qui permet de modifier l'état des atomes grâce à une irradiation lumineuse polarisée. La lumière modifie l'énergie atomique et joue ainsi le rôle d'une pompe à atome qui excite le milieu actif du laser et provoque l'émission stimulée à l'intérieure de la cavité résonante.

En 1960, le premier laser est apparu ; crée par le physicien American Théodore Maiman. C'est une émission laser au moyen d'un cristal de rubis comme amplificateur. Maiman utilisa les travaux d'Albert Einstein sur l'absorption et l'émission de lumière (1917), ainsi que ceux d'Alfred Kastler sur le pompage optique (1954) pour obtenir son laser.

En suite au cours des années suivantes de nombreux autres types de lasers ont été inventés peu après le laser à rubis solide : le 1er laser à semi-conducteur (diode) en 1962, le 1er laser à CO₂ en 1964, puis l'apparition des lasers solides : le laser Yttrium Aluminium garnet dopé au néodyme (Nd:YAG) en 1973 , le laser Yttrium Aluminium granet dopé avec des ions erbium (Er:YAG) en 1980 , et après le laser Yttrium Aluminium pérovskite dopé au néodyme (Nd:YAP) en 1994 .

L'apparition et l'utilisation des lasers en médecine (notamment en chirurgie), et en dentisterie est très récente ; il devient un instrument nécessaire pour traiter un certain nombre de problèmes de santé.

1.2. Caractéristiques, sources et propriétés de la lumière :

La lumière correspond à un déplacement d'énergie sans transport de matière. C'est une onde dite électromagnétique qui peut se déplacer dans le vide de manière rectiligne dans un milieu transparent et homogène. La nature de la lumière est double, elle possède deux propriétés physiques : ondulatoire et corpusculaire.

1.2.1. Propriété ondulatoire :

La lumière possède une propriété physique dite ondulatoire, elle est constituée soit d'une seule radiation, c'est alors une lumière monochromatique ; ou bien de plusieurs radiations, c'est alors une lumière polychromatique.

Chaque radiation est caractérisée par une grandeur physique appelée longueur d'onde (λ) exprimée en mètre et on écrit : $\lambda = c / f$

Avec : λ = la longueur d'onde (en m)

C = vitesse de propagation d'onde
(m/s) f = fréquence d'onde (Hz ou m^{-1})

1.2.2. Propriété corpusculaire :

La lumière est composée de petits grains nommés "Photons". Le photon est un quantum d'énergie (petit paquet) associé au rayonnement électromagnétique et qui se comporte comme une particule élémentaire. Il peut interagir avec d'autres particules.

Un photon est caractérisé par :

Une masse nulle

Une charge nulle

Une vitesse de déplacement $c = 3 \times 10^8$ m/s

Une énergie E qui est proportionnelle à la fréquence f de l'onde et se calcule en Joule par la relation de Planck-Einstein : $E = h \times f$

Avec : h = la constante de Planck ($h = 6.63 \times 10^{-34}$ J/s)

f = la fréquence de l'onde électromagnétique (en Hz)

1.3. Comparaison entre la lumière ordinaire et le laser :

La lumière ordinaire et la lumière laser sont des ondes électromagnétiques donc les deux se déplacent avec la vitesse de la lumière dans le vide.

La principale différence entre la lumière ordinaire et la lumière laser est que la lumière ordinaire est constituée d'un mélange d'ondes électromagnétiques ayant différentes longueurs d'ondes c'est-à-dire polychromatique ; alors que la lumière laser est monochromatique qui couvre une gamme de fréquence très étroite.

Ainsi, la lumière laser possède des propriétés très importantes et uniques qui ne peuvent pas être vues dans la nature : c'est une émission stimulée, fortement directionnelle et cohérente ; alors que la lumière ordinaire est une émission spontanée, divergente et incohérente.



Figure (1.1) : comparaison entre la lumière ordinaire et la lumière laser

1.4. Principe de fonctionnement d'un laser :

Le laser est un type de source non-classique : il ne fonctionne pas, comme tous les systèmes d'électronique active (tubes à vide, transistors) au moyen d'interactions entre des champs électriques appliqués et des charges mobiles (les électrons). Il s'agit d'une émission stimulée.

1.4.1. Système de base d'un laser :

Tout laser doit être obligatoirement composé de trois éléments principaux :

Un milieu émetteur qui peut être un solide, un gaz, un liquide, etc. ;

Une source de pompage pour créer une inversion de population dans le milieu d'émission ;

Une cavité optique résonnante (cavité de Fabry-Perrot).

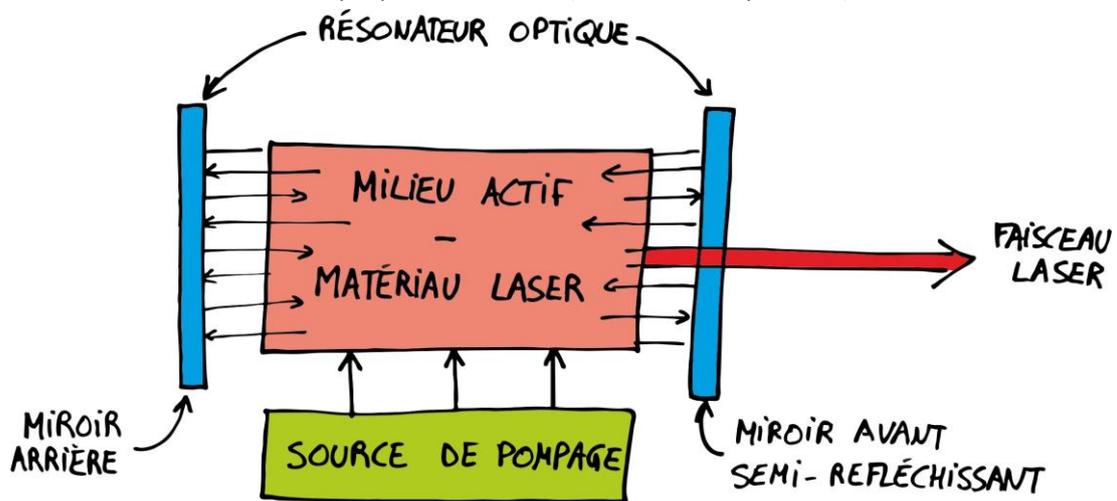


Figure (1.2) : différents composants d'une source de rayonnement laser

1.4.1.1. Milieu actif :

Peut-être :

Un solide (Nd : YAG , Er :YAG, rubis, etc...)

Un gaz (CO₂, Ar⁺, Krypton⁺, He-Ne, etc...)

Un liquide (colorants) Un semi-conducteur (diodes) Une fibre optique.

Le milieu actif est constitué de matière (réservoir d'électrons) que l'on va exciter. Il permet aussi de donner le type du laser car il définit la longueur d'onde des photons émis.

1.4.1.2. Système de pompage :

C'est la source d'énergie extérieure utilisée pour exciter les atomes dans le milieu actif. Il peut être : optique (pour les lasers à corps solides et les lasers colorants), électrique (pour les lasers diodes), ou chimique.

1.4.1.3. Cavité de résonance (cavité de Fabry-Perot ou amplificateur) :

Dont le but d'augmenter la densité de la lumière grâce au principe d'émission stimulée, les photons sont émis dans le milieu amplificateur entre deux miroirs plans ou sphériques, placés face à face et espacés d'une certaine distance, dont l'un est réfléchissant et l'autre est semi-transparent,

laissant passer les photons (de même phase, même fréquence, même direction et même couleur) par une ouverture, formant le faisceau laser.

1.4.2. Formation du rayon laser :

Comment ce forme un rayon laser ? Pour répondre à cette question, il faut d'abord expliquer les principes de bases de la physique quantique et connaître comment un atome va absorber, exciter, et émettre de l'énergie.

1.4.2.1. Rappel fondamentale :

1.4.2.1.1. Absorption :

L'énergie lumineuse incidente (photon) est absorbée par un atome cible dans un état d'énergie stable, cela provoquera le déplacement d'un électron de son état fondamental à un autre état d'énergie plus élevé. Cet état instable est appelé : état excité. [89]

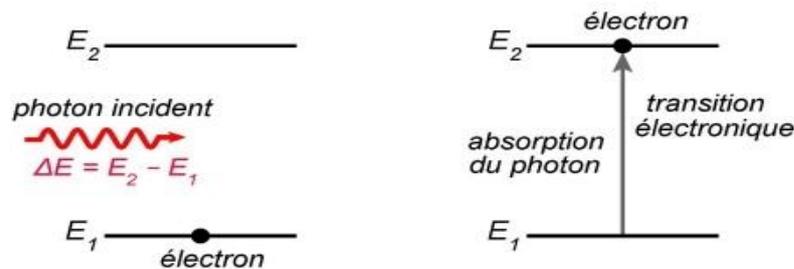


Figure (1.3) : Absorption d'un photon

1.4.2.1.2. Emission :

C'est le phénomène inverse de l'absorption. Il existe deux types d'émission : spontanée et stimulée.

On parle de l'émission spontanée lorsqu'un atome qui absorbe un photon, passe à un niveau d'énergie élevé (E_1) qui est très instable. L'atome va retourner spontanément à son état stable (E_0 , énergie faible) en émettant la même quantité d'énergie absorbée au départ.

Si un autre photon est absorbé par l'atome lorsqu'il est au niveau d'énergie élevé, cette situation sera très instable et l'atome retournera à son état d'énergie faible en émettant simultanément toutes les énergies absorbées : c'est l'émission stimulée.

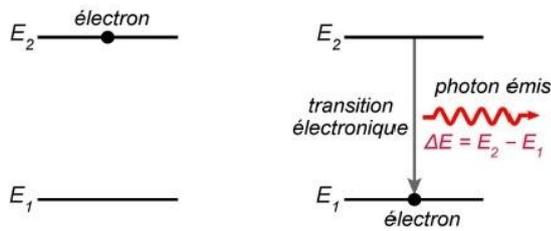


Figure (1.4) a : émission spontanée

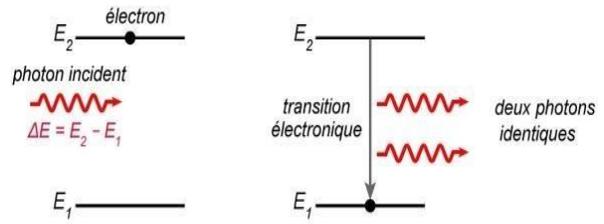


Figure (1.4) b : émission stimulée

1.4.2.2. Rayon laser :

Le principe de fonctionnement d'un laser est basé sur le processus qui permet de renforcer la lumière : c'est « l'émission stimulée ». Cependant pour obtenir un faisceau laser le phénomène doit être amplifié, et multiplié.

En premier lieu, le milieu actif qui est un cristal, gaz, ou liquide doit être excité par une source de pompage externe. Pour obtenir une amplification, on doit faire en sorte que le maximum d'atomes soient excités pour qu'ils puissent provoquer le maximum d'émissions stimulées car les atomes non-excités sont susceptibles de faire une absorption de photons qui va à l'encontre de l'amplification. On dit qu'il doit y avoir une inversion de population (il doit y avoir plus d'atomes excités qu'au repos). Une partie des atomes excités se désexcite provoquant un faible rayonnement de photons cohérents. Le rayonnement est réfléchi et est amplifié par un effet cascade, et ensuite oscille dans le milieu actif qui est placé entre deux miroirs (résonateur) installés parallèlement de chaque côté. L'un de ces miroirs est semi-réfléchissant qui permet d'émettre une faible quantité du rayonnement concentré vers l'extérieure du résonateur sous forme du rayon laser exploitable.

1.4.2.3. Caractéristiques spécifiques de la lumière laser :

Le laser est une source lumineuse possédant des propriétés particulières :

Monochromatisme : le laser est constitué de rayonnements ayant tous la même longueur d'onde, et donc la couleur du faisceau lumineux dépend du milieu laser utilisé et des caractéristiques du pompage optique. Exemple : pour le laser hélium-néon $\lambda = 632.8 \text{ nm}$.

[96]

Divergence très faible : la lumière laser est unidirectionnelle, elle possède un angle d'ouverture très faible (rectiligne) et se propage dans une seule direction.

Cohérence : la lumière laser est cohérente, ce qui signifie qu'il existe une relation fixe et constante entre les valeurs de phases (qui est la partie de la courbe dans laquelle l'onde est à un moment donné et dans une position donnée) du champ électrique à différents points

dans le temps (cohérence temporelle) ou dans l'espace (cohérence spatiale). Ceci est dû au fait que la lumière laser est produite par émission stimulée.

La puissance : (mesurée en watts W) La puissance des lasers est très variable, elle peut être faible (quelques mW) ou moyenne pour des lasers à fonctionnement continu (excités par une décharge électrique continue : DEC) ; et elle peut devenir très grande pour les lasers fonctionnant par impulsion (excités par des décharges électriques impulsionnelles : DEI), et atteindre 10^6 W voire 10^{15} W pendant des durées très brèves (10^{-12} s).

1.4.2.4. Mode d'émission d'un laser :

Un laser permet donc de fabriquer une très grande quantité de photons, dont l'intensité et la forme de faisceau de chaque tire peuvent être émis selon 03 modes :

- a. **Mode continu** : (produisant 1 à 10 watts) avec des durées d'impulsions allant des millisecondes aux secondes, le milieu actif est excité de manière continue par le système d'énergie extérieure. On retrouve ce mode dans certains lasers CO₂ et certains soft lasers. Il est peu utilisé en chirurgie.
- b. **Mode pulsé** : (en kilowatts) avec des impulsions allant de la milli à la microseconde. La puissance moyenne sera comparable à celle d'un laser continu, mais la puissance instantanée, plus élevée, aura un impact tissulaire plus important. C'est le mode le plus utilisé en chirurgie.
- c. **Mode déclenché ou Q-switched** : (Mégawatts) avec des durées d'impulsion de l'ordre de la nanoseconde. Un obturateur optique bloque le démarrage de l'émission stimulée. À la fin de l'impulsion de pompage, l'obturateur est ouvert, libérant l'énergie sur un temps très court. La puissance est très importante, pendant un minimum de temps, réduisant l'échauffement (de la température dans l'appareil). Ce mode est très utilisé dans les lasers Er : YAG et Er,Cr : YCCG pour limiter l'échauffement des tissus.

1.5. Système de distribution :

En fonction de la longueur d'onde émise, le système de distribution peut être une fibre optique de quartz, un guide d'ondes creux, un bras articulé (comportant des miroirs à l'intérieur) ou une pièce à main contenant l'unité laser (pour le moment, uniquement pour les lasers de faible puissance).

Les premières tentatives de production de systèmes de distribution reposaient sur

l'utilisation d'un appareil à miroir fixe et / ou à lentille. Il est vite apparu que l'utilisation d'un fin câble en fibre optique de silice et de quartz optimisait la faisabilité des lasers médicaux et dentaires pour atteindre leur site cible. Cependant, l'adéquation de ce système de distribution dépend de la faible absorption de la longueur d'onde d'émission par l'eau (groupes hydroxyle) présente dans la fibre de quartz. Par conséquent, des longueurs d'onde plus courtes telles que l'argon, les diodes et le Nd: YAG peuvent bénéficier d'une telle délivrance de fibre, alors que des longueurs d'onde plus longues (Er,Cr:YSGG, Er:YAG et dioxyde de carbone) entraînent des pertes de puissance importantes par le biais de la fibre de quartz. [89]

1.6. Différents effets des lasers :

Les applications thérapeutiques des lasers exploitent un certain nombre d'effets, en fonction de la qualité du rayonnement qui peuvent être produits par l'action d'un faisceau lumineux sur un tissu biologique cible.

On distingue usuellement 05 effets principaux :

1.6.1. Effet mécanique (des lasers pulsés) :

L'énergie est transportée par des impulsions lumineuses très brèves et courtes (de 10 à 100 ns) et des puissances de crête relativement élevées (10^7 à 10^{12} W/cm²) qui induisent la création d'un micro-plasma (état désordonné d'ions et d'électrons libres) au point de focalisation où la température et la pression sont très importantes. Il apparaît en conséquence une onde de choc acoustique capable de réaliser la rupture mécanique de la structure tissulaire (phénomène de cavitation).

1.6.2. Effet photo-ablatif :

Appelé aussi photo-décomposition ablatif est généralement obtenu avec des lasers fonctionnant en infrarouge assez lointain comme les lasers Erbium et CO₂, qu'ils auront d'excellents effets photo-ablatif et pourront facilement être utilisés au cours des actes chirurgicaux en médecine dentaire. Ces lasers ont une forte affinité pour l'eau de l'organisme c'est-à-dire plus le coefficient d'absorption (de la longueur d'onde du rayonnement laser dans l'eau) est élevé, plus le seuil d'ablation est bas.

1.6.3. Effet photo-thermique :

L'effet thermique des lasers sur les tissus biologiques est un processus complexe comprenant trois phénomènes principaux :

Une conversion de la lumière laser en chaleur ;

Un transfert de chaleur dans le tissu ;

Une réaction tissulaire dépendant à la température et la durée d'échauffement.

Cette interaction conduit à la dénaturation ou à la destruction d'un volume tissulaire. L'action thermique peut se résumer en trois actions principales en fonction du degré et du temps d'échauffement tissulaire :

- a. **Hyperthermie** : (de 40°- 44° pendant quelques minutes). La mort cellulaire est retardée par atteinte des processus enzymatiques.
- b. **La coagulation** : (de 50° –100° pendant une durée de l'ordre de la seconde). Nécrose irréversible sans destruction tissulaire immédiate. Cliniquement on observe une rétraction et une dessiccation des tissus, puis une détersion de la nécrose suivie de la cicatrisation. La coagulation est utilisée soit pour détruire de petits phénomènes tumoraux qui seront éliminés lors de la détersion, soit pour réaliser une hémostase.
- c. **La volatilisation** : (plus de 100° pendant quelques dixièmes de secondes). Perte de substance. On observe une zone de nécrose de coagulation au niveau des berges de la zone volatilisée (effet hémostatique).

Température	Changements histologiques
 45° C	Vasodilatation, dommage endothélial
 50° C	Disparition de l'activité enzymatique
 60° C	Dénaturation des protéines
 70° C	Dénaturations des collagènes, perméabilisation des membranes
 80° C	Carbonisation et nécrose tissulaire
 100° C	Déshydratation par vaporisation de l'eau
 >100°	Volatilisation des tissus

Tableau 1.1. : Action thermique de l'énergie laser sur les tissus mous [85]

1.6.4. Effet photo chimique :

Le principe est de marquer un tissu pathologique avec un photo-sensibilisant, et d'activer l'agent chimique par un rayonnement laser approprié, provoquant la nécrose du tissu (photothérapie dynamique).

1.6.5. Effet biostimulant :

C'est une thérapie avec un rayonnement laser à faible densité d'énergie qui stimule les processus de régénération des tissus (on parle de laser athermiques). [88]

Le laser peut induire une activation de la synthèse du collagène, une augmentation de la production d'ATP mitochondrial, une augmentation du nombre de fibroblastes et de macrophages. On obtient par conséquent un effet anti-inflammatoire et une réduction du temps de cicatrisation.

1.7. Classification des lasers :

Les lasers sont classés en 4 classes en fonction du danger qu'ils peuvent représenter pour l'être humain :

Classe 1 : les appareils sont sans danger quel que soit leur mode de fonctionnement ;

Classe 2 : les appareils sont de faible puissance, ils émettent dans le spectre visible. Le réflexe palpébral naturel est suffisant pour la protection de l'œil ;

Classe 3 : le rayonnement devient dangereux en vision directe mais pas en réflexion diffuse sous réserve d'être limité à 10 secondes ;

Classe 4 : elle comprend tous les lasers de haute puissance pour lesquels le risque oculaire existe en vision directe et en réflexion même diffuse. Le risque cutané existe également ;

Tous les lasers médicaux et chirurgicaux font partie de la classe 4. [85]

1.8. Risques et moyens de protection :

L'utilisation des lasers comporte deux types de risques : les risques liés au faisceau laser et les risques indépendants du faisceau (ou liés au dispositif).

1.8.1. Risques liés au faisceau laser lui-même :

Les risques liés au faisceau laser comprennent les brûlures oculaires et cutanées, qui résultent du reflet du faisceau sur le corps d'une personne.

Généralement les risques liés au faisceau laser sont dus aux causes suivantes :

- Exposition accidentelle des yeux au moment de l'alignement
- Mauvais alignement du faisceau laser
- Absence de protection oculaire
- Mauvais fonctionnement du matériel
- Mauvaise manipulation du système à haute tension
- Connaissance insuffisante du matériel utilisé
- Remise en état inadéquate du matériel après son entretien. [102]

○ Pour les yeux :

L'exposition à un rayonnement laser peut avoir des conséquences allant d'une simple fatigue visuelle (larmoiements, vision altérée, picotements et rougeurs oculaires...) et d'un effet d'éblouissement largement supérieur à celui provoqué par le soleil pouvant être à l'origine de troubles de l'attention et de la concentration favorisant la survenue d'accidents du travail jusqu'à la perte définitive de l'acuité visuelle.

Les risques oculaires diffèrent selon la longueur d'onde dans laquelle le rayonnement laser émis, la durée d'exposition ainsi que la répartition de cette exposition dans le temps (exposition continue ou pulsée).

Les lasers émettant dans le visible, c'est-à-dire des longueurs d'onde comprises entre 400 nm et 700 nm, sont moins dangereux car même si le rayonnement atteint la rétine, nous avons le réflexe de cligner des yeux en pas plus d'un quart de seconde. On appelle cela le réflexe palpébral.

Les rayons laser infrarouges (IR), qui pénètrent profondément dans l'œil, sont susceptibles d'occasionner des brûlures de la cornée en moins d'une seconde d'exposition sans protection, selon la puissance.

Les rayons laser de faible puissance émanant dans les ultraviolets B et C provoquent des lésions immédiates et douloureuses (photokératite et la photoconjonctivite) mais réversibles si le rayonnement est bloqué par la cornée. Les ultraviolets C, quant à eux, favorisent la formation d'une cataracte, opacification du cristallin, entraînant une déficience visuelle à long-terme.

[104] ○ Pour la peau :

Les rayonnements laser émanant dans l'infrarouge et le visible sont généralement moins dangereux pour la peau que les rayons UV. Attention toutefois certains

rayonnements laser émanant dans certaines longueurs d'onde de l'infrarouge produisent de l'énergie thermique qui peut provoquer d'importantes brûlures de la peau.

Une exposition prolongée aux rayonnements laser émanant dans l'ultraviolet sont responsables de nombreux problèmes cutanés allant du vieillissement prématuré de la peau jusqu'à des mutations cellulaires irréversibles pouvant provoquer des cancers de la peau. [104]

Longueur d'onde	Effets sur les yeux	Effets sur la peau
180 – 280 nm	Photokératite	Brûlure de type coup de soleil
280 – 315 nm		Vieillessement accéléré de la peau Figmentation persistante
315 – 400 nm	Cataracte due aux processus photochimiques	Figmentation persistante
400 – 780 nm	Blessures de la rétine Photochimiques et thermiques	Brûlures de la peau Réactions photosensible
780 – 1400 nm	Cataracte Brûlures de la rétine	Brûlures de la peau
1400 – 3000 nm	Brûlures de la cornée Accumulation de protéines dans l'humeur aqueuse. Cataracte infrarouge	
3000 – 10 ^E nm	Brûlures de la cornée	

Tableau 1.2. : Différents effets du laser sur les yeux et la peau selon la longueur d'onde du rayonnement exposé

1.8.2. Risques indépendants au faisceau laser :

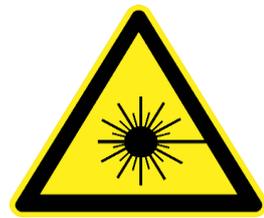
Les risques liés aux rayonnements laser sont les plus connus mais ce ne sont pas les seuls. Les dispositifs permettant de créer un laser sont tels qu'ils représentent également une source de risques électriques, mécaniques ou chimiques :

- **Risque électrique** : Le risque électrique est lié à la tension des systèmes lasers (condensateurs, haute tension...). Les effets biologiques peuvent être l'électrisation, les chocs électriques provoquant fibrillation cardiaque, arrêt respiratoire, brûlures liées aux courts circuits, l'électrocution.

- **Risque mécanique** : Les zones de passage, la présence d'obstacles (câble, tuyaux...), la manutention des bouteilles de gaz, peuvent engendrer des coupures, coincement, écrasement des membres, fractures...
- **Risque chimique** : c'est le cas des lasers qui utilisent des colorants, des liquides de refroidissement ou des solvants. Il est important de disposer de fiches de données de sécurité (FDS) pour tous les produits chimiques utilisés. [103]
- **Incendie** : présents lors de l'utilisation de lasers de catégorie 4. Ces lasers peuvent enflammer les matériaux que le faisceau frappe.

1.8.3. Moyens de protection :

La protection des utilisateurs est à la base du concept de sécurité laser. La notion de zone de laser contrôlée, définie comme zone où le rayonnement est susceptible de dépasser l'EMP (exposition maximale permise, qui correspond aux doses maximales du rayonnement auxquelles on peut être exposé sans dommage immédiat ou à long terme), entre



alors en jeu. La conception de la zone laser exige que la hauteur du faisceau soit inférieure à celle des yeux d'un utilisateur assis ou debout. Le faisceau doit être dirigé loin des bureaux, écrans d'ordinateurs, portes et fenêtres. L'accès à cette zone doit être contrôlé et identifié par une affiche normalisée et une verrine lumineuse.

- **Protection collective** : Une fois à l'intérieur de la zone contrôlée, les protections collectives sont à privilégier afin d'éviter toute exposition oculaire ou cutanée au faisceau direct et aux réflexions spéculaires et diffuses. Ces protections consistent à confiner le faisceau et les réflexions potentielles par des équipements de capotage, de tubage et de barrage physique qui protègent toutes les personnes présentes.
- **Protection individuelle** : Le port de lunettes de protection est requis pour toute personne se situant à l'intérieur de la zone de laser contrôlée si les protections collectives ne sont pas totales. Cet équipement de protection individuelle doit être spécifique pour le laser utilisé et dépend ainsi de la longueur d'onde et de la puissance du laser. Il est à noter que si un laser d'alignement optique est utilisé, une paire de lunettes différente est de mise. Le choix des lunettes est primordial pour une protection maximale. On note aussi : l'utilisation des gants et des vêtements protecteurs, l'utilisation des appareils de protection respiratoire adéquats, etc. [102]

1.9. Différents types de lasers médicaux utilisés :

Les lasers peuvent être classés par beaucoup de méthodes différentes, y compris leur longueur d'onde, le type de tissu utilisé (tissu dur ou tissu mou), le milieu utilisé (laser solide ou à gaz). Les lasers qui sont le plus couramment utilisés en dentisterie sont les lasers à diodes, les lasers à l'argon, les lasers Nd-YAG, les lasers au dioxyde de carbone.



Figure (1.5) : Laser diode (Brest) [47]

Classification :

En stomatologie, les lasers dentaires utilisés fonctionnent dans un spectre électromagnétique allant de l'infrarouge à l'ultraviolet et passant par la lumière visible.

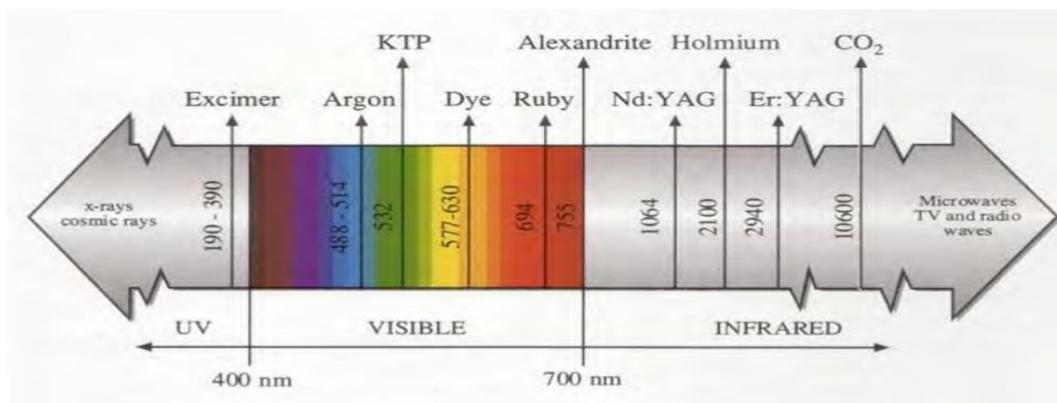


Figure (1.6) : Répartition dans le spectre électromagnétique des différents lasers en fonction des longueurs d'ondes 51

Les lasers à usage médical peuvent être répertoriés selon :

- Leurs applications cliniques : Dans ce cas, on distingue :
 - Les lasers « chauds » à usage chirurgical : CO₂, Nd: YAG, Er: YAG et Argon
 - Les lasers « froids » ou soft lasers d'applications thérapeutiques douces : HeNe, lasers diodes (à semi-conducteurs) : Gallium-Arsenide, Gallium-Aluminium-Arsenide.
- La nature du milieu actif : gaz, solide, semi-conducteur, liquide (colorants). (Tableau 1)

1.9.1. Classification selon leur application clinique :

1.9.1.1. Lasers chirurgicaux :

1.9.1.1.1. Laser CO₂ :

Il produit un rayon qui est très fortement absorbé au niveau des tissus riches en eau, et dans une moindre mesure, par l'hydroxyapatite. C'est cette propriété qui lui permet une excellente découpe par vaporisation du milieu interstitiel.



Figure (1.7) : les différents Lasers CO₂ [48]

1.9.1.1.2. Laser Nd : YAG :

C'est l'acronyme pour Neodymium: Yttrium Aluminium Garnet. Environ 90% de son énergie est transmise à travers l'eau. C'est pourquoi son rayonnement est très pénétrant. Il doit être par conséquent utilisé avec précaution. [51]

1.9.1.1.3. Laser Nd : YAP :

Le laser Nd-YAP a un cristal d'yttrium-aluminium-pérovskite dopé au néodyme. Il a une bonne absorption dans l'eau, l'hémoglobine et la mélanine. En conséquence, plus les tissus contiennent de l'eau plus le laser est efficace. [51]



Figure (1.8) : Laser Nd:YAP

1.9.1.1.4. Laser à argon :

Ce type de laser est bien absorbé dans les tissus contenant l'hémoglobine et la mélanine. Le laser Argon possède par conséquent d'excellentes capacités hémostatiques. Il possède un effet bactéricide. [48]

1.9.1.1.5. Lasers de la famille erbium :

Il existe deux longueurs d'onde distinctes qui utilisent l'erbium. Ces deux lasers ont des propriétés similaires.

- L'Er : YAG qui a une longueur d'onde de 2940 nm.
- L'Er ; Cr : YSGG qui a une longueur d'onde de 2780 nm. [47]

A. Laser Er: YAG: [50]

C'est l'acronyme d'Erbium, Yttrium, Aluminium, Garnet .il a un coefficient d'absorption dans l'eau 10 fois supérieur à celui du laser CO₂, et 15 000 à 20 000 fois supérieur à celui du laser Nd: YAG



Figure (1.9) : laser Er:YAG

B. Laser Er, Cr: YSGG:

Ce laser est principalement indiqué pour les tissus durs, mais récemment, il y a eu beaucoup de tentatives pour l'utiliser pour les procédures des tissus mous. Sa principale indication est l'élimination des caries, avec des surfaces rugueuses pour un excellent collage. C'est un laser très prometteur qui peut être utilisé pour tous les types de tissus à l'avenir. [46]



Figure (1.10) : laser Er-Cr YSGG (Sirona)

1.9.1.2. Lasers froids :

Contrairement aux lasers utilisés en chirurgie, les lasers froids sont considérés comme un outil thérapeutique.

Ils n'émettent aucune chaleur et n'endommagent pas les tissus de la région traitée. Ces lasers consomment 100 milliwatts d'énergie ou moins d'où leur appellation « lasers à basses intensités ». Ils ont une longueur d'onde comprise entre (400-700nm).

Ces lasers sont utilisés dans certaines thérapies, Low-level laser therapy (LLLT).

Les résultats cliniques obtenus en rhumatologie, en dermatologie ou en parodontologie ont permis de juger l'efficacité de ces lasers dans les thérapeutiques anti-inflammatoires, antalgiques et cicatrisantes. L'accélération de la cicatrisation observée après utilisation de ces lasers serait expliquée par l'augmentation de la production de collagène par stimulation des fibroblastes. [46]

1.9.1.2.1. Laser Hélium-Néon :

La photo stimulation obtenue par le laser Hélium-Néon entrainer une cicatrisation plus précoce et mieux constituée et une accélération des phénomènes de bourgeonnement vasculaire puis de réparation fibroblastique. [51]

1.9.1.2.2. Laser diode :

Encore appelé laser semi-conducteur, le laser diode a des propriétés un peu similaires à celle du laser Hélium-Néon (effet analgésique et biostimulation). Le laser diode peut pénétrer dans les tissus plus profondément ce qui lui confère d'excellentes caractéristiques hémostatiques.

Peu absorbé par les tissus dentaires il permet de réaliser des chirurgies à proximité de l'émail, de la dentine et du cément. [48]

1.9.2. Classification selon la nature du milieu actif :

Type du laser	Milieu actif	Longueur d'onde	Mode d'impulsions	Absorption			
				Eau	Hémoglobine	Hydroxyapatite	Mélanine
Argon	Gaz	488 ; 496 ; 514 nm	Continu	-	++	++	++
Hélium-Néon	Gaz	633 nm	Continu	-	-	-	-
Diode	Semiconducteur	800 à 980 nm	Continu/ pulsé	-	+	-	+
Nd :YAP	Solide	1 340 nm	Pulsé	+	+	+	+
Nd:YAG	Solide	1 064 nm	Continu/ Pulsé	++	++	-	+
Er,Cr:YSGG	Solide	2 780 nm	Pulsé	+++	+	++	-
Er:YAG	Solide	2 940 nm	Pulsé	+++	+	+++	-
CO2	Gaz	10 600 nm	Continu/ Pulsé	++	+++	++	-

Tableau (1.3) : Principaux lasers utilisés en dentisterie

1.9.2.1. Laser à gaz :

Le milieu générateur de photons est un gaz contenu dans un tube en verre ou en quartz. Le faisceau émis est particulièrement étroit et la fréquence d'émission est très pure. [45]

1.9.2.1.1. Laser à argon : [27] [46] [48]

1. Milieu actif : gaz : l'argon ionisé.
2. Domaine spectral est dans le visible : 488nm (bleu), 496nm (bleu-vert) ou 514nm (vert).
3. Puissance de quelques Watts (5W).

4. Transmis par fibre optique
5. Mode: continue.

Indications:

- La longueur d'onde 488nm est utilisée pour améliorer la photo polymérisation des composites. Meilleure polymérisation de la résine, temps de séchage plus court.
- La longueur d'onde 514nm est complètement absorbée par les pigments rouges tels que l'hémoglobine et la mélanine ; il n'est donc utilisable qu'en photo coagulation des vaisseaux sanguins : on l'utilise en endodontie, en chirurgie pour des lésions très vascularisées.
- Ce laser peut également être utilisé dans la détection carieuse (en effet les zones cariées apparaissent en rouge orangé). [27] [48]



Figure (1.11) : Différents lasers Argon

1.9.2.1.2. Laser Hélium-Néon : [46] [48]

C'est un des premiers lasers disponibles, mis au point par JAVAN et BERNET en 1960.

- Milieu actif : mélange gazeux d'hélium (85%) et de néon (15%) dans lequel on trouve des atomes de néon qui constituent le milieu actif.
- Longueur d'onde : 633 nm, soit donc dans la lumière visible rouge
- Transmis par : fibre optique en silice
- Puissance: 1 à 50 mW

Indications:

- Diminution des douleurs et œdèmes post interventionnels
- Effet antalgique



Figure (1.12) : Laser Hélium-Néon

1.9.2.1.3. Laser CO₂ : [48] [49]

Au cours des années 1964-1965 qu'apparut le laser à CO₂.

- Milieu actif : le dioxyde de carbone.
- Le pompage électrique excite d'abord un gaz intermédiaire puis, grâce à des collisions intermoléculaires, le milieu actif est sollicité.
- Amplification : le milieu amplificateur est un gaz refroidi par un circuit d'eau dans le cas des grandes puissances. Le gaz utilisé dans le tube de décharge se compose de : 10% de CO₂ + 10% De diazote N₂ + 80% d'hélium (le gaz est activé par une décharge électrique).
- Longueur d'onde : 10 600 nm (dans l'infrarouge plus lointain) → permet une excellente absorption dans les tissus mous.
- Transmis par : - bras articulé - guide d'onde scellé - flexible creux
- Puissance max : 15W
- Mode: pulsé ou continu.

Caractéristiques :

- Effet thermique contrôlable, on observe deux zones : la zone thermique nécrosée visible, et la zone thermique affectée qui s'étend sur une distance maximale de 0.6mm
- Effet bactéricide
- L'obtention d'un champ chirurgical relativement sec ce qui permet d'avoir une meilleure visibilité.

1.9.2.2. Laser à solide :

Les lasers à solide utilisent des cristaux comme milieu d'émission des photons. Ce sont les lasers les plus puissants et ils fonctionnent de manière impulsionnelle (impulsions de quelques centaines de microsecondes à quelques femtosecondes). Ils sont capables d'émettre aussi bien dans le visible que dans l'ultraviolet, l'infrarouge ou les rayons X. [45]

1.9.2.2.1. Laser Nd: YAG : [46] [48]

- Milieu actif : cristal de Grenat d'Yttrium et d'Aluminium dopé au Néodyme
- Domaine spectral: 1 064nm
- Mode de transmission du faisceau laser : fibre optique
- Puissance maximale délivrée : 20W (ce sont des lasers puissants)



Figure (1.13) : différents lasers ND : YAG

Caractéristiques :

- Fortement absorbé par les chromophores (mélanine, hémoglobine)
- Vaporisation des surfaces carieuses pigmentées sans atteinte de l'émail sain avoisinant.
- Grande diffusion dans les tissus (jusqu'à 6 mm).

Indications :

- Désinfection endo-canaire
- Traitement de l'hypersensibilité dentinaire
- Réalisation de fond de cavités dentinaires

Important ! On commence par analyser les paramètres tissulaires de la zone à traiter ; puis, en fonction de l'objectif clinique recherché, on choisit les paramètres machine les plus adaptés. Il est

parfois nécessaire de les modifier en cours de traitement. En permanence, on observe les réactions tissulaires au moyen de la vue et de l'ouïe. En effet, tout au long d'un traitement laser ND : YAG, les paramètres tissulaires évoluent par :

Leur composition chimique, donc leur coefficient d'absorption global ;

Leur degré d'hydratation, c'est à dire leur capacité de refroidissement

Ces adaptations indispensables se font préférentiellement en modifiant les paramètres praticien, rarement les paramètres machine : c'est plus simple et plus rapide. **[48]**

1.9.2.2.2. Laser Nd : YAP : **[44] [46] [48]**

Mis au point par Hubert Guillet en 1994 en collaboration avec la société française LOKKI

- Milieu actif : constitué par un cristal solide d'Yttrium-Aluminium-Pérovskite (YAP) dopé par le Néodyme (Nd). Il en résulte un rayonnement invisible
- Mode d'émission : pulsé (impulsion de 150µs)
- Puissance maximale délivrée: 10W
- Longueur d'onde : 1 340 nm (1.34µm)
- Le laser Lokki est équipé de 2 pièces à main en titane, démontables et autoclavables, véhiculant respectivement une fibre de 200µm et 320µm de diamètre.

Le fibre de 200µm est adaptée au traitement de l'endodonte du fait de sa faible section. Elle est utilisée dans le but de stériliser, désobturer le système canalaire voir même de détruire certains fragments d'instruments endodontiques (limes, racleurs).

Le fibre de 320µm, plus robuste, est employée lors du traitement des tissus mous (parodontologie, implantologie, chirurgie buccale) et des traitements dentinaires (fond de cavité, collets sensibles).

On retrouve sur l'unité centrale un clavier de commande présentant trois modes de fonctionnement pré réglés :

- Vert : fonction canal à une fréquence de 5Hertz (de 0,9 à 1,8 W)
- Jaune : fonction dentine à une fréquence de 10Hertz (de 2 à 4 W)
- Rouge : fonction gencive à une fréquence de 30Hertz (de 5 à 10W)



Figure (1.14) : Laser Nd : YAP (LOKKI)

Les indications en odontostomatologie :

- Désensibilisation de collet, vitrification dentinaire, thérapie pulpaire pour coiffage, préparation sulculaire pour prise d’empreinte
- Effet photochimique sur la solution d’irrigation canalaire, éviction d’instrument fracturé par sublimation, effet photo acoustique par onde de choc sur la solution d’irrigation et la pâte d’obturation pour accéder aux canaux accessoires.

Essentiel : c’est observation permanente des interactions laser-matière (la réaction des tissus) qui guide les gestes du praticien pour obtenir un traitement laser optimisé. Les paramètres tissulaires évoluant tout au long d’un traitement laser, il lui est indispensable d’ajuster constamment ses paramètres. Sur un même tissu, ces deux lasers peuvent très souvent amener à un résultat clinique ou à son opposé : tout dépend du choix des paramètres machine et praticien ! **[48]**

1.9.2.2.3. Laser Er :YAG : [27] [50]

C’est le plus polyvalent en omnipratique.

- Milieu actif : le cristal d’Yttrium Aluminium Garnet Y3Al5O12 est dopé par des ions Erbium Er³⁺, ce qui change la longueur d’onde de son rayonnement qui se trouve à un pic maximum d’absorption de l’eau et de l’hydroxyapatite (2 940 nm). Ce laser a donc une transmission très faible avec une absorption tissulaire immédiate très élevée.
- Longueur d’onde : 2 940 nm
- Mode : Pulsé (impulsion de 150µs)
- Puissance d’impulsion : varie de 5 à 100 Hz.

La transmission se fait au moyen de fibres optiques (ou tips) à base de saphir ou de quartz de différents diamètres et de différentes formes montées sur des pièces à main.

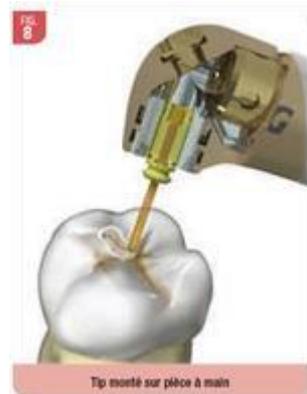


Figure (1.15) : Fibre optique du laser erbium YAG montée sur pièce à main

Ils jouissent d'une grande sécurité d'emploi sur le tissu osseux ainsi que dans la préparation des cavités sur émail et dentine en dentisterie restauratrice. C'est le matériel de choix en dentisterie mini-invasive et en dentisterie pédiatrique

La transmission de la lumière en tête de contre-angle peut être assurée par un miroir. L'utilisation de la fibre optique oblige à travailler à distance des tissus.

La distance focale à respecter est de l'ordre de 9 à 15 mm. En-dessous ou au-dessus de cette distance, on risque de perdre un peu du potentiel d'ablation.

La présence du miroir provoque l'apparition d'un inconvénient : l'encrassement du miroir → il doit être régulièrement nettoyé à l'aide d'une compresse.

En temps normal les infra-rouges ne sont pas visibles à l'œil nu. Du coup pour faciliter le travail du praticien, un faisceau de guidage rouge est utilisé.



Figure 3. Contre-angles optiques.
A. Contre-angle optique 2060™, Kavo : miroir.
B. Contre-angle optique™, Fotona : saphirs.

Figure (1.16) : pièce à main proposée pour l'odontologie conservatrice pour les lasers Kavo Er :YAG



Figure (1.17) : Différents lasers Er : YAG

1.9.2.2.4. Laser Er ;Cr :YSGG : [51] [52]

- Milieu actif : cristal d'Yttrium Scandium Gallium Garnet dopé à l'Erbium Chromium.
- Longueur d'onde : 2 780 nm /Transmis par : fibre optique / mode : pulsé.



Figure (1.18) : Laser Er ;Cr/ YSGG

Caractéristiques :

- Effets photo mécanique
- Forte absorption par l'eau et l'hydroxyapatite

Indications :

- Eviction carieuse
- Collage
- Désinfection endodontique

1.9.2.2.5. Laser KTP (Neodymium-Ytterium et Neodymium double en fréquence) :

(Second harmonique de laser Nd-YAG)

- Milieu actif : cristal de Kalium-Titanyl-Phosphate
- Longueur d'onde : 532 nm
- Caractéristiques : On note une faible absorption dans l'eau et l'hydroxyapatite, mais une forte absorption par la mélanine et l'hémoglobine.

Indications :

Eclaircissement dentaire

Scellement de la dentine tubulaire et donc diminution de la sensibilité du collet. [51]



Figure (1.19) : Laser KTP (LOTOS)

1.9.2.3. Laser diode (à semi-conducteur) :

(Le semi-conducteur est un composé chimique solide, qui peut conduire l'électricité dans certaines conditions mais pas dans d'autres, ce qui en fait un bon moyen de contrôler un courant

électrique. En effet, ses propriétés électriques lui permettent à la fois d'être conducteur (comme les métaux) et isolant).

Ces lasers sont principalement constitués d'une diode à semi-conducteur afin de produire un faisceau lumineux. [45]

Le pompage se fait à l'aide d'un courant électrique qui enrichit le milieu générateur en trous d'un côté et en électrons de l'autre

- Milieu actif : solide combiné à des cristaux types Aluminium (Al), Gallium(Ga), Indium(In), Arsenide (Ar)
- Domaine spectral : infra- rouge 800nm à 980 nm
- Transmis par fibre optique
- Puissance : 4 à 15 w / Mode : continu ou pulsé

Caractéristiques : [27]

- Rayon fortement absorbé dans les chromophores (hémoglobine, mélanine, bactéries)
- Peu absorbé par l'eau
- Pénétration en profondeur 5mm
- Permet une élévation rapide de la température, il doit être utilisé en association avec de l'air ou de l'eau

Indications :

- En endodontie pour la désinfection endodontique
- La micro-fusion de l'émail (pour la longueur d'onde 980 nm)

Avantages :

- Ils permettent un couplage direct entre l'énergie électrique et la lumière
- Ces lasers sont peu coûteux.

Quelques exemples de lasers diodes en image :



Figure (1.20) : Différents lasers diode [48]

1.9.2.4. Lasers à liquide : [45]

Sont appelés aussi lasers à colorants, dans ce type de lasers le milieu d'émission est un colorant inorganique en solution liquide enfermé dans une fiole de verre. Le rayonnement émis peut aussi bien être continu que discontinu suivant le mode de pompage. Les fréquences émises peuvent être réglées à l'aide d'un prisme régulateur, ce qui rend ce type d'appareil très précis. Le choix du colorant détermine le domaine de longueur d'onde de la source. Le prix des colorants est très élevé.

1.9.3. Particularités de ces différents lasers :

Toutes les longueurs d'ondes citées peuvent être utilisées en chirurgie orale

Les lasers CO₂ et le laser Er-YAG ont des longueurs d'onde qui donnent les meilleurs effets de coupe, le plus rapidement.

Les lasers CO₂, Nd-YAG et diodes bien absorbées dans l'hémoglobine, permettent un champ opératoire exsangue. [48]

Types de laser	Spectre	λ (nm)
Argon fluor	Ultraviolet	193
Krypton fluor	Ultraviolet	248
Xenon chlor	Ultraviolet	308
Nd /YAG triplé	Ultraviolet	354
Argon	Visible (bleu - vert)	488 - 514.5
Nd /YAG doublé=KTP	Visible (vert)	532
He / Ne	Visible (rouge)	632
Rubino	Visible (rouge foncé)	694.3
Alexandrite (Be Al ₂ O ₄)	Visible (infrarouge)	700 - 800
Diode	Infrarouge	810 - 980
Nd /YAG	Infrarouge	1.064
Nd /YAP	Infrarouge (effets thermiques collatéraux)	1.340
Ho /YAG	Infrarouge	2.120
Er Cr/YSGG	Infrarouge	2.780
Er YSGG	Infrarouge	2.790
Er/YAG	Infrarouge	2.940
CO ₂	Infrarouge	9.300
CO ₂	Infrarouge	10.600
Dye laser	Visible (élimination taches de vin et hémangiome)	400 - 700
Colorant organique		540 - 640
Prolamine		400 - 500
Curarine		500 - 700
xanthene		

Figure (1.21) : Spectres d'émission des différents lasers [51]

1.10. Indications et contre-indications des lasers :

1.10.1. Indications et utilisation des lasers : [45] [52]

Les lasers sont utilisés en odontologie depuis plus de vingt ans, avec un intérêt grandissant ces dernières années. Encore peu répandus en pédodontie, ils présentent pourtant de nombreux atouts.

1.10.1.1. En odontologie conservatrice et endodontie :

1.10.1.1.1. Laser chirurgical :

Détection des lésions carieuses : Un nouveau produit pour la détection des lésions carieuses a fait son apparition sur le marché en 1998. Le DIAGNOdent®, est considéré comme un système fiable pour diagnostiquer les lésions initiales des puits et des sillons et des surfaces lisses. (Plus de détails dans le chapitre suivant)

Traitement des lésions carieuses : 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

Pulpotomie et coiffage pulpaire : Différents types de lasers peuvent également être utilisés pour maintenir la vitalité pulpaire grâce à leurs propriétés de désinfection et de coagulation. Les premières avoir été étudié sont les lasers Nd ;YAG en 1997 puis les laser CO₂ en 1998. plus récemment, les lasers Er,Cr :YSGG et Er :YAG

La désinfection de lésions carieuses profondes : Lors de coiffages indirects, le laser a une activité anti bactérienne sur la dentine infectée. Dans le cas de dentinite profonde où le tissu

carieux est à proximité de la pulpe, l'impact laser stérilise la dentine infectée sans provoquer d'atteinte pulpaire irréversible causée par la chaleur.

La désinfection des canaux radiculaires en endodontie : le laser apparait comme un outil complémentaire aux traitements classiques. S'il ne permet pas, à lui seul d'exécuter un traitement endodontique, utilisé avec discernement il semble en améliorer la qualité ; L'irrigation dans la cavité d'accès est activée à chaque renouvellement en tirant dedans à l'aide du laser à une puissance de 2 W et une fréquence de 10 Hz.

Traitement de l'hypersensibilité pulpo-dentinaire : Deux mécanismes peuvent être invoqués dans cette application :

- Le premier implique une activité directe de la lumière laser sur l'activité électrique des terminaisons nerveuses de la pulpe dentaire ;
- Le second implique une modification de structure des tubules dentinaires par glaçage superficiel et (ou) fusion de la dentine ou de la couche d'enduit (quand elle existe), avec pour conséquence la fermeture de la lumière de ces mêmes tubules.

Retraitement canalaire : le laser peut être un outil précieux pour ces retraitements, il permet parfois de volatiliser les obstacles sur les deux tiers supérieurs du canal et de faciliter grandement la progression des limes et autres instruments de retraitement

Descelllements d'ancrages radiculaires, élimination d'instrument fracturé : le laser peut aussi être un outil très utile pour le retrait d'instruments fracturés. L'onde de choc peut permettre de décoincer un morceau d'instrument cassé.

1.10.1.1.2. Biostimulation (LLLT) et utilisation des « soft lasers » :

LLLT signifie « low level laser therapy ». La LLLT est une application médicale du laser utilisant des énergies plus faibles que celles utilisées dans les applications chirurgicales. On parle de « soft laser » (laser basse puissance, laser froid...).

L'utilisation des lasers à basse puissance est due à ENDRE MESTER, physicien hongrois, qui a été le premier à utiliser un laser à rubis (694,3 nm) pour aider à la guérison de lésions ulcéraives et de blessures avec de très faibles fluences (1j/cm²).

Dans les années 1970 et 1980, les lasers (non dangereux) étaient qualifiés de cold laser ou soft laser par opposition à high-powered (lasers chirurgicaux). [45]

- **Mécanismes d'action :**

Les effets de la LLLT sont liés à des réactions photochimiques, produites par des énergies faibles couplées à des temps d'application plus long que ceux utilisés, par exemple, lors d'actes chirurgicaux. La LLLT activerait les cellules par le biais d'un double mécanisme :

- Mécanisme direct par action photo-biologique (chaîne respiratoire) et activation des chaînes redox cellulaires (augmentation de l'ATP) ;
- Mécanisme indirect par activation des cellules à travers des messages secondaires. [45]
 - **Paramètre :**

L'analyse de la production scientifique relative à la LLLT révèle une certaine disparité des dosages utilisés. Hypothèse la plus probable montre que des dosages trop faibles ne déterminent aucun effet et que, à l'inverse, des dosages trop élevés déterminent des effets minimaux ou nuls, voire inhibitoires. Une « fenêtre d'action » avec des fluences comprises entre 0,05 et 10 j/cm² est la plus citée alors que, avec des fluences supérieures à 10j/cm², des effets inhibitoires peuvent apparaître.

Les effets bio-modulateurs les plus adaptés sont liés à des temps d'exposition de 30 à 120 secondes. [45]

- **Applications cliniques en odontologie :**

Gestion de la douleur : la LLLT a été utilisée principalement pour la stimulation des processus de cicatrisation, pour l'analgésie et la gestion des douleurs post-opératoires (Après des actes de chirurgie endodontique), dans la gestion de pathologies aussi diverses que douleurs articulaires (ATM), névralgie du trijumeau, myalgies et même l'hypersensibilité dentinaire. [45]



Figure (1.22) : une lampe de biostimulation d'un laser à semi-conducteur

1.10.1.2. En odontologie pédiatrique : [53]

Détection des lésions carieuses précoces : Il est parfois difficile de diagnostiquer une lésion carieuse précoce, occlusale ou proximale. Or, un diagnostic précoce est fondamental puisqu'il permet d'intercepter le développement carieux par l'instauration de mesures de reminéralisations. L'utilisation du laser de diagnostic trouve donc un intérêt majeur comme outil complémentaire dans la détection des lésions carieuses précoces. Il s'inscrit parfaitement dans les concepts modernes de dentisterie préventive et micro-invasive.

Traitement des lésions carieuses Les lasers de choix pour le traitement des lésions carieuses sont les lasers erbium (Er-YAG ($\lambda = 2940$ nm) et Er,Cr:YSGG ($\lambda = 2780$ nm)

Coiffage pulpaire : Les avantages d'un coiffage pulpaire à l'aide du laser par rapport aux techniques conventionnelles sont nombreux. Tout d'abord, les lasers sont bactéricides.

Par ailleurs, ils permettent un contrôle de l'échauffement tissulaire induisant seulement une nécrose superficielle (et hémostase) tout en conservant un tissu pulpaire sous-jacent vivant

Pulpotomie : La pulpotomie des molaires temporaires consiste à éliminer la pulpe coronaire infectée et à préserver la pulpe radriculaire, jusqu'à l'exfoliation naturelle de la dent.

Biostimulation (LLLT) : Quelques exemples d'applications cliniques en pédodontie ont été décrits par Kotlow (2004):

- Analgésie : L'auteur préconise d'utiliser le soft laser pour obtenir une analgésie de la dent temporaire (sur la surface occlusale de la dent temporaire pendant une à deux minutes) et de la dent permanente (près des tissus gingivaux qui recouvrent la racine, pendant une minute). De plus, l'utilisation du soft laser sur la muqueuse provoque une anesthésie temporaire qui permet une infiltration d'anesthésique sans douleur.
- Douleur : On peut, après un traumatisme, utiliser un soft laser pour diminuer l'inflammation et la douleur tout en essayant de conserver la vitalité pulpaire et accélérer le processus de guérison. Lorsque la pulpe d'une dent temporaire est exposée, une dose plus importante permet de réduire la douleur.

Scellement des puits et fissures : il peut être réalisé à l'aide d'un laser Er-YAG ou Er:YSGG. La technique entre en compétition avec la sono-abrasion ou l'air abrasion En termes de micro-infiltration, l'utilisation de ces lasers n'améliore pas les résultats.

1.10.2. Contre-indications :

Le laser est contre indiqué dans les situations suivantes

: Exposition récente au soleil ou aux ultra-violets

Durant la grossesse.

En cas de prise de médicaments photo-sensibilisants :

- Anti-inflammatoires non stéroïdiens AINS
- Antiépileptiques ○ Statines
- Diurétiques (sulfamide, triamtérène) ○ Antidépresseurs
- Antiparasitaires comme les antipaludéens (chloroquine). [54]

1.11. Avantages et inconvénients des lasers :

1.11.1. Avantages des lasers :

Il existe de nombreux avantages à utiliser un laser pour effectuer des procédures dentaires.

Toutes les procédures effectuées par un laser sont moins douloureuses et moins traumatiques, ce qui rend l'expérience beaucoup plus confortable pour le patient.

Les lasers sont très précis, donc il y a moins de dommages aux tissus environnants et les substances dentaires naturelles sont préservées.

Le laser a une action bactéricide.

Le laser permet une préparation des tissus en adéquation avec une bonne rétention des restaurations composites.

Les lasers ont la capacité de provoquer une analgésie, donc dans beaucoup de cas, on n'a pas besoin d'anesthésie.

Le saignement pendant les procédures est très réduit, il y a une meilleure hémostase et un meilleur champ opératoire.

En travaillant avec le laser, il n'y a pas de vibration ou de sons désagréables de forets qui peuvent rendre beaucoup de patients anxieux.

Le besoin de sutures est également très réduit lors de l'utilisation d'un laser.

La période de récupération est raccourcie, il y a moins de gonflement des tissus, moins de douleur et diminution des chances d'infection bactérienne. Si les lasers sont utilisés correctement, ils sont complètement sûrs. [47]

1.11.2. Inconvénients des lasers :

Le principal inconvénient est que les lasers sont onéreux et les dentistes ont besoin d'une formation spéciale afin qu'ils puissent les utiliser.

L'utilisation du laser expose dans certaines situations aux risques : brûlures, incendie, atteintes oculaire...etc. [47]



CHAPITRE II : LASER EN ODONTOLOGIE CONSERVATRICE



2.1. Généralités :

2.1.1. Organe dentaire :

2.1.1.1. Anatomie de l'organe dentaire :

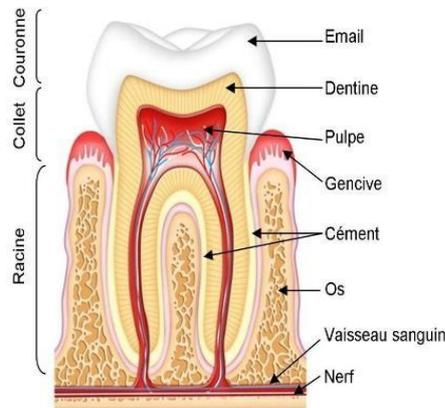


Figure (2.1) : Anatomie de l'organe dentaire

2.1.1.2. Généralités sur l'organe dentaire : [1]

L'émail : L'émail est le tissu le plus minéralisé de l'organisme, sa richesse en sels minéraux atteint 96% de sels inorganiques. Ce sont en majorité 90% des combinaisons de phosphore et de calcium, présents dans l'émail sous forme de cristaux d'hydroxyapatite de formule $Ca_{10}(PO_4)_6(OH)_2$, 2% de matières organiques, 2% d'eau. Il en renferme par conséquent bien davantage que la dentine ou le ciment.

La dentine : La dentine est un tissu blanc jaunâtre translucide, dur et compressible, elle est moins dur que l'émail plus dur que l'os. La matrice dentinaire est plus riche que l'os en sels minéraux 70%, elle comporte 18% de substances organiques et 12% d'eau. La dent complètement formée peut comporter trois types de dentine mature :

- La dentine primaire
- La dentine secondaire
- La dentine tertiaire

La pulpe : La pulpe est un tissu conjonctif lâche, comportant une substance fondamentale des fibres collagènes et des cellules. Dans la partie centrale de la pulpe, la majorité des cellules sont les fibroblastes. En périphérie, les odontoblastes encadrent la pulpe. Très hydratée et très vascularisée, la pulpe joue un rôle important dans les échanges métaboliques de la dentine. Par sa richesse en fibres nerveuses. La pulpe assume une grande part de la sensibilité de la dent.

Le ciment : Le ciment est un tissu minéralisé qui recouvre extérieurement la dentine radiculaire. De structure semblable à celle de l'os fibreux, le ciment est dépourvu de

vaisseaux sanguins moins minéralisé et moins dur que la dentine et l'émail. Il comporte des cellules, une substance fondamentale calcifiée et des fibres collagènes. On distingue habituellement deux types de ciment :

- Le ciment primaire acellulaire
- Le ciment secondaire ou ostéocément

2.2. Cariologie :

2.2.1. Définition de la carie :

La carie dentaire correspond à une maladie infectieuse multifactorielle d'origine bactérienne. Elle survient quand la flore buccale pathogène produit des acides résultant de la dégradation des hydrates de carbone. Ces acides organiques suite à la baisse de PH de la plaque diffusent a travers l'émail et on dissolvent les éléments minéraux. Si le processus de déminéralisation ainsi entamé ne s'arrête pas il mène à la cavitation : c'est la carie dentaire cliniquement observable, la combinaison de quatre facteurs (sucre fermentescibles, bactéries pathogènes, susceptibilité individuelles et temps), conduit ainsi à l'apparition de cette pathologie. Même si d'autres éléments environnementaux doivent également être pris en compte.

Selon L'OMS (1980) : la carie est définie comme l'altération spécifique de la dent, c'est une maladie d'origine polymicrobienne d'étiologie multifactorielle aboutissant à la dissolution des tissus dentaires dans les fluides de la cavité buccale. [58]

2.2.2. Classifications cliniques des caries : [2]

Chez l'homme, on distingue essentiellement deux types cliniques de lésions carieuses. Il s'agit d'une part de lésions des surfaces coronaires qui, dans 60% des cas, sont des caries de sillons de molaires et prémolaires. Ces caries coronaires s'observent surtout chez l'enfant et les adultes jeunes. D'autres parts, il s'agit de caries des surfaces radiculaires qui se rencontrent surtout chez les sujets âgés, mais qui restent malgré tout moins fréquentes que les caries coronaires.

Il existe deux classifications de la carie, d'une part en fonction du degré d'atteinte des structures hydrologiques de la dent de l'émail vers la pulpe, et d'autre part en fonction des faces dentaires concernée par la lésion carieuse, déterminant le type de cavité de restauration coronaire.

2.2.2.1. Classification de black :

- Classe I : carie des puits et sillons dentaires, des fossettes vestibulaires des molaires inférieure et fossettes palatines des molaires supérieures.
- Classe II : carie proximale, mésiale ou distale sur prémolaires ou molaires.
- Classe III : carie proximale sur dents antérieures sans atteinte des bords incisifs.
- Classe IV : carie proximale sur dents antérieures avec atteinte des bords incisifs.
- Classe V : carie du collet de toutes les dents, du côté vestibulaire et lingual.

2.2.2.2. Concept sista (site/stade) :

Mise au point par Mount et Hume modifiée par Lasfargues qui a ajouté le stade 0

Site 1	Caries des puits, sillons, fosses et fossettes de toutes les dents (ant et post)
Site 2 (les lésions proximales)	Les aires de contact de toutes les dents
Site 3 (les lésions cervicales)	Sont à point de départ cervical, amélaire ou cémentaire , sur toutes les faces de toutes les dent

Tableau (2.1) : Concept site de Mount et Hum

En ce qui concerne les stades évolutifs de la lésion, ils sont au nombre de 5 :

Stade 0	Lésion initiale sans cavitation, strictement amélaire ou atteignant la jonction amélo-dentinaire.
Stade 1	Lésion avec microcavitaion de surface ayant progressé jusqu'au 1/3 externe de la dentine, nécessitant une intervention restauratrice.
Stade 2	Lésion cavitaire de taille modérée ayant progressé dans le 1/3 moyen de la dentine nécessitant une intervention restauratrice.
Stade 3	Lésion cavitaire étendue ayant progressé dans le 1/3 interne de la dentine nécessitant une intervention restauratrice.
Stade 4	Lésion cavitaire atteignant les zones dentinaires parapulpaires nécessitant une intervention restauratrice.

Tableau (2.2) : Concept stade de Mount et Hum

2.2.2.3. Classification ICDAS :

« *International Caries Detection and Assessment System* » les codes ICDAS de détection des lésions carieuse coronaires vont de 0 à 6 selon la sévérité de la lésion. Il existe de minimes variations entre les signes visuels associés à chaque code.

Code	Description
0	Saine
1	Premier changement visuel de l'émail (visible uniquement après séchage prolongé ou confiné aux puits et fissures)
2	Changement visuel net de l'émail
3	Rupture localisée de l'émail (sans signe visuel d'atteinte dentinaire)
4	Zone sombre dans la dentine sous-jacente visible à travers l'émail
5	Cavité distincte avec dentine exposée
6	Cavité de grande étendue avec dentine exposé

Tableau (2.3) : Classification ICDAS

2.2.2.4. Classifications cliniques des caries radiculaires :

Selon Billings (1986), la classification clinique des caries radiculaires en 4 stades, par indice de sévérité, à pour objectif de classer les lésions par taille et stade de développement, dans le but d'établir une stratégie thérapeutique adaptée :

- Stade 1 : lésion initiale
- Stade 2 : lésion superficielle
- Stade 3 : lésion cavitaire
- Stade 4 : lésion avec atteinte pulpaire. Localisées le long de la jonction amélocémentaire.

Classification de Nyvad et Fejerskov (1993) mentionnent deux phases dans ce processus carieux radiculaire :

La lésion active correspondant à une phase aiguë qui se caractérise par sa couleur jaune ou brun clair. Elle est fréquemment recouverte d'un dépôt de plaque assez épais.

Au sondage, le tissu apparaît crayeux. Ce type de lésion peut se réaliser avec ou sans cavitation. S'il y a variation, une limite très irrégulière et tranchante de la lésion est observée.

La lésion arrêtée correspond à une phase chronique qui se caractérise par une couleur brun foncé, voire parfois noire. La surface est fréquemment luisante, lisse et dure au sondage.

Dans le cas d'anciennes lésions arrêtées, la surface peut apparaître très lustrée, et seule une décoloration peut alors suggérer une reprise active de la lésion. Très souvent, ce type de lésion se rencontre chez des patients âgés souffrant de l'hyposialie médicamenteuse.

2.2.3. Difficultés de diagnostic des lésions débutantes avec les moyens de détection conventionnelle :

Nous devons établir des corrections entre plusieurs techniques différentes d'observation par des tests statistiques pourtant sur un caractère particulier comme la sensibilité ou la spécificité pour chaque moyen de diagnostic. La sensibilité d'un test représente sa capacité à détecter si une carie existe, la spécificité représente la capacité de détection d'une surface saine en tant que telle. [21]

2.2.3.1. Inspection clinique :

Elle doit être sur des dents propres, nettoyées et séchées [EKSTRAND ET COOL 1998] . SOUS un bon éclairage, et à l'aide d'un miroir, cette inspection a pour but de détecter toute opacité, coloration ou changement la translucidité avec ou sans séchage prolongé. Cependant c'est un examen à caractère subjectif d'où l'intérêt d'un système de calibrage. [10][73]

2.2.3.2. Aides optiques :

Il existe un choix important d'aides optiques allant de la loupe binoculaire avec un grossissement de $\times 2,5$ à 8 au microscope opératoire avec un grossissement jusqu'à 60. L'utilisation d'une loupe nécessite un éclairage optimisé.

Les loupes peuvent être équipées de systèmes d'éclairage frontaux de type lumière blanche ou de types LED. L'idéal est d'associer une lampe avec le système de loupe, l'inconvénient est que ce système est lourd pour l'opérateur. On retrouve les caméras intra-orales conventionnelles

- Elles peuvent servir d'aide optique par leur optimisation de l'éclairage et leur agrandissement de l'image.
- Elles possèdent aussi une vocation pédagogique pour les patients.
- Les caméras intra-orales peuvent être utilisées en transillumination. [73]

2.2.3.3. Sondage :

Il nécessite le recours à des sondes exploratrice (6, 17 et 23) la fiabilité de cette technique se repose sur la résistance ressentie par l'opérateur pour enlever une sonde introduite en force dans une anfractuosité. De ce fait cette technique reflète avant tout le rapport existant entre les caractéristiques géométriques de l'extrémité de la sonde et les critères anatomiques du sillon ou du puits dans lequel elle est introduite. Mais ne fournit aucune indication fiable sur la nature pathologique de la zone sond e.

Ces dernières années le sondage été remis en question (Mc Comb et Tam 2001) en effet la pression exercée lors d'un sondage rigoureux peut produire des traumatismes de l'émail de surface correspondant à des lésions de sub-surface et la fissure peut ainsi devenir plus susceptible à la progression de la lésion(EKSTRAND et coll 1987)de plus il favoriserait le transport bactérien d'un site à l'autre et permettrait donc la contamination des sites sains .(Hennequin et Lasfargues 1999) . [73]

2.2.3.4. Fil dentaire :

Il utilisé afin de faciliter l'exploitation visuelle des embrasures, de préférence non ciré. C'est également un moyen de diagnostic complémentaire des caries proximales et de jaugeage des contacts principaux, sa dilacération lors du franchissement du contact inter proximal indiquera le plus souvent une lésion avancée cavitaire aux bords d'émail ébréchés ou un défaut de restauration. [73]

2.2.3.5.  lastiques séparateurs (séparation temporaire) :

Il s'agit d'un dispositif utilisé en orthodontie pour obtenir un écartement différé des dents Après mise en place pendant 24 heures, afin de pouvoir sceller les bagues orthodontiques. Dans le cadre du diagnostic précoce des lésions carieuses des faces proximales, l'écartement temporaire, obtenu avec ces élastiques permet un examen direct des surfaces dentaires proximales, et de ce fait la détection des lésions carieuses débutantes.

2.2.3.6. Colorants révélateurs de caries :

La validité de ces colorants (  base de fuschine basique) pour la détection des caries am laires est plus douteuse que pour les caries dentinaires, leur principe est basé sur le fait que la fluorescence du colorant varie avec le degré de la perte minérale occasionnée par la carie.

Vaarkamp et Coll. 1997 ont confirmé l'intérêt limité de son usage, lié à une pénétration réduite du colorant dans la lésion initiale.

Cette méthode étant à l'origine de nombreux faux positifs (colorations parasites liées à la persistance de débris organiques) de plus un risque de coloration irréversible de l'émail et de restaurations esthétiques. Application à la pratique quotidienne pourrait être source de surtraitements. [8][22]

2.2.3.7. Examen radiographique rétro-coronaire :

La radiographie rétro-coronaire ou bite-wing est classée parmi les techniques qui peuvent apporter au praticien le maximum d'information. La précision et l'orientation du rayon incident font du radiogramme rétro-coronaire le cliché de choix pour le dépistage précoce de la carie, en particulier au niveau des faces proximales. Il reste limité pour les lésions initiales de la table occlusale du fait de la superposition d'une grande épaisseur de tissus dentaire vestibulaire et lingual.

A la lecture il faut :

- Rechercher une éventuelle solution de continuité de l'image de la ligne de contour amélaire.
- Rechercher la présence d'une zone radioclaire au niveau de la jonction amélo-dentinaire.
- Observer au niveau de la chambre pulpaire une éventuelle image de réaction. Signe possible de défense dentino-pulpaire à une agression (Daudibertiers et Coll 1993).

L'étude de HINTZE ET COLL 1998. A permis d'établir une échelle d'évaluation des lésions proximales selon la profondeur estimée à la radiographie rétro-coronaire cette échelle se compose de cinq scores (HINTZE ET COLL 1998) :

- Score 0 : tissus sain (pas de radioclarité)
- Score 1 : radioclarité touchant la moitié externe de l'émail
- Score 2 : radioclarité s'étendant à la moitié interne de l'émail
- Score 3 : radioclarité atteignant le tiers externe de la dentine
- Score 4 : radioclarité s'étendant aux deux tiers interne la dentine

Pour Abdallaoui et Coll 2001 la radiographie rétro-coronaire doit être réalisée systématiquement chez tous les patients avant la prise en charge.

[73]

2.2.3.8. Radiographie numérique :

La radiographie numérique permet une meilleure visualisation des lésions carieuses par augmentation des contrastes. La mise en évidence des atteintes superficielles de l'émail ainsi qu'une évaluation quantitative des densités par radiométrie. Le contraste de l'image observée peut être réglé de manière à révéler les détails anatomiques recherchés par le praticien s'ils sont contenus dans le domaine des niveaux de gris les plus forts puis les plus faibles de l'image. Il semblerait, que pour ces systèmes, un grand contraste soit nécessaire pour améliorer le diagnostic des lésions carieuses.

La résolution est plus faible que celle d'un film classique. Les lésions carieuses peuvent aussi bien être détectées avec la radiographie numérique qu'avec un cliché argentique, mais il faut cependant noter que les images imprimées sur papier sont de moindre qualité diagnostic que les films en particulier si ces documents doivent être conservés. [73]

2.2.3.9. Transillumination :

Transillumination par fibre optique simple ou FOTI :

Elle consiste à utiliser un faisceau lumineux intense de type lumière halogène ou diode électroluminescente (LED) conduit par une fibre optique (OF) transilluminant (TI).

- L'embout émetteur de la fibre optique est placé au niveau des faces vestibulaires ou linguales, en regard de la zone proximale suspecte préalablement séchée.
- La luminosité observée est fonction des propriétés optiques des tissus dentaires.
- Sur une dent saine la lumière est majoritairement réfléchiée en surface et dispersée à l'intérieur, mais faiblement absorbée, la dent apparaît très lumineuse.
- L'absorption et la fluorescence augmentent au niveau des tissus carieux, la dentine déminéralisée induisant une rupture de la diffusion

optique se manifestant pour l'observation par un assombrissement contrastant avec les zones adjacentes saines plus lumineuses.

Transillumination par fibre optique avec Imagerie numérique ou DIFOTI :

Ce système est basé sur l'utilisation d'une lumière de radiation visible et non ionisante. La transmission de la lumière à travers les tissus dentinaires est fonction du gradient d'indice réfractaire anisotropique. Les images des dents obtenues par cette technique peuvent indiquer la présence d'une carie débutante ou récurrente, même lorsque les images radiographiques échouent dans leur détection. La brillance sur l'image provient de la combinaison de la transmission élevée au niveau de l'émail (par rapport à la dentine) et des vides causés par la perte structurelle de la densité amélaire. [9]

2.2.3.10. Autres méthodes de diagnostic :

Méthodes électriques :

Le principe de cette technique serait basé sur la détection de l'augmentation de la conductivité électrique qui accompagne la réduction du contenu minéral des lésions carieuses. Cette augmentation de la conductivité est due à la présence de microcavités de déminéralisation bourrées par la salive qui joue le rôle d'électrolyte permettant la transmission du courant électrique. [5][73]

Méthodes endoscopiques :

Ces méthodes ont été testées en utilisant soit la lumière blanche ou la fluorescence. Cette technique fait appel à l'endoscope et une source de lumière blanche qui peut être connecté à l'appareil par un câble de fibre optique. Cependant c'est une méthode lente qui nécessite un séchage rigoureux et une isolation des dents. [73] **Air abrasion :**

Le principe de cette technique de diagnostic des lésions carieuses débutantes est le suivant : si un sillon douteux est observé, le système d'air abrasion permet l'élimination d'une coloration ou d'un bouchon organique par projection d'une poudre d'alumine. Si l'examen suggère de poursuivre la projection d'alumine, seules de très petite quantité de tissus dentaires déjà déminéralisés ou infiltrés sont enlevées, révélant ainsi une lésion sous-jacente, invisible auparavant. Cependant, cette technique est non spécifique du diagnostic de la carie. [73]

Ultrasons :

Tout tissu possède une impédance acoustique qui caractérise son modèle sonore interne ainsi tout changement de ce modèle sonore peut être corrélé à un changement pathologique de ce tissu. [73]

La tomographie :

Cette technique repose sur l'utilisation d'un scanner avec un tube rayon Cde 400 kilovolts qui va réaliser des coupes de 1 mm d'épaisseur.

Cette technique est prometteuse car non invasive et très fiables pour la détection précise de caries, même pour des lésions à cavité non formée.

Néanmoins, la tomographie nécessite un appareillage imposant et impose donc d'adresser ces patients dans des structures spécialisées avec un coût important pour l'assurance maladie. [67]

2.2.4. Nouvelles méthodes de diagnostic :

Les méthodes conventionnelles de diagnostic des caries dentaires telles que le sondage manuel et l'évaluation radiographique sont souvent inefficace pour détecter les défauts de l'émail, car ils peuvent être trop petits ou inaccessible à l'outil de diagnostic. De plus le sondage a le potentiel de stimuler les caries en raison des dommages iatrogènes causé par l'explorateur radiographies (par exemple radiographies inter proximales) bien qu'efficace pour révéler les stades avancés de carie. Ne réussissent pas à détecter les caries précoces, en particulier dans l'anatomie complexe des zones de fissures. [27]

2.2.4.1. Fluorescence laser :

Cette méthode est basée sur la mesure de la fluorescence induite par les dents après irradiation lumineuse afin de différencier entre l'émail carié et l'émail sain.

Le principe de détection est basé sur le changement des propriétés physiques induites par les lésions carieuses parce qu'il y a plus d'eau dans une lésion carieuse que dans l'émail sain. La longueur de trajectoire libre d'un photon lumineux à l'intérieur d'une lésion carieuse est plus courte et moins transparente comparativement à un émail sain.

L'émail sain possède une fluorescence jaune alors que les zones déminéralisées paraissent sombres, on distingue :

2.2.4.1.1. Fluorescence laser quantitative :

Le terme fluorescence laser quantitative QLF est appliqué pour déterminer la fluorescence de la dent induite après l'utilisation d'une lumière laser proche de 400 nm Pour quantifier la déminéralisation et la sévérité de la lésion.

Utilisée sous forme d'une petite caméra intra buccale, des systèmes émetteurs de lumière diffuse produite soit par laser argon dans la région des bleu-vert, soit par arc xénon dans la région des bleus. La déminéralisation de l'émail se traduit par des tâches sombre contrastant avec la couleur de l'émail sain.

2.2.4.1.2. Fluorescence laser quantitative expérimentale avec marqueur DELF :

Le même principe régit ce système à la différence qu'il repose sur l'utilisation d'un marqueur afin de permettre la détection de la lésion initiale sans pour autant améliorer la quantification. [73]

2.2.4.1.3. Caméra intra orales à fluorescence :

Représentent la dernière innovation parmi les systèmes optiques d'aide à la détection de la carie et de la plaque dentaire.

Ces systèmes optiques illuminent la dent et restituent en retour des images de fluorescence analysées par un logiciel de traitement d'image.

- Le principe est d'observer les variations d'autofluorescence des zones amélo-dentaires cariées par rapport aux zones saine de la même dent. La caméra à fluorescence détecte les déminéralisations selon un code colorimétrique. [73]

Bleu = déminéralisation superficielle de l'émail

Rouge = déminéralisation

profonde de l'émail Orange =

déminéralisation superficielle de

la dentine

Jaune = déminéralisation profonde de la dentine.

2.2.4.1.4. Fluorescence laser infra rouge (LE DIAGNODENT)

Présentation du DIAGNOdent : [67]

Le DIAGNODENT est destiné uniquement aux soins dentaires appliqué dans le cadre de la médecine dentaire.

Le DIAGNODENT est un dispositif médical aux termes des dispositions légales correspondantes en vigueur en Allemagne.

Aux termes de ces dispositions l'équipement doit être utilisé par une personne compétente et uniquement pour l'application à laquelle il est destiné dans le respect :

- Des dispositions légales en vigueur concernent la sécurité du travail
- Des mesures de prévention des accidents en vigueur
- Ainsi que des présentes instructions en vigueur en fonction de ces dispositions il est du devoir de l'utilisateur
- De ne se servir que d'instruments de travail en parfait état de marche
- De veiller à ce que l'équipement soit utilisé uniquement pour l'usage auquel il est destiné
- D'éviter une contamination par le produit



Figure (2.2) : Le DIAGNOdent

Mesures de sécurité

Pour garantir la sécurité de fonctionnement des équipements électro médicaux, il est recommandé d'interdire l'utilisation de téléphones mobiles dans les cabinets et les cliniques, ceux-ci pouvant interférer avec les valeurs données par le DIAGNOdent.

Pour les patients porteurs de stimulateur cardiaque, l'utilisation du DIAGNOdent pouvant avoir une incidence sur le fonctionnement du stimulateur, il est recommandé de ne pas utiliser le DIAGNOdent sur ce type de patients.

La règle veut que le patient signale au praticien qu'il est porteur de stimulateur cardiaque. La présentation du certificat d'identification de l'appareil permet au praticien informé d'apprécier dans quelle mesure ces instruments peuvent influencer sur le fonctionnement du stimulateur. Lors de l'anamnèse des patients, la question sur l'implantation éventuelle d'un stimulateur cardiaque devait être aussi systématiquement posée que celles posées lors du questionnaire médical.

Description de l'équipement

- | | |
|--|--|
| 1. visuel pour l'indication de la valeur de mesure actuelle. | 12. touche pour le calibrage. |
| 2. visuel pour l'indication de la valeur maximale (valeur PEAK). | 13. témoin d'usure des piles. |
| 3. sonde. | 14. emplacement mémoire A pour sonde 1. |
| 4. interrupteur à bague. | 15. emplacement mémoire B pour sonde 2. |
| 5. manche. | 16. emplacement mémoire C pour sonde 3. |
| 6. carquois pièce à main. | 17. interface. |
| 7. tuyau. | 18. haut-parleur pour signal acoustique. |
| 8. cache pour deuxième position de carquois. | 19. plaque signalétique. |
| 9. réglage du signal acoustique. | 20. compartiment à piles. |
| 10. présélection de l'emplacement mémoire de la sonde A-B-C. | 21. raccord de tuyau pour sonde. |
| 11. entrée du standard de calibrage. | |

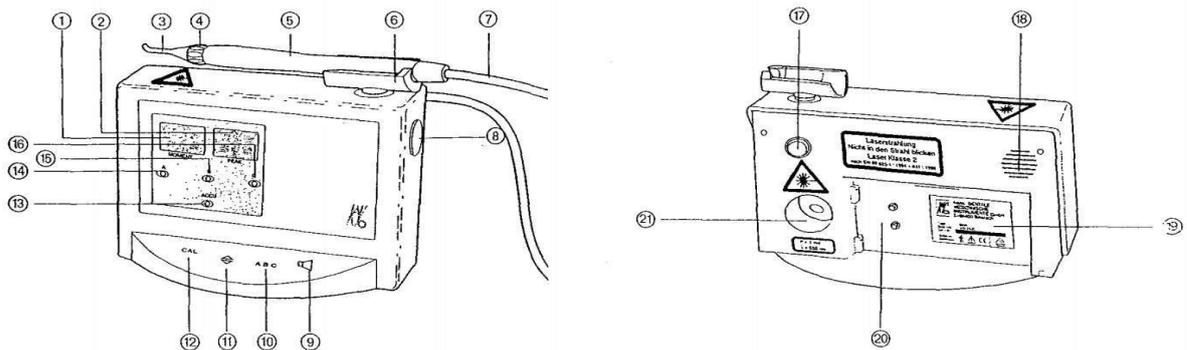


Figure (2.3) : Description de l'équipement du DIAGNOdent

Fonctionnement du DIAGNOdent : [27][45] [67]

Le DIAGNODENT est un nouvel instrument laser créé en 1998. Est considéré comme un système fiable pour diagnostiquer les lésions initiales des puits et des sillons et des surfaces lisses, il permet également d'évaluer les

actions préventives de reminéralisation des surfaces en effectuant des mesures a quelques mois d'intervalle.

Il est constitué d'une diode émettant a 655nm, transportée par une fibre optique centrale puis 8 fibres optiques directrices entourant la fibre émettrice sont chargé de capter la fluorescence émise par la dent, dont l'intensité est liée à la concentration en matière organiques dans les lésions carieuses, qui se distingue de celle des tissus sains. En effet l'émail sain présente un niveau d'intensité de fluorescence minimale dite de base.lorsque le processus carieux commence, l'émail montre des niveaux d'intensité de fluorescence très différents. Ce sont surtout les bactéries et leurs métabolites qui participent à la fluorescence des tissus cariés, le concepteur de l'appareil DIAGNOdent ainsi que le spectre d'émission de fluorescence de la carie dentaire et le même que celui émis par culture de bactéries de la flore buccale sur gélose au sang. L'augmentation de concentration d'une solution de proto-porphyrine montre une croissance linéaire de la mesure du signal du DIAGNOdent avec un seuil minimal de détection de 1,5 $\mu\text{mol} / 1$. La fluorescence de cette gélose décroît avec la distance qui la sépare des colonies montrant ainsi qu'il y'a des métabolites diffusibles pouvant émettre de la fluorescence, un des métabolites susceptibles de jouer le rôle de chromophore est la porphyrine. Les porphyrines apparaissent lors de la synthèse de l'hème est sont aussi produites par différentes bactéries intra orales. En d'autres mots le DIAGNOdent détecte et quantifie la carie. De plus la machine émet des sons dont l'intensité croît à la valeur de la mesure.

Le fabricant fournit une échelle de valeurs visant à aider le praticien dans son diagnostic :

- De 0 à 13 : la dent est considérée comme saine
- De 14 à 20 : l'appareil indique une carie superficielle de l'émail
- De 21 à 29 : une carie profonde de l'émail
- De 30 à 99 : une carie de la dentine

De récentes études ont montré l'efficacité de la fluorescence laser dans la détection des caries occlusales en particulier pour les « caries cachés » qui s'étende dans la dentine, même si le laser ne remplace pas l'examen visuel. Il aurait une très bonne sensibilité mais une spécificité relative.

Par ailleurs l'excellente reproductibilité de l'appareil permet le monitoring des lésions et l'évaluation des résultats des applications fluorées, aussi bien chez l'adulte que chez l'enfant.

La lumière reflétée et la lumière ambiante sont éliminées par filtre spécifique. Une photodiode mesure la quantité de fluorescence passant à travers le filtre, une valeur maximale ou valeur PEAK et la valeur immédiate de mesure seront affichées par le DIAGNOdent.

Le DIAGNODENT donne trois informations :

- Une indication sonore signalant la présence d'une zone déminéralisée
- Une mesure instantanée
- L'enregistrement de la valeur la plus intense

La présence de plaque, de tartre, de matériaux d'obturation, d'aliments, de salive, une proximité pulpaire peuvent fausser les mesures effectuées par l'appareil.

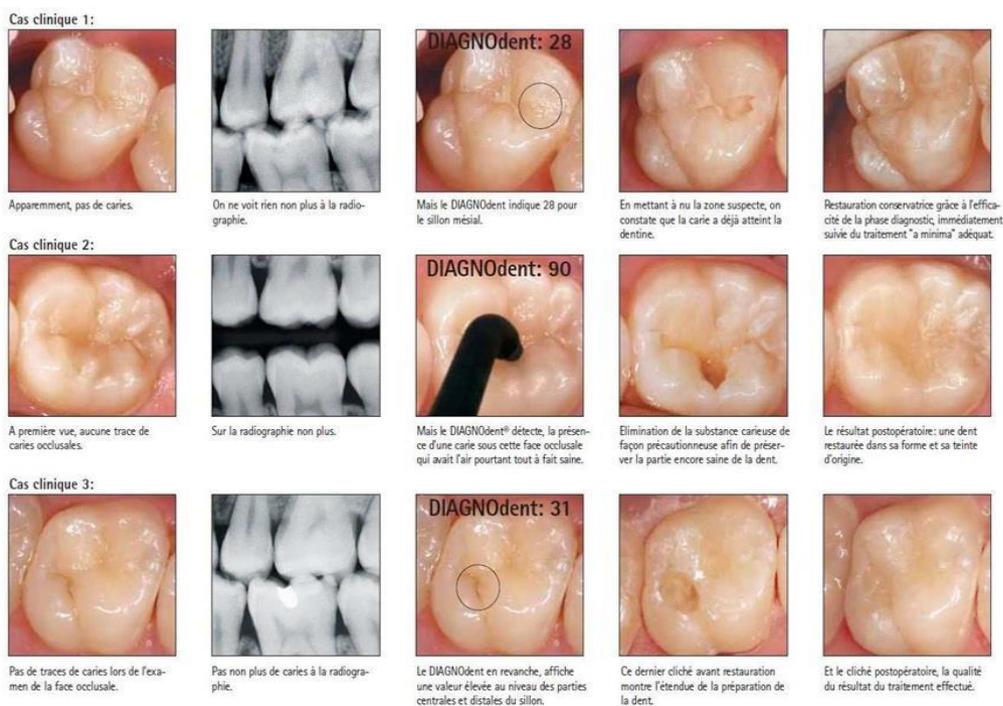


Figure (2.4) : Cas cliniques illustrant l'utilisation du DIAGNOdent. Les clichés montrés ici Nous ont été aimablement Prêtés par le prof. Dr Adrian Lussi(CH-Berne)

Une nouvelle présentation de ce système éliminant le cordon optique : le **DIAGNOdent Pen** a été proposé aux cliniciens, la pièce à main s'équipe de deux types d'embouts biseautés en saphir, l'un cylindrique pour la détection des caries

occlusales et l'autre plat pour la détection des caries proximales. Ce nouveau système est plus ergonomique.



Figure (2.5) : Le DIAGNOdent Pen

Utilisation - manipulation : [67]

Un nettoyage sérieux est tout d'abord réalisé, la dent à observer étant nettoyée avec de la ponce puis avec de l'eau ou de l'hypochlorite de sodium à 2.5%, le but étant d'éliminer la totalité de plaque du tartre et des débris alimentaires.

Il est nécessaire de nettoyer et sécher avant chaque mesure si non une valeur erronée, inférieure ou supérieure à la valeur réelle, s'affiche.

Il faudra tout d'abord choisir la sonde éclairante A ou B en sachant que :

- La sonde éclairante A est de forme conique avec une petite plage de mesure
- La sonde éclairante B est de forme plane avec une grande plage de mesure donc moins précise que la sonde A. La sonde B pourra être utilisée en première intention alors que la sonde A sera utilisée pour affiner les valeurs données par le DIAGNOdent. La mise en fonction du DIAGNOdent sera réalisée en activant l'interrupteur à bague (4 sur fig) jusqu'à ce que le signal acoustique retentisse deux fois et que l'affichage set 0 apparaisse sur les indicateurs visuels du DIAGNODENT (1 et 2 sur la figure) puis l'emplacement de la sonde est présélectionné la diode verte de la sonde s'allume.

La manipulation du DIAGNOdent doit d'abord se faire par un calibrage et ceci par le réglage de la constante dentaire en plaçant la sonde éclairante sur une surface saine de la dent. Le DIAGNODENT ou plus exactement la sonde sera ainsi adaptée individuellement au patient.

Après activation de la pièce à main grâce à l'interrupteur à bague on applique la sonde choisie sur la dent, le contact avec la dent devant être à peine perceptible. Plus la valeur donnée par le DIAGNOdent augmente, plus la fréquence du signal acoustique augmente.

Des mouvements pendulaires permettent d'obtenir une plus grande précision du fait de la dispersion de la lumière.

L'appareil garde en mémoire la valeur maximale ou valeur PEAK pendant tout le temps du balayage, pour remettre à zéro cette valeur maximale, l'interrupteur à bague est actionné jusqu'à ce que le signal acoustique retentisse une fois et ceci avec la pointe de la sonde en l'air. Cette remise à zéro est réalisée à chaque fois que de nouvelles mesures sont faites est l'affichage 00 00 apparaît.

Le DIAGNOdent est spontanément mis hors tension Après environ deux à quatre minutes sans mesure ou sans actionner l'interrupteur à bague.

- Avantages pour le patient :
 - Dépistage précoce et efficace des caries
 - Modernité du procédé (la substance dentaire encore saine est préservée)
 - Traitements à < minima> et indolores ○ Le plaisir de conserver ses dents naturelles
- Avantages pour le clinicien :
 - L'assurance de ne pas avoir oublié de caries cachées
 - Détection atraumatique
 - Diversification de vos choix thérapeutiques
 - Un investissement vite rentabilisé

2.2.5. Laser et vitalité pulpaire :

2.2.5.1. Tests de vitalité : [84]

L'objectif est de déterminer si la pulpe est vivante, saine, inflammatoire, ou nécrosée en appliquant une stimulation sur la dent suspecte et en observant sa réponse.

2.2.5.1.1. Tests thermiques :

Avec le froid :

On utilise un gaz liquéfié, le dichlorodifluoromethane (D.D.M), pulvérisé sur une boulette de coton tenue par une précelle, appliqué sur la zone cervicale

vistibulaire de la dent préalablement asséchée et isolée (rouleaux de cotons dans le vestibule), en évitant de toucher la gencive, la muqueuse ou les dents voisines pour éviter de fausser la perception du patient.

On commence par tester la dent témoin saine (dents controlatérales ou collatérales), jamais la dent suspecte en premier.

L'interprétation est dominée par le fait qu'une réponse négative ne veut rien dire.

L'absence de réponse ne signifie pas obligatoirement que la pulpe est nécrosée. La pulpe peut être vivante, mais isolée des variations thermiques par de la dentine sclérotique et réactionnelle, par une obturation, ou encore sénescence : On a un faux négatif.

Seuls les résultats positifs sont significatifs : la dent est vivante (les faux positifs sont rare si le test est correctement mis en œuvre). Une réponse normale est une réponse positive : le patient ressent une sensation vive, identique à celle des dents témoins, et qui s'arrête immédiatement dès que le coton réfrigéré est retiré.

Avec le chaud :

On procède comme pour le test au froid, en comparant dent suspecte et dent saine, avec un bâtonnet de gutta-percha chauffé à la flamme (qui doit fumer, sans brûler) et porté directement sur la dent vaselinée (éviter que la gutta-percha colle à la dent).

L'interprétation est la même que pour le test au froid. Si la pulpe est inflammatoire, le chaud aura tendance à accentuer la congestion pulpaire, à exacerber la douleur et à déclencher une crise plus violente. Si le test déclenche une crise, il faut être prêt à anesthésier la dent causale.

2.2.5.1.2. Test électrique (Pulp tester) :

Ce test est basé sur l'utilisation d'un courant électrique, dont on peut augmenter graduellement l'intensité jusqu'à obtenir une réponse. On applique l'électrode du pulp tester sur la dent isolée et séchée, dans une zone proche de la pulpe sur laquelle on dépose une goutte de dentifrice pour améliorer le contact email/électrode, en commençant toujours par une dent témoin saine pour établir une donnée de référence. L'interprétation est la même que pour les tests thermiques.

2.2.5.1.3. Test de sensibilité au fraisage (test dit de cavité) :

Il vise à déterminer si la dent est vivante, la dentine vitale étant sensible au fraisage (section des odontoblaste). Si la dent est nécrosée le fraisage n'entraîne aucune réponse, on peut arriver ainsi sans douleur jusqu'à la chambre pulpaire.

Le test est effectué sans anesthésie, avec une fraise boule 08 montée sur turbine.

On peut réaliser ce test dans deux situations :

- Dent suspecte sans carie.
- Dent couronnée, lorsqu'il persiste un doute sur la vitalité.

C'est le test le plus fiable, mais à réaliser en dernière intention car contrairement à tous les autres tests c'est un test invasif.

Des tests de sensibilité (thermique ou électrique) combinés avec des radiographies sont généralement utilisés. Ces tests sont arbitraires, sur la base de sensations et donc pas toujours faibles.

De plus chez les enfants, le processus de myélinisation tardif ajouté à une coopération incertaine rend les résultats des tests de sensibilité problématiques.

Lors d'un traumatisme, se fier aux sensations pulpaires n'est pas possible et peut conduire à un traitement inapproprié suite à la sidération pulpaire.

Enfin, lors de soins sous anesthésie générale, ou après des transplantations dentaires, nous ne pouvons contrôler la vitalité pulpaire en nous basant sur les sensations du patient.

La mesure du flux sanguin semble donc permettre une meilleure évaluation de la vitalité pulpaire. La méthode la plus étudiée et la plus documentée d'enregistrement de la circulation sanguine est la fluxmétrie laser Doppler (LDF).

2.2.5.2. Fluxmétrie Laser Doppler : [68]

Ce système a été initialement développé pour mesurer le débit sanguin des systèmes micro-vasculaires tel que la rétine, le cortex du rein, les muscles, etc. Il a été testé sur pulpe pour la première fois en 1986. Cet appareil est initialement prévu pour mesurer un flux sanguin assez important.

Effet Doppler :

En projetant un faisceau cohérent, monochromatique, avec une longueur d'onde connue sur un tissu vascularisé nous mesurerons le flux sanguin : la

différence de fréquence entre le faisceau incident et le faisceau réfléchi ayant percuté des hématies en mouvement permet de mesurer la vitesse avec laquelle se déplacent les hématies.

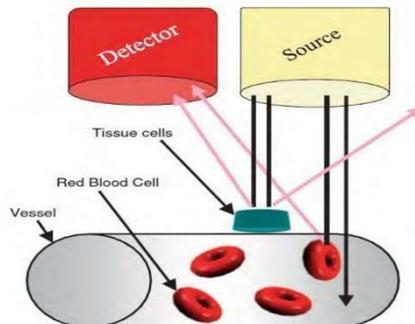


Figure (2.6) : Les principes du laser Doppler

Laser Doppler :

C'est donc un système de mesure optique : comme les hématies représentent la grande majorité des éléments en mouvement à l'intérieur du sang, la mesure évalue des changements dynamiques dans le flux sanguin par détection d'un mouvement de cellule sanguine dans un petit volume de tissu (environ 1 mm^3). Les mesures de fluxmétrie laser doppler sont exprimées en unités de perfusion (PU). Les PU ne sont jamais comparables entre les différents types de dispositifs, et pour un même appareil ils peuvent aussi varier dans le temps sauf si le dispositif est fréquemment étalonné à partir de suspensions spéciales de particules.

Les lasers de choix sont les lasers hélium-néon ou à diodes, de puissance faible (de l'ordre du mW), émettant entre 600 et 800 nm. Plus la longueur d'onde est augmentée, plus le faisceau pénètre dans la dent. Cela permet d'obtenir des signaux plus amples, mais le risque de mesurer un signal extra pulpaire augmente.

Description du periflux système 5000 :

Le periflux système 5000 (perimed, Suède) est un exemple d'appareil. Il est composé d'une unité principale, contenant le laser diode (780 nm, 1 mW). Un écran affiche les données en unité de perfusion (PU).

L'unité principale est reliée à un ordinateur sur lequel un logiciel de traitement des données est installé. De cette même unité part une sonde optique contenant la fibre émettrice et le système de fibres réceptrices.

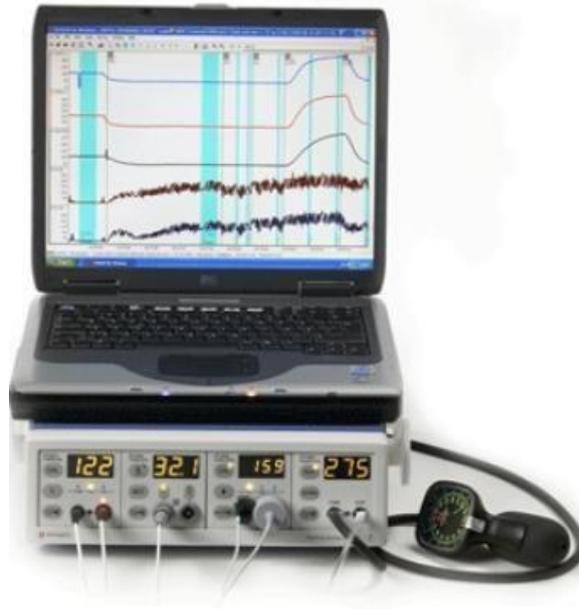


Figure (2.7) : PeriFlux Système 5000

Étalonnage :

L'appareil est calibré avant chaque utilisation dans une solution dont le flux est 250 PU. Un disque de calibrage permet de contrôler la valeur PU.

Mesures :

Avant l'utilisation du laser, le patient doit être au repos depuis dix minutes.

L'enregistrement se fait sur un patient allongé, et dure environ trois minutes. Un porte sonde fixé sur la dent maintient la sonde. Sur l'ordinateur, nous visualisons l'enregistrement du flux sanguin pulpaire, ainsi que la valeur moyenne du flux.

Efficacité :

En 2011, Karayilmaz et al ont comparé sur 59 paires de dents antérieures maxillaires l'efficacité du test électrique, du laser Doppler à fluxmétrie et de l'oxymétrie de pouls, ils ont réalisé des mesures sur des dents dépulpées et des dents vitales. La fluxmétrie laser Doppler a été plus fiable que les deux autres systèmes.

En 2010 Roy et al ont fait une étude dans le cadre d'une thèse. Ils utilisent le nouveau periflux système 5000 (de perimed, stockholm, Suède) et trouvent que les enregistrements des valeurs numériques PU des flux sanguins pulpaire obtenus sur les dents à pulpe vitale et sur les dents obturées ne permettent pas le diagnostic de la vitalité pulpaire.

Cependant, le logiciel perisoft permet de visualiser la courbe de vitesse des hématies, qui elle, permet de distinguer les dents vitales des non vitales : la courbe est homogène, avec des oscillations régulières lorsque les dents sont vitales, alors que celle des obturées est une succession de lignes verticales.

Difficultés rencontrées :

- La température doit être constante dans la pièce et identique lors de chaque évaluation pulpaire d'une même dent.
- Le patient doit être au repos, depuis 10 minutes, dans une position allongée ou semi allongée. - Il gardera cette position pendant les 3 minutes ou les mesures du flux seront réalisées.
- Il ne faut pas enregistrer un signal autre que celui de la pulpe (enregistrement du parodonte). Pour cela certains auteurs proposent d'isoler la dent avec une digue, ce qui complique le protocole.
- La stabilisation de la sonde sur la dent n'est pas évidente.
- Afin de pouvoir comparer les résultats, un positionnement identique lors de chaque mesure est nécessaire.
- La dent doit être exempte de dyschromies, La présence d'hématies en voie de dégradation dans les tubulis dentinaires fausse aussi les résultats. Celle de la dentine réactionnelle est aussi un problème lors de la pénétration du faisceau dans les tissus.
- En traumatologie, discipline qui semble intéressée par la fluxmétrie laser Doppler, le type de fracture influence la prise de mesure. En effet il peut être problématique de positionner la sonde lors de fractures coronaires.
- Il est impossible de l'utiliser sur des dents qui ont de volumineuses reconstitutions coronaires.

Enfin, sa fiabilité n'est pas encore optimale, mais prometteuse.

Avantages :

Même si la mise en place de ce système est compliquée, et les résultats aléatoires, cela reste une technique d'avenir qui sera objective, semi quantitative et reproductible.

De plus c'est une technique non invasive, qui ne fait pas intervenir un stimulus nocif pour le patient, rendant la mesure plus confortable.

2.3. Action du rayonnement laser sur les tissus dentaires :

C'est à Darling que l'on attribue les premières études du laser sur le tissu carié. De ces études vont ensuite découler plusieurs publications notamment celle des chercheurs Stern et Sognaes de l'université de Californie sur les effets du laser à rubis sur l'émail à la déminéralisation toutes fois après de nombreuses études clinique, l'utilisation de laser à rubis sur les tissus durs a été abandonnée du fait des trop grands dégâts causés sur le complexe pulpaire.

De nouvelles recherches sur de nouveaux lasers ont donc été entreprises. En 1985 Stewart arriva à la conclusion que l'utilisation du laser CO₂ sur l'émail entraîne la formation d'un composé qui se fixe à l'émail. En 1991, Walsh et Perham pose une des indications du laser CO₂ à savoir le scellement des puits et des fissures. Hibst et Kellar ont été les premiers en 1989 à étudier l'usage d'un laser Er ;YAG pulsé pour éliminer les tissus dentaires minéralisés, émail et dentine qu'ils soient sains ou cariés. [27]

2.3.1. Principes fondamentaux : [27]

Le laser est utilisé pour réaliser un transfert d'énergie entre le rayonnement et le tissu cible. L'effet est fonction de la densité d'énergie, du temps d'application du rayon sur les tissus, de la longueur d'onde et de son mode, continu ou pulsé. Après irradiation laser quatre types d'interaction peuvent survenir :

- La réflexion
- La transmission
- La diffusion
- L'absorption

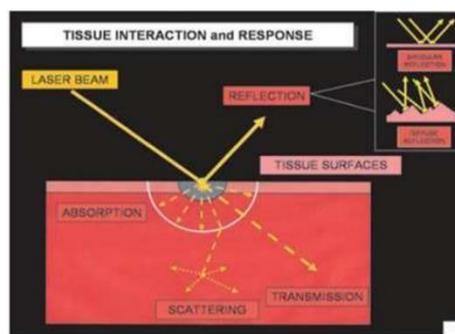


Figure (2.8) : Les interactions laser/ tissu

2.3.1.1. Réflexion :

La réflexion est un brusque changement de direction d'une onde à l'interface de deux milieux. Il s'agit en fait d'une absorption quasi nulle, ne provoquant aucun effet thermique sur le tissu. Le rayonnement est réfléchi sur le tissu cible comme sur un miroir. Deux processus de réflexion sont possibles :

- La réflexion spéculaire (le rayon est réfléchi dans une unique direction)
- La réflexion diffuse (le rayon est réfléchi dans de multiples directions)

2.3.1.2. Transmission :

Ce phénomène correspond au transfert d'énergie à travers les tissus. Il n'a aucune incidence (aucun effet ni lésion)

2.3.1.3. Diffusion :

Elle correspond à la propriété que possède la matière à disperser la lumière dans toutes les directions. Cette diffusion se fait sans perte d'énergie ni échange thermique.

2.3.1.4. Absorption :

L'absorption désigne le processus par lequel l'énergie électromagnétique est transformée en une autre énergie. Quand la lumière laser est absorbée elle se transforme en énergie thermique.

2.3.2. Action sur l'émail :

2.3.2.1. Traitement par laser Erbium :

Deux lasers ont été sélectionnée pour leur efficacité dans les soins conservateurs, le laser Er ;YAG 2 940 nm et le laser Er ;Cr YSGG 2 790 nm. La propriété qui a permis d'envisager l'usage du laser Er ;YAG en odontologie restauratrice est l'absorption du rayonnement laser par deux composants principaux des tissus dentaires: l'eau et l'hydroxyapatite. Pour l'eau le pic d'absorption dans le moyen infrarouge se situe à la longueur d'onde de 2940 nm (l'absorption est 8 à 10 fois plus important que pour le laser CO₂ et 20 000 fois plus que pour le laser Nd ;YAG).

Pour l'hydroxyapatite Ca₁₀(PO₄)₆(OH)₂, le pic d'absorption moyen se situe à 9 600 nm. Ainsi l'action d'une irradiation laser sur l'émail et sur la dentine résulte de la combinaison de l'absorption du rayonnement dans l'eau et l'hydroxyapatite.

A la longueur d'onde de 2 940 nm l'absorption est deux fois plus élevée pour la dentine que pour l'émail. L'ablation dentinaire est donc plus efficace que l'ablation amélaire. [27]

2.3.2.1.1. Laser Er : YAG :

Le laser Er :YAG a été présenté par Zharikov en 1974 .la famille des lasers à l'erbium comprend plusieurs systèmes caractérisés par une émission de lumière d'une longueur d'onde d'environ 3 000 nm qui émet dans l'infrarouge sur la partie invisible du spectre électromagnétique.

De nombreux chercheurs ont analysé les applications potentielles du laser Er :YAG sur les tissus durs dentaires et particulièrement pour la suppression de la dentine cariée. Sur les tissus durs, il donne des meilleurs résultats que les lasers ayant d'autres longueurs d'onde (Bertrand et Rica. 2005) :

- Il a une capacité de suppression de l'émail et la dentine un peut comparable à celle obtenue avec les instruments rotatifs traditionnels (Aoki et al 1998).
- L'absorption de son rayonnement dans l'eau et l'hydroxyapatite permet cette action sur les tissus durs dentaires.
- L'adjonction conjointe d'un spray d'eau permet de minimiser les effets thermiques aussi bien sur la pulpe que sur les tissus environnants.
- Ainsi sous irrigation d'eau, son rayonnement permet mieux de contrôler la température pulpaire, l'échauffement étant diminué par rapport aux instruments rotatifs à grande vitesse.

Le principe ablatif du laser Er :YAG est dû à l'absorption de l'énergie par l'eau, ce qui donne une réaction explosive avec, comme résultat, l'ablation des tissus mous, des tissus osseux ou des tissus dentaires. (Figure. ..)

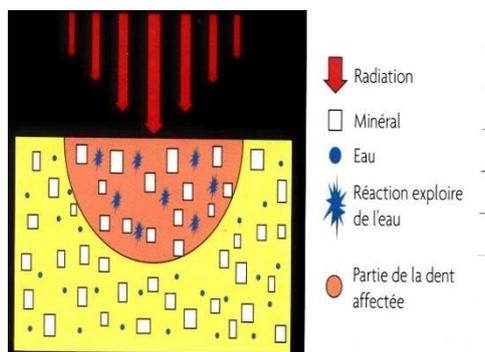


Figure (2.9) : Effets du laser Er:YAG sur l'eau

À ce jours, peu d'études expérimentales ont comparé le degré de micro-infiltration de restauration en résine composite en différenciant les préparations

effectués avec les instruments rotatifs diamantés et celles effectués avec le laser Er :YAG (Lupi-Pegurier et al., 2003).

Dans celle de Baldini(2004), sur des dents extraites, l'évaluation de la préparation de la cavité a donné lieu aux examens suivants :

- Calcul du temps nécessaire pour la préparation de chaque cavité
- Mesure de l'élévation de température à chacune de ces préparations grâce à un dispositif thermosensible (système 870)
- Étude de la morphologie des cavités préparées :
 - 10 cavités préparées avec laser Er:YAG et 10 cavités préparées avec un instrument rotatif ont été comparées macroscopiquement avec un stéréoscope.
 - Les mêmes cavités ont été déshydratés avec des solutions d'éthanol à des concentrations élevées (70, 80, 90 et 100 % d'éthanol) pendant 24 heures, puis chacune d'elles a été séchée au CO₂ liquide et, enfin, recouverte d'une couche de platine pour être observée au microscope électronique à balayage (SEM) à 15 ou 21 kV.

Les résultats des essais ont suggéré les conclusions suivantes : l'analyse microscopique optique et électronique montre que les surfaces préparées avec le laser Er:YAG sont irrégulières, avec un aspect (froissé) . La dentine exposée à ce laser apparaît avec des orifices intertubulaires et des tubuli dentinaires ouverts comparables à l'image obtenue après mordantage. [48]

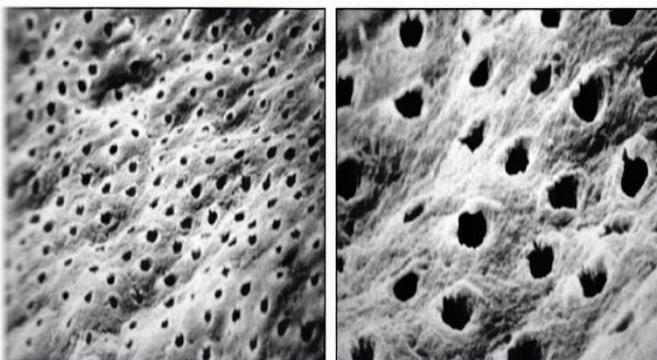


Figure (2.10) : Vue stéréo-microscopique après le traitement d'une cavité laser assistée



Figure (2.11) : Vue au microscope électronique des tissus dentaires traités aux instruments rotatifs à grande vitesse

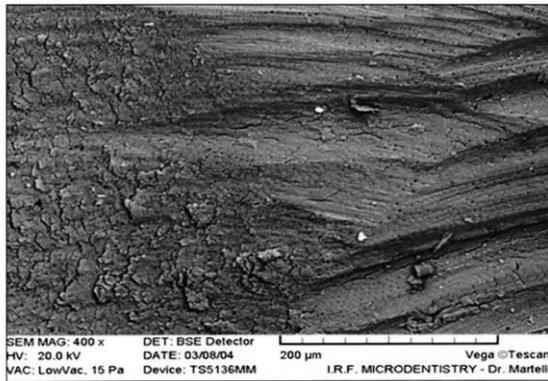


Figure (2.12) : Vue au microscope électronique des mêmes tissus après un décapage à l'acide orthophosphorique 35%

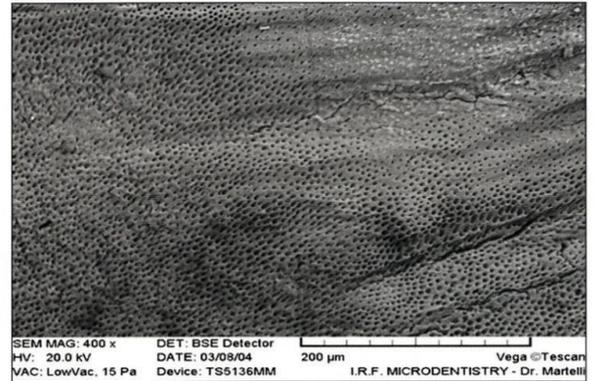


Figure (2.13) : Vue au microscope électronique des tissus dentaires traités par le laser Er:YAG

Effet bactéricide de laser Er : YAG :

La carie est une maladie poly-microbienne qui correspond à une déminéralisation acide des tissus durs de la dent. Ces acides sont produits par les bactéries endo-buccale. Les micro-organismes impliqués dans le processus carieux appartiennent à trois genres bactériennes (travaux de keys):

- Le groupe de Streptococcus mutant impliqué dans l'initiation de la lésion Carieuse
- Le genre de Lactobacillus impliqué dans la progression de la lésion carieuse
- Le genre d'Actinomyces impliqué plus particulièrement dans les caries radiculaires.

En fait, l'énergie est transformée en chaleur qui se dispose sur une couche de surface mince qui correspond à la profondeur de stérilisation.

Dans les études bactériennes réalisées à des profondeurs différentes, il a été observé que l'élimination bactérienne était complète sur 0.3 à 0.4 nm. Pour une stérilisation complète, une dose totale d'environ 100 J/Cm² doit être appliquée. Cette dose ne dépend pas de la fréquence de répétition des pulsations.

Des études ont prouvé qu'une augmentation de la puissance laser entraînait une diminution de la croissance bactérienne. [27]

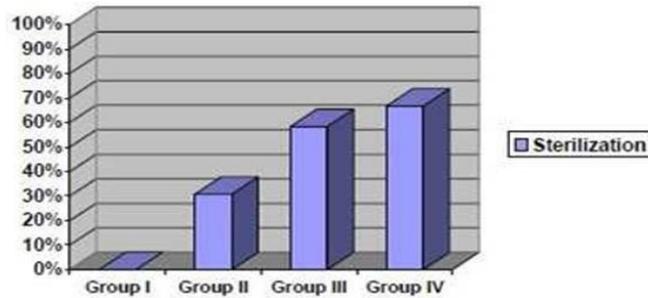


Figure (2.14) : Ce diagramme est issu de l'étude Leco-Berrocacal

Le groupe I représente le groupe témoin, le groupe II a été irradié avec un laser laser 2 Kavo à 250 mJ, le groupe III à 350 mJ, et le groupe 4 à 450 mJ. Le diagramme représente les résultats obtenus à 7 jours

2.3.2.1.2. Laser Er ; Cr : YSGG :

Le mode de fonctionnement de ce type de laser est à peu près équivalent au laser Er:YAG à savoir une expansion sous (l'explosion) des molécules d'eau. Il émet un bruit sec caractéristique même lorsqu'il n'est pas en contact avec le tissu dentaire. Ce type de laser nécessite une énergie plus importante, l'ablation des tissus durs commence à une énergie de 10 à 14 J/cm² (6-10 J/cm² pour Er:YAG). Le mécanisme d'ablation tissulaire utilise comme pour le laser Er:YAG, un effet thermomécanique, mais il utilise également l'effet hydrophotonique apporté par les microgouttelettes d'eau du spray.

En effet Rizoiu et al ont démontré que les gouttelettes d'eau du spray absorbaient l'énergie laser, entraînant leur excitation est donc leur micro-expansion. Ainsi les forces résultant de cet effet provoquent la séparation mécanique des matériaux de surface, à savoir l'élimination des tissus durs de la dent. [27]

2.3.2.2. Laser CO₂ :

Le laser CO₂ a été mis au point par Patel en 1964. Son haut coefficient d'absorption dans l'eau et l'hydroxyapatite permet son utilisation en odontologie conservatrice. Il émet dans les infra-rouges à une longueur d'onde de 10600 nm. Du fait de cette longueur d'onde le faisceau est transporté par un guide d'onde creux (hollow glass guide technology) et non par une fibre optique qui provoquerait une perte d'énergie trop importante. Ce laser est utilisé sans contact avec le tissu cible. Le laser peut être utilisé en mode pulsé ou continu. Toutefois l'utilisation du mode continu en odontologie conservatrice a montré ses limites, en effet il a été observé une carbonisation des tissus. Ainsi nous préférons le mode

pulsé pour l'ablation des tissus minéralisés. Effectivement, l'utilisation du mode pulsé permet de réduire les effets thermiques. De nouveaux lasers CO₂, plus modernes, ont été développés avec un mode spécifique, le mode super pulsé. C'est-à-dire que le laser émet une puissance de crête très élevée à une fréquence très rapide provoquant des impulsions très puissantes interrompues à intervalle régulier. Du fait des interruptions du flux énergétique, on obtient une meilleure dissipation de la chaleur et donc une diminution des risques de lésions thermiques. La longueur d'onde utilisée n'est alors plus 10600 nm mais 9600 nm.

En ce qui concerne les traitements des tissus dentaires durs, le laser CO₂ est utilisé pour le conditionnement de l'émail, la stérilisation des cavités, le traitement des sensibilités dentinaires, les coiffages directs et l'inhibition des caries initiales.

Il provoque des modifications microstructurales de l'émail et de la dentine par fusion, à savoir : L'émail devient blanc nacré et /ou transparent comme du verre

- Une vaporisation de l'aspect de surface
- Une carbonisation de la matrice collagénique
- Une couche fondue de 50 µm recristallisée

Le cristal d'hydroxyapatite, par remaniement en phosphate tricalcique et tétracalcique, se restructure sur des épaisseurs variant de 30 à 100 µm selon les paramètres d'irradiation utilisés. On remarque également la présence d'une couche atteinte thermiquement sur 150 µm et transformée, plus ou moins fissurée, sous la précédente ou alternant avec elle. Ces transformations structurales s'accompagnent de la stérilisation systématique de la dentine subsistante, de la cicatrisation avec régénération tissulaire et souvent de reconstruction de dentine secondaire lors d'une atteinte pulpaire à distance.

En conclusion, on peut observer la création d'une zone de surface plus homogène, dure et plus résistante à la dissolution acide (MELCER). Ainsi, la dentine exposée tend à s'opposer à la réinfection et aux complications de la maladie initiale. Le rayon laser provoque donc une activation cellulaire qui entraîne la formation d'une dentine réactionnelle en regard de la lésion (Franquin). Le rayon Laser également une vitrification de la dentine saine et une stérilisation de la dentine exposée, tout en conservant le réseau vasculaire sous odontoblastique (indispensable à la vitalité pulpaire).

Les parois de la cavité obtenue par irradiations laser apparaissent irrégulières. L'utilisation du laser CO₂ à faible fluence permet une altération de l'émail et de la dentine pour en augmenter sa résistance aux attaques acides. Les recherches effectuées à l'aide d'un laser au CO₂, n'ont pas entraîné de lésions pulpaires cliniquement manifestes après une durée d'observation de deux ans (Moritz A 1998a; Moritz A 1998b; Walsh J 1994). [27][48]

2.3.2.3. Laser Nd:YAG :

Le laser Nd,YAG a été élaboré en 1964 par Geusic et Coll. Il émet dans l'infrarouge à une longueur d'onde 1064nm. Les études réalisées sur l'utilisation du laser NdYAG dans le domaine de l'odontologie conservatrice s'accordent sur son efficacité. À savoir la recristallisation de l'apatite et la formation d'une phase additionnelle de phosphate de calcium : c'est-à-dire un substitut de magnésium bêta-TCMP, beta-(Ca Mg) (PO₄)₂ et tétra calcium phosphate TetCP, Ca (PO₄)O. Cependant comme pour l'ensemble des lasers commercialisés les scientifiques s'accordent sur le fait qu'une application prolongée du laser Nd:YAG provoque des dégâts thermiques. En odontologie conservatrice, un échauffement de la pulpe peut provoquer des dégâts irréversibles. Von et Fraunhofer et Allen ont évalué qu'une irradiation de 1W pendant 12 secondes entraînait des risques de dommage pulpaire. Goodis définissait qu'une irradiation de 3W pendant 2 minutes provoquait une modification histologique de la pulpe.

Hening a démontré que la lumière laser était mieux absorbé par l'émail carié que par l'émail sain. Il serait donc possible grâce au laser Nd:YAG d'éliminer la lésion carieuse tout en conservant l'émail sain. Cette hypothèse est validée en 2002 par Harris. [27]

2.3.2.4. Laser diode 980 nm :

L'utilisation de ce laser sur la structure dentaire a permis de montrer l'augmentation de la micro-dureté de l'émail. D'après une étude à l'université de chirurgie dentaire de Timisoara : cette étude est menée sur un pool de 36 dents monoradiculées. Les modifications structurelles observées lors d'une irradiation laser sont due au changement de la composition minérale de la dent, une diminution de la matière organique et une réorganisation structurelle des cristaux d'hydroxyapatite. Il s'agit en réalité d'une microfusion de l'émail. [27]

2.3.2.5. Laser argon :

Blankenau et Powell ont montré que l'utilisation du laser argon sur l'émail engendre une augmentation de la résistance à la déminéralisation acide. 10 à 70 J/cm² sont nécessaires pour obtenir une diminution de 50% de potentiel de dissolution et on obtient même un résultat de 80% lorsqu'on le couple à l'utilisation de fluorure. Ce phénomène serait dû à une modification de la composition de l'émail. A savoir une diminution de la composante organique ainsi qu'une diminution des carbonates, permet une dissolution moindre dans les acides. On observe une modification de l'axe des cristaux d'émail augmentant ainsi la résistance. [27]

2.3.3. Action sur la dentine :

2.3.3.1. Effet du rayonnement laser CO₂ :

De nombreux auteurs ont observé, avec différentes méthodes d'analyse comme la microscopie photonique, la microscopie électronique, l'analyse par diffraction aux rayons X, les altérations produites sur la dentine après exposition à un rayonnement laser CO₂ à exposition continue. Kantola (1972) décrit la dentine irradiée par un laser CO₂ est recristallisée par fusion. L'examen microradiographique des impacts montre des caractères dont les parois sont fendues et fissurées. Il observe deux zones hyperminéralisées de 50 à 100 µm d'épaisseur, une zone externe fondue et une zone plus profonde, moins minéralisée :

- La zone externe possède une minéralisation comparable à celle de l'émail avec une augmentation de 15 % en calcium et de 20% en phosphore. Il se produit une fusion de la dentine, une évaporation de l'eau et une combustion de la phase organique après l'exposition de la structure au rayonnement ;
- La zone plus profonde est moins minéralisée avec seulement une augmentation de 7% en calcium et de 6% en phosphore. Il n'existe pas de fusion complète et une partie de la matrice organique demeure dans le tissu.

D'après cet auteur, l'augmentation du calcium et du phosphore résulte de la carbonisation de la matrice organique et probablement d'un processus de recristallisation de la composante minérale durant l'irradiation laser.

Kantola (1973) confirme ses résultats avec une autre étude d'analyse par diffraction aux rayons X de surface dentinaire lasérisée. La dentine fondue recristallisée présente une structure d'hydroxyapatite. Ces observations seront faites aussi par d'autres équipes.

Melcer (1984 et 1985) observe la dentine des dents exposées au rayonnement laser CO₂. Il décrit trois types d'effets :

- Modification de la structure cristalline par fusion
- Augmentation de la microdureté
- Stérilisation dentinaire

Des études portent sur le traitement de l'hypersensibilité dentinaire. Boninet al. (1991) obtiennent, au niveau de la dentine cervicale, l'oblitération des tubuli avec un laser CO₂ guide d'onde scellé (Laserat TM CO₂) en application continue ; avec le même type d'appareil, Bourgeois et al. (1994) utilisent un protocole à 2 W et un temps d'exposition de 0,1 s en admettant que deux ou trois séances peuvent être nécessaires. [18][48]

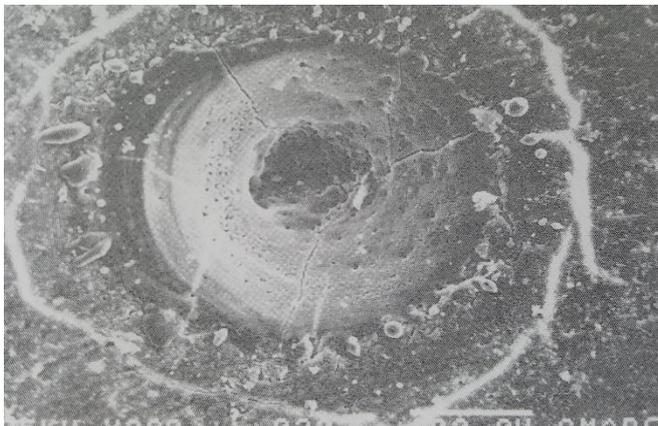


Figure (2.15): Cratère réalisé par un tir CO₂ à 3 W et 0,1 seconde avec présence de la couche carbonisée (d'après Bouvier et al., 1993)



Figure (2.16): Fort grossissement (x2 000) du cratère qui présente de la dentine fondue recristallisée en tigs enchevêtrées (d'après Bouvier et al., 1993)

2.3.3.2. Effet du rayonnement laser Nd ;YAG :

De nombreux auteurs partagent le même avis quand aux effets de ce laser sur la dentine. En effet il a été observé une vérification de la dentine ayant comme objectif une augmentation de la dureté et de la résistance à la déminéralisation acide.

On observe également une fermeture des tubulis dentinaires jusqu'à une profondeur de 4 μm ce qui permet de diminuer la perméabilité et donc de prévenir les récives. La fermeture des tubulis dentinaires permettrait de prévenir les risques d'hypersensibilité souvent observés dans les suites opératoires des soins conservateurs. De plus il semblerait que le rayonnement a un effet temporaire d'analgésie réversible du bloc nerveux ainsi ce laser pourrait être utilisé sans anesthésie.

Ce laser permet l'élimination de boue dentinaire, et possède également une action bactéricide jusqu'à une profondeur de 1 000 μm sur les Gram+ comme pour les Gram -.

A priori l'élévation thermique est faible pour ce type de laser, toutes fois certains auteurs recommandent l'utilisation combinée d'eau et l'aire pour refroidissement. A partir d'une seconde d'application avec une puissance de 15 watts, l'impact prend la forme d'une géode dont le fond présente une vitrification en forme de bulle de savon.

Avec le même temps d'application mais une puissance augmentée la géode s'approfondit et une importante vitrification n'apparaît plus, si la puissance est maintenue et le temps d'application augmenté, le halo de diffusion thermique s'amplifie mais la forme du cratère est stabilisée. [27][15]

2.3.3.3. Effet du rayonnement laser Er : YAG : [11][27]

Nous nous baserons sur l'étude morphologique de la dentine apres l'action du rayonnement laser Er : TAG.

- 25 molaires non cariées sont utilisées pour cette étude. 20 échantillons de dentine sont prélevés au niveau du tiers médian des dents. Ces échantillons sont ensuite exposés à une irradiation laser sous Spray d'eau continu (1ml/min).

- Les 5 autres échantillons sont irradiés sans eau. Le laser utilisé est Er ;YAG key «laser kavo dental jena Germany chaque échantillons est irradié sans contact, avec un faisceau de 1 mm de diamètre à une distance de 2 à 3 mm, à une fréquence de 2 Hz et une puissance de 200 mJ (25.5 J/Cm²). Les résultats sont évalués par stéréoscopie. (La stéréoscopie est l'ensemble des techniques mises en œuvre pour reproduire une perception du relief à partir de deux images planes).
- 5 échantillons irradiés sans eau et 5 irradiés avec eau sont étudiés sous SEM (La Microscopie Electronique à Balayage MEB ou SEM pour Scanning Electron Microscopy)est une technique de microscopie électronique basée sur le principe des interactions électro-matière capable de produire des images en haute résolution de la surface d'un échantillons .
- 5 autres échantillons sont étudiés par microscopie électronique par transmission. Et les dix derniers échantillons traités avec eau sont analysés par SEM-EDX.

Sur les échantillons irradiés sous spray d'eau, on observe une surface rugueuse et irrégulière qui prend une couleur blanchâtre après séchage au spray d'air. Il n'y a pas de signes de carbonisation ou de fissuration de la dentine, contrairement aux échantillons irradiés spray d'eau.

L'analyse en microscopie électronique à balayage (SEM) :

Montre l'absence de smear layer, on constate également que la dentine intertubulaire a subi une ablation plus importante que la dentine péri-tubulaire, provoquant ainsi l'exposition des tubules dentinaires, pour les échantillons irradiés sans eau on observe une fusion de la dentine ainsi que plusieurs zones de carbonisation.

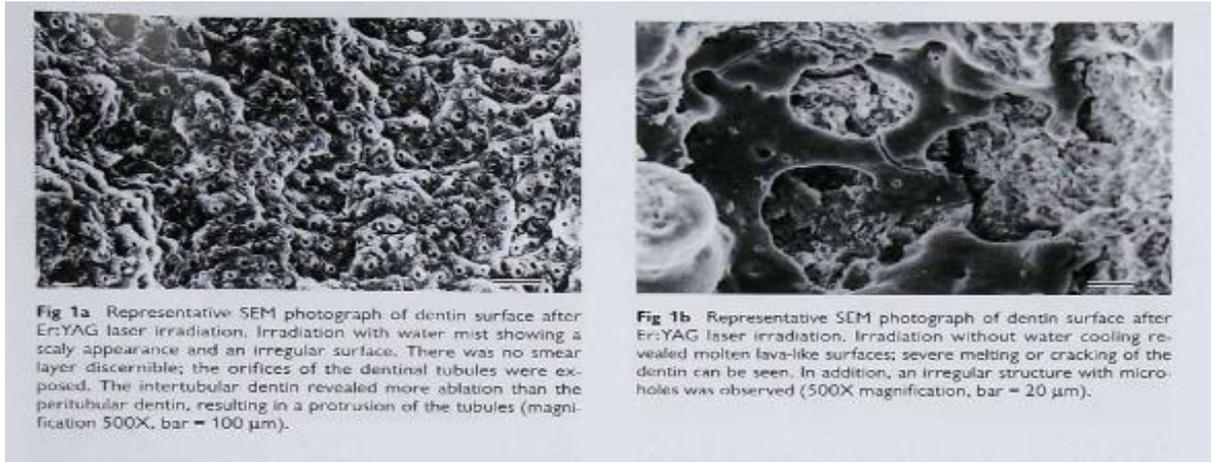


Figure (2.17) : Agrandissement d'une image de microscopie à balayage d'une dentine irradiée au laser Er:YAG. J Oral laser applications 2003:3: 15-20.

L'analyse en microscopie électronique par transmission (TEM) :

Montre la présence de trois zones. La partie la plus en surface constitue la zone d'ablation totale et présente des microparticules irrégulières de 0.5 μ m de diamètre. Sous cette zone on observe l'ablation des composants minéraux puis une zone non affectée où la dentine inter tubulaire apparaît intacte.

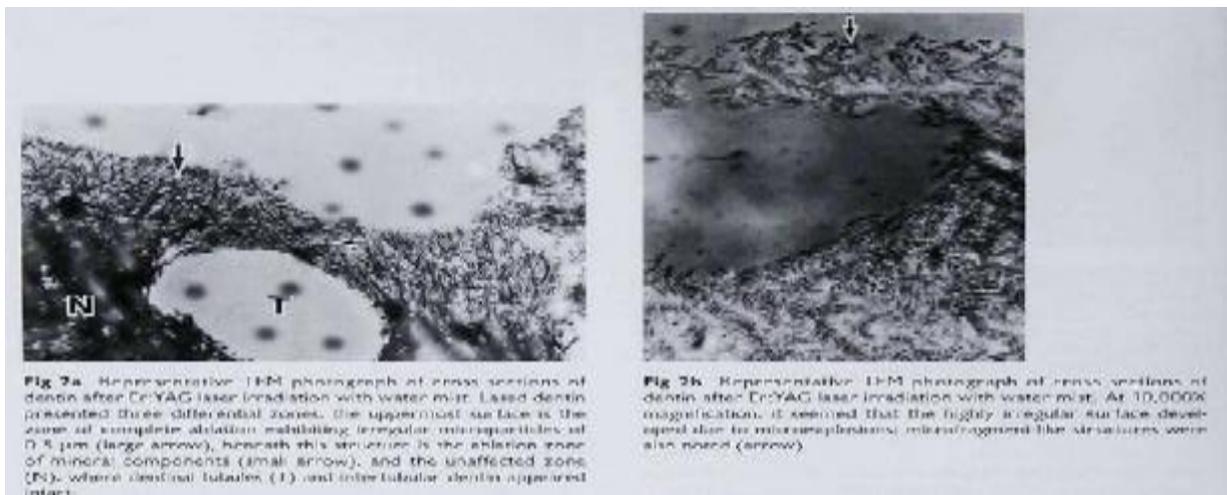


Figure (2.18) : agrandissement d'une image de microscopie à balayage d'une dentine irradiée au laser Er:YAG J Oral laser applications 2003:3: 15-20.

L'analyse SEM-EDX (microscopie électronique à balayage analyse de la dispersion d'énergie par rayon X) :

Montre que la quantité de calcium et de phosphate est augmentée dans les zones irradiées par rapport à des zones non irradiées. L'augmentation de ces quantités est due à l'évaporation des composants organiques toutes fois le Ratio Ca/P est maintenu.

Results of atomic analysis by SEM-EDX		
	Nonirradiated areas	Irradiated areas
Ca (weight %)	28.51 ± 2.51a	38.58 ± 2.23a
P (weight %)	13.92 ± 2.27b	17.44 ± 2.1b
Ca:P	2.04	2.09
a, b Significantly different (p <0.01)		

Tableau 2.4. Comparaison les proportions d'ions calcium, phosphate d'une dentine irradiée et non irradiée

On peut conclure que l'irradiation de la dentine par un laser Er ;YAG ne provoque aucune carbonisation, ni dessiccation de la structure mais uniquement la formation de la micro-irrégularités qui sont formées par le phénomène de micro-explosion des tissus qui fait suite à l'évaporation de l'eau, ainsi que l'absence de smear layer. Ces structures apparaissent compatibles avec un collage au composite. Les propriétés d'adhésion en sont, a priori même augmentées.

2.3.3.4. Laser à Argon :

A partir d'une puissance de 5 Watts pour un temps d'une seconde, un impact apparaît, très net. Si la puissance est augmentée avec un temps d'application constant, un cratère se forme et s'approfondit progressivement.

Dans le cas inverse, si la puissance est constante et le temps d'application augmenté, la surface de l'impact s'étend sans s'approfondir. Indépendamment de la puissance utilisée, il est observé à chaque expérimentation la présence de fibres. Celles-ci sont contre la dentine sous-jacente en cas de faible puissance, alors qu'elles se détachent du fond du cratère lorsque la puissance s'accroît. [27]

2.3.4. Action sur la pulpe :

Le principal intérêt de l'impact du laser à CO₂ sur la pulpe est une application thérapeutique lors des coiffages directs ou indirects. [27]

2.3.4.1. Laser CO₂ : [27]

2.3.4.1.1. Coiffage indirect :

Lors de coiffages indirects, le laser a une activité anti bactérienne sur la dentine infectée. Dans le cas de dentinite profonde où le tissu carieux est à

proximité de la pulpe, l'impact laser stérilise la dentine infectée sans provoquer d'atteinte pulpaire irréversible causée par la chaleur.

Des expérimentations réalisées sur la pulpe de la canine de chien à l'école vétérinaire, ont montré que pour des impacts de 4 watts ne dépassant pas un temps de 0.5 seconde, l'élévation de température intra pulpaire mesurée in vivo à l'aide de micro-sondes thermiques ne dépassait jamais 2°C.

Lors de coiffages directs, le laser permet de pratiquer une thermo-coagulation au niveau de la microcirculation pulpaire. Ainsi au cours d'effraction accidentelle de corne pulpaire une cautérisation aseptique et instantanée améliore considérablement le pronostic de conservation de la vitalité pulpaire.

Si LENZ, ADRIAN, MATSUI ont de leur côté étudié l'action du laser sur la pulpe dentaire, J. et T MELCER nous apportent le fruit de leurs recherches récentes, ils considèrent topographiquement trois formes d'action :

- À distance de la pulpe lors de traitements dentaires.
- Directement sur la pulpe mise à nue.
- Lors d'une amputation pulpaire partielle.

L'action bien sur sera plus ou moins importante selon l'épaisseur de la dentine résiduelle. Ils ont constaté au cours d'expérimentation in vivo, une réaction de défense pulpaire, stimulus violent, progressive, examinée histologiquement à 8 jours, un mois ou 3 mois, mais à vitesse de réparation différente entre un chien beagle et un singe (macaca mulata) ils observent :

- Des odontoblastes désorganisés en face de la paroi traitée les premiers jours
- Une réponse cellulaire rapide avec apposition de nouvelle dentine de réparation dite « orthodentine » bien mieux structuré que celle qui se construit sous une cavité mécaniquement creusée et dont le fond est isolé à l'hydroxyde de calcium ces cellules sousjacentes restent bien orientées et la pulpe ne se fibrose pas.

2.3.4.1.2. Coiffage direct :

L'université de vienne a prouvé que deux ans après traitement conventionnel (à savoir hydroxyde de calcium) seulement 50% des dents ne présentaient aucun signe de pulpite. Alors qu'après traitement laser on obtient un

résultat de plus de 90%. Toutes fois si le nerf est infecté avant le traitement aucune des méthodes n'est un succès.

Le laser est utilisé en mode pulsé (1 à 2 W) ou super pulsé (0.6 à 1 W), la pulpe présente une réaction inflammatoire puis fait suite une formation de tissu de granulation pour réparer la perte de substance superficielle.

Le résultat découlant de l'application laser est une déshydratation de la pulpe la constriction des vaisseaux sanguins et des fibres nerveuses ainsi qu'un assèchement de la couche carbonisée qui joue le rôle de protection stérile de la plaie. Il tout de même recommandé de recouvrir cette couche protectrice d'une couche d'hydroxyde calcium après cela une technique adhésive traditionnelle peut être utilisée.

2.3.4.1.3. Effet du laser CO2 lors d'une amputation pulpaire partielle :

La perte de substance pulpaire est plus importante avec le laser qui agit-on profondeur qu'avec un instrument à action sécante, mais après une période inflammatoire de 8 jours un tissu de bourgeonnement conjonctif résiduel se forme. Il a également été constaté l'apparition de néovaisseaux ainsi que de néodentine (on parle de ponts dentinaires). Aucune nécrose ni dégénérescence, lot si fréquent des amputations classiques.

2.3.4.2. Laser Nd ;YAG :

On suppose que l'effet de recristallisation de l'apatite dentaire associé à l'effet bactéricide peut être à l'origine du taux de succès élevé dans le traitement des coiffages directs et indirects au laser.

Dans la littérature peut de travaux ont étudié les résultats à long terme des traitements au laser des soins conservateurs, la durée maximale prise en considération par plusieurs auteurs est de 3 ans, il est donc nécessaire d'étudier l'efficacité du laser en odontologie conservatrice sur des périodes plus longues. Au terme de 3 ans les résultats rapportés montrent que toutes les dents traitées restent vitales et asymptomatiques, les restaurations réalisées après éviction de la carie restent intactes. Cliniquement efficaces et sans infiltration marginale. [27]

2.3.5. Action sur le ciment :

2.3.5.1. Effet du rayonnement laser argon : [25]

- Il détruit les couches affectées
- Il donne un aspect à structures fibreuses
- Il est apte logiquement à un ré-attachement gingival lors de la dénudation radiculaire traumatique ou pathologique

2.3.5.2. Effet du rayonnement laser CO₂ :

Beaucoup d'auteurs ont cherché à obtenir des résultats par désinfection de poches

parodontales et traitement de surface cémentaire par lasers, notamment par laser CO₂ (Piacentini et al., 1989 ; Anić et al., 1993 ; Tucker et al., 1996 ; Spencer et al., 1996 ; Coffelt et al., 1997 ; Gopin et al., 1997 ; Lee et al., 1997 ; Israël et al., 1997 ; Misra et al., 1999 ; Barone et al., 1999 ; Barone et al., 2002 ; Crespi et al., 2002 et 2005).

Piacentini et al. (1989) analysent, au microscope électronique à balayage et par diffraction aux

rayons X, les effets d'irradiation laser CO₂ sur la dentine et le ciment de dents permanentes saines. Les altérations dentinaires et cémentaires diffèrent du fait de la composition différente de ces deux tissus. Ils constatent des aspects de cratère en surface de moins en moins importants, plus le traitement laser est défocalisé. Sinon, il y a un remaniement de surface avec des conséquences de combustion organique, par suite de très fortes températures suivies d'un refroidissement brutal. Ces constatations sont faites aussi par Anić et al. (1993).

Spencer et al. (1996) analysent les caractéristiques cliniques et morphologiques de surfaces cémentaires traitées, entre autres, par laser CO₂. Ils montrent des résultats peu encourageants, notamment avec la présence de molécules chimiques toxiques pour le réattachement fibroblastiques (cyanamide et ions cyanate). Ces constats cliniques sont retrouvés par Gopin et al. (1997) lors d'une étude où ils évaluent la qualité histologique de l'attache des tissus mous à une structure radiculaire traitée au laser CO₂.

Coffelt et al. (1997) réalisent une étude dont le but est de déterminer in vitro le seuil de densité d'énergie auquel l'élimination microbienne peut être

effectuée avec le minimum de lésion des surfaces radiculaires. Le laser CO₂ LuxarLX-20 est utilisé en mode pulsé court avec des densités d'énergie allant de 3 à 110 J/cm². Le seuil minimal pour l'élimination bactérienne est déterminé à 11J/cm² et, pour la lésion radiculaire induite, à 41J/cm². Des lésions radiculaires sont visibles sous forme de cratérisation, carbonisation, liquéfaction et resolidification minérale de surface avec augmentation de la porosité. Ces auteurs définissent qu'une densité d'énergie comprise entre 11 et 41J/cm² permet de détruire des colonies microbiennes sans infliger de lésion cémentaire, voire dentino-radiculaire.



Figure (2.19) : Surface cémentaire lasérisée par CO₂

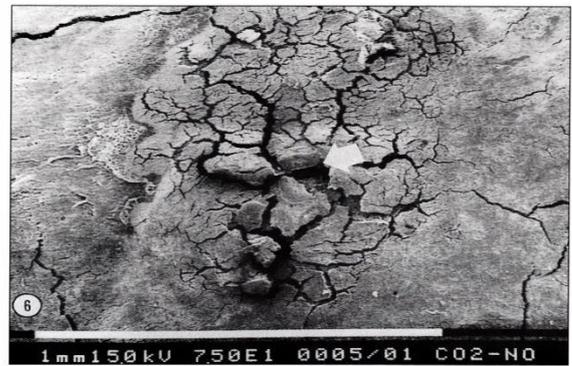


Figure (2.20): Surface cémentaire lasérisée par laser

craquelures et de sans spray avec une densité d'énergie de soulèvement du ciment par rapport au support 200 J/cm². Présence de cmCO₂. Cette densité sous spray avec une densité doublée donne un meilleur résultat d'énergie de 400 J/

dentinaire (d'après Israël et al., 1997).

qu'à 200 J/cm² sans spray (d'après Israël et al 1997)

Israël et al. (1997) réalisent une étude comparative des effets du laser CO₂, du laser Nd :YAG et du laser Er :YAG sur les surfaces radiculaires. Ils montrent que les lasers CO₂ et Nd :YAG provoquent beaucoup d'altérations de surface, modifiant les surfaces radiculaires de manière indésirable.

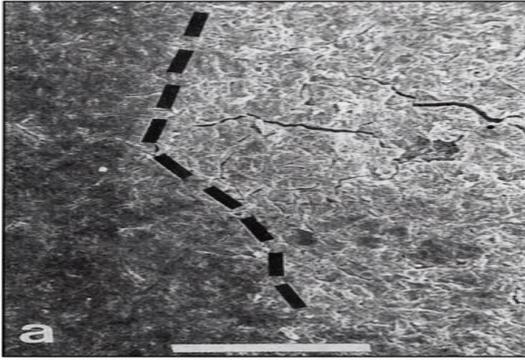


Figure (2.21) : À droite, des pointillés, surface Cémentaire lasérisée par laser CO₂, à 5 W Super pulsé défocalisé de 1 cm, diamètre du spot 1,2 mm, selon une fréquence de 500 μ s (densité d'énergie appliquée de 19 J/cm²) (d'après Coffelt et al., 1997)



Figure (2.22) : Surface cémentaire lasérisée par laser CO₂ à 5 W superpulsé focalisé, dia-mètre du spot 0.8, selon une fréquence de 20 Hz et durée d'impulsion de 500 μ s (densité d'énergie appliquée de 41 J/cm²). (D'après Coffelt et al., 1997).

Pour le laser CO₂, les densités d'énergie utilisées vont de 100 à 400 J/cm² et s'avèrent trop élevées au regard de celles qui sont indiquées par Coffelt et al. (1997). Ces densités d'énergie sont appliquées en mode pulsé avec un rayon focalisé dans des embouts en céramique de 0,8 mm de diamètre. La durée de chaque impulsion est de 0,01 second, la fréquence varie de 10 à 20 Hz et la puissance utilisée de 5 à 10 W. Le tir peut se faire avec ou sans spray air-eau. Les conclusions de ces auteurs confirment que l'utilisation d'un spray diminue les effets destructeurs, sur la surface radiculaire, du traitement laser (Israël et al., 1997). Beaucoup d'étude montrent des altérations de surface radiculaire par suite du traitement laser CO₂ en mode continu avec un rayon focalisé. Les altérations sont différentes selon la densité d'énergie utilisée et ce résultat est toujours associé à une température trop élevée dans la zone d'interaction. Certains auteurs préconisent l'utilisation d'une faible densité d'énergie en mode d'émission pulsé défocalisée avec ou sans association d'instrumentation (curettes, ultrasons...). Misra et al. (1999) et Pant et al. (2004) utilisent une puissance de 3 W, Barone et al. (2002) et Crespi et al. (2002 et 2005) préfèrent une puissance encore plus faible de 2 W en mode pulsé défocalisé et constatent une surface radiculaire moins altérée et un meilleur réattachement cellulaire dans une étude in vitro (Crespi et al., 2005).

En conclusion, la clinique a parfois prouvé le contraire de ces études avec des résultats spectaculairement positifs mais, est-ce le laser, l'acte chirurgical ou la modification de L'environnement qui favorise la réparation vers la récupération d'un système d'attache performant sur des dents initialement très mobiles ? L'expérience empirique ne peut pas donner de réponse concrète. [48]

2.4. Cas cliniques :

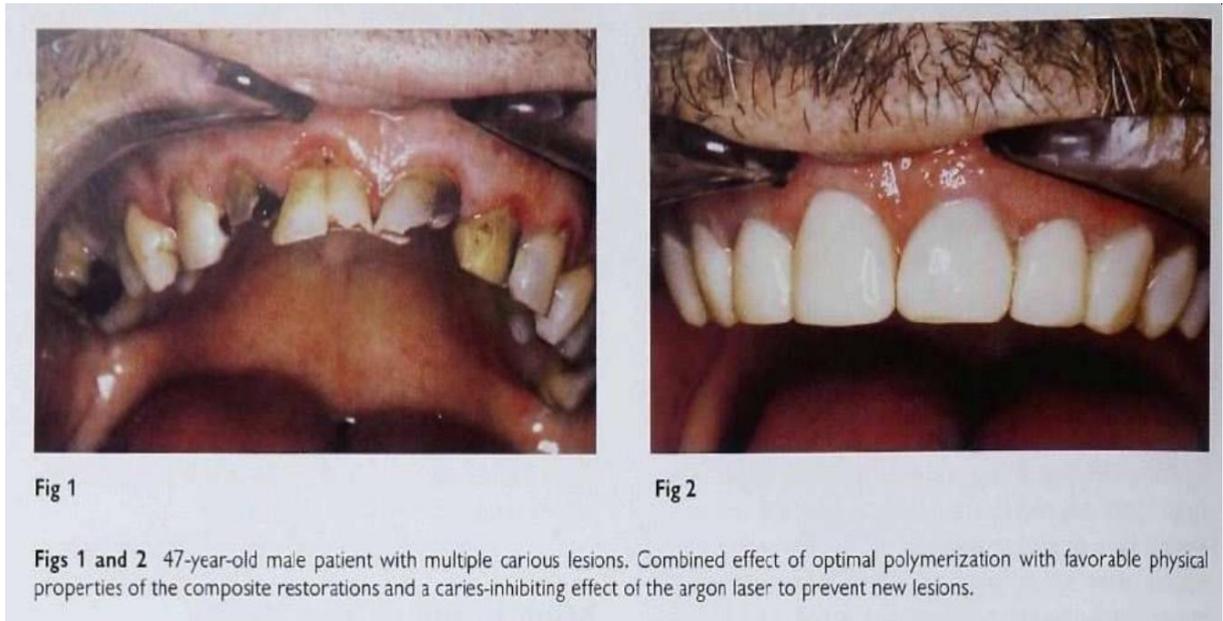


Figure (2.23) : J Oral laser applications 2001.

- Dans le premier cas clinique, le laser argon a été utilisé en combinant ses deux propriétés : prévention des tissus restants et photo polymérisation.
- Dans le deuxième cas clinique on traitera une dent dont la pulpe a été accidentellement exposée durant l'éviction carieuse.

Le début de l'éviction carieuse a été réalisé par un laser Er ;YAG a une puissance de 800 mJ et une fréquence de 12 pulsations par second. A l'approche de la pulpe la puissance a été réduite à 400mJ. Après l'effraction pulpaire un laser CO2 de puissance 0.8 W en mode super pulsé a été utilisé pour réaliser le coiffage. Une reconstitution composite a été réalisée sans utilisation préalable d'hydroxyde de calcium. Un mois après le traitement, la dent ne présente aucun signe de souffrance. [27]

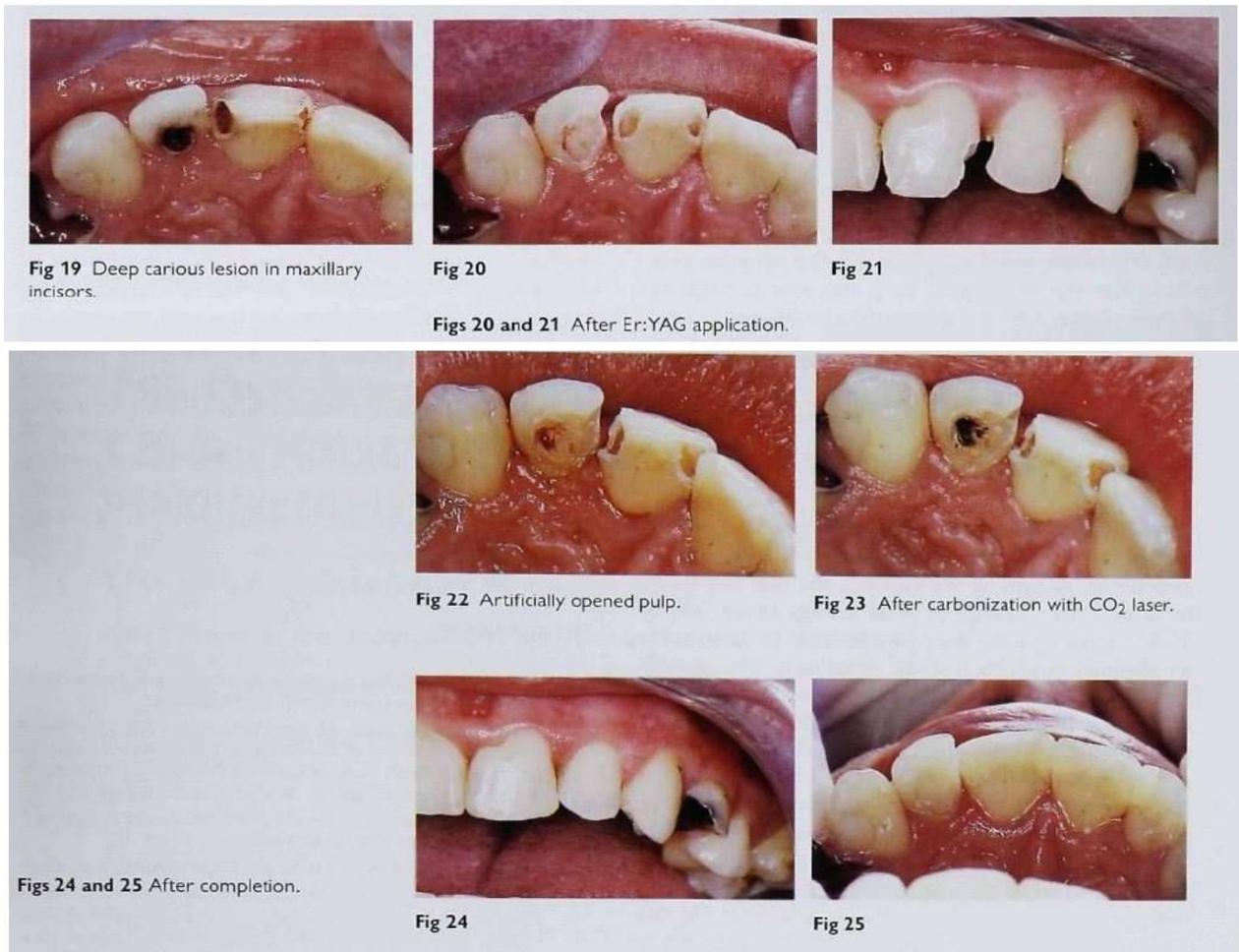


Figure (2.24) : J Oral laser applications 2001.

2.5. Laser et hypersensibilité dentaire :

2.5.1. Hypersensibilité dentinaire :

L'hypersensibilité dentinaire se caractérise par une douleur vive de courte durée provenant de la dentine exposée en réponse à des stimuli thermiques, évaporatifs, tactiles, osmotiques ou chimiques qui ne peut être attribuée à aucune autre forme d'anomalie ou de maladie dentaire » (Addy et Smith, 2010). Elle est caractérisée par une réaction exagérée à un stimulus bénin, non liée à des bactéries, et correspond à une pathologie chronique avec des épisodes aigus. [37]

Cette exposition est généralement liée à une perte d'email ou de ciment (abrasion, érosion, corrosion). Les tubulis sont alors exposés dans la cavité buccale, et constamment soumis à des stimuli thermiques, mécaniques, chimiques

ce qui déclenche le message douloureux. Il existe différentes étiologies, qui seront développées plus loin, comme :

- Récession gingivale
- Perte des tissus durs de la dent
- Un brossage excessif ou inadapté
- Une hygiène bucco-dentaire insuffisante
- Les thérapies parodontales
- Exposition aux acides
- Contacts occlusaux excessifs. [106]

Les signes clinique objectif de l'HD :

- Lésion localisée : peut-être physiologique (discontinuité anatomique entre l'émail et le ciment) ou due à une récession gingivale et/ou à une perte de tissus dentaires (abrasion, attrition, abfraction...).
- Lésion initiale : il s'agit de l'ouverture des tubules dentinaires, par l'élimination de la smear layer, exposant la pulpe dans le milieu buccal. Ici encore le rôle des facteurs d'abrasion et d'érosion, ainsi que celui du dentifrice est important. [27]

2.5.2. Mécanismes de transmission de la douleur dentinaire :

Il existe plusieurs théories concernant la transmission de la douleur au niveau pulpaire on site :

Les terminaisons nerveuses dans la dentine : Des cliniciens ont observé que la dentine nouvellement exposée était particulièrement sensible. Il était envisagé que cela soit dû à une stimulation directe des fibres nerveuses présentes dans la dentine, voire jusqu'à la jonction dentino-amélaire. Cette théorie a été largement démentie par les histologistes qui ont prouvé par des expériences et des colorations de la dentine l'absence de cellules nerveuses dans la partie externe de la dentine (West, 2006 ; Bartold, 2006). [105]

Les procès odontoblastiques : Le rôle des procès odontoblastiques et des odontoblastes a été revu. En effet les procès n'occupent qu'une partie minime des tubules et ne peuvent être directement impliqués

dans la réponse à la douleur. Cependant il est possible que lors d'un stimulus important, entraînant une nécrose des odontoblastes, une réaction neurogénique pulpaire soit déclenchée (Dababneh, 1999).

[105]

Les mouvements de fluides dans les tubules dentinaires : Cette théorie est aussi connue sous le nom de la théorie hydrodynamique, proposée depuis une centaine d'années, elle a été confirmée par Brännström dès les années 1960. Elle est la plus acceptée par le monde scientifique.

- Les mouvements rapides des fluides contenus dans les tubules dentinaires, dans une direction quelconque, après un stimulus, provoquent une activation des baro-récepteurs entraînant une décharge nerveuse. Il semble que les changements de pression à travers la dentine soient à l'origine de la douleur par déformation des procès odontoplastiques et activation des terminaisons nerveuses de la partie interne des tubules à la jonction pulpeprédentine et du plexus nerveux sous-odontoplastique (Brännström et Johnson, 1978 ; Berkovitz et coll, 2002).
- En effet, plus il y a de tubules ouverts et larges, plus cela permet les mouvements de fluides et par conséquent la réponse pulpaire. Les mouvements de fluides sont proportionnels à la puissance du rayon du tubule. Ainsi en doublant le rayon du tubule exposé, on augmente de 16 fois le taux de fluide déplacé. C'est un paramètre important à prendre en compte lors du traitement de l'hypersensibilité. L'un des buts de la thérapeutique est de réduire le diamètre des tubules ou de les obturer (Dababneh, 1999 ; West, 2006). **[105]**

2.5.3. Prise en charge du patient :

Nous allons voir comment organiser la prise en charge du patient souffrant d'hypersensibilité dentinaire. Une réelle démarche diagnostique est nécessaire, et la communication avec le patient est une étape clé.

2.5.3.1. Moyens d'évaluation : [37]

La détermination de la sensibilité dentinaire d'une dent est basée sur la réponse de la pulpe à des stimuli divers comme le froid, le chaud, l'air, les variations osmotiques, des stimuli tactiles ou électriques.

En clinique, les moyens d'évaluation utilisés sont :

- La soufflette air/eau : Un spray de 0,5 à 1 seconde en positionnant la soufflette à 45° par rapport au grand axe de la dent, au niveau de la jonction émail-cément, à une distance de 0,5 cm et des pressions croissantes sont exercées sur la soufflette,
- Le passage de la sonde dentaire le long de la jonction émail-cément permet également de déterminer les dents sensibles.
- L'échelle standardisée (VAS ou VRS) : permet au praticien d'évaluer la douleur ressentie.

VAS : L'échelle visuelle analogique, consiste pour le patient à placer le curseur, sur une bandelette, de 10 cm de long, entre deux extrêmes : de l'absence de douleurs à la douleur la plus forte imaginable.

Sur le verso, des chiffres correspondant aux différentes positions permettent au praticien de transposer le ressenti du patient en valeurs numériques.

VRS : L'échelle verbale rationalisée, permet au patient de définir l'intensité de sa douleur après le stimulus. Il a différents adjectifs à sa disposition : absence de douleur, douleur ou inconfort léger, moyen, marqué, marqué et qui dure plus de 10 secondes (Tilliss et Keating, 2002). [37]

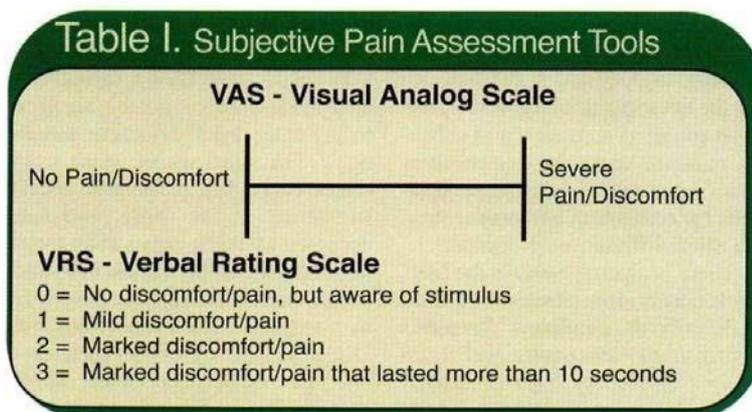


Figure (2.25) : Schéma d'une échelle visuelle analogique et d'une échelle verbale rationalisée (Tilliss et Keating, 2002).

2.5.3.2. Diagnostic positive :

Anamnèse : Une anamnèse complète est indispensable afin de connaître les habitudes alimentaires et d'hygiène, les problèmes de santé, et autres mauvaises habitudes du patient, il est important de déterminer le type, le site, l'élément déclencheur, la périodicité et la durée de la douleur, et poser certaines questions orientées permet de caractériser la douleur et d'en faire un diagnostic correct.

Examen buccal

Examen radiographique

Tests de vitalité pulpaire. [37]

2.5.3.3. Diagnostic différentiel :

De nombreuses pathologies peuvent engendrer des symptômes semblables à l'hyperesthésie dentinaire. Il est important de faire un diagnostic différentiel afin de réaliser le traitement adéquat et de poser le diagnostic d'hypersensibilité dentinaire une fois que toutes les autres causes potentielles de douleurs ont été écartées.

- Fêlure coronaire
- Fracture dentaire
- Carie dentaire. [37]
- Douleur après restauration
- Douleur après éclaircissement dentaire sur dents vitales (C'est une sensibilité réversible).
- Douleur due à une anomalie de structure.

2.5.3.4. Traitement

De manière générale, le traitement de l'HD suit le processus suivant :

- Elimination de la cause.
- Utilisation de dentifrices et de bains de bouche désensibilisants, ○ Désensibilisants topiques.
- Agents adhésifs.
- Restaurations.

- Retraitement endodontique, et/ou reconstitution prothétique.

Mais à chaque cas ses particularités, et c'est au dentiste de choisir le traitement le plus approprié pour l'HD en fonction de la situation clinique. Comme dans toute situation, il faut d'abord éliminer les facteurs causals (brossage inadapté, suivre un régime alimentaire, supprimer les parafunctions et les problèmes occlusal...etc.). [106]

Il existe de nombreux traitements possibles pour l'hypersensibilité dentinaire. Le but de ces agents chimiques ou physiques est de limiter la transmission nerveuse par désensibilisation nerveuse qui se fait par blocage de l'activité nerveuse de la dent par la diffusion d'ions qui perturbe la polarisation cellulaire (les ions potassium semblent efficace, mais l'efficacité clinique in vitro n'a pas encore été prouvée), ou par obturation des tubules dentinaires, ce qui limite les mouvements liquidiens et ainsi la sensibilité.

2.5.3.4.1. Traitement ambulatoire :

Il est préconisé en première intention chez tous les patients. Une réévaluation de l'efficacité du traitement est nécessaire, afin de l'adapter ou de passer à d'autres techniques. [76]

Avantages et inconvénients :

- Les produits utilisés en ambulatoire ont été largement testés et leur efficacité dans la disparition de la douleur a été prouvée.
- Ils sont facilement accessibles pour le patient.
- Ils requièrent une excellente compliance
- La diminution des symptômes n'opère que quelques semaines après le début du traitement (2 à 4 semaines).

Les agents désensibilisants mis à disposition pour le traitement de l'HD en ambulatoire sont les suivants :

- Le fluor : par sa pénétration dans la dentine permet d'éviter les déminéralisations, et lutte de manière indirecte contre l'HD.
- Le nitrate de potassium : il n'agit pas sur l'influx nerveux mais a la capacité d'oblitérer les tubules dentinaires, permet la dépolarisation des fibres nerveuses des tubulis, et bloque ainsi le message douloureux.

- Le strontium : c'est un élément retrouvé régulièrement dans les dentifrices supposés diminuer les hypersensibilités. Les ions strontium s'échangent avec les ions calcium produisant ainsi des cristaux de strontium. En 2015, il a été démontré que l'acétate de strontium permettait d'oblitérer les tubulis dentinaires jusqu'à une profondeur 5um, démontrant ainsi son intérêt dans les traitements des hypersensibilités (Olley et al. 2015).
- L'association du carbonate de calcium et de l'arginine : permet également une oblitération des tubulis dentinaires. De plus, ces molécules permettent de bloquer les mouvements de fluides supposés être responsables de l'hypersensibilité. Le carbonate de calcium et l'arginine ont un pH très alcalin ce qui permet, en plus de l'oblitération tubulaire, d'attirer les ions calcium et phosphate, ensuite déposés sur la surface dentinaire.

D'après une revue de littérature publiée en 2015, le carbonate de calcium associé à l'arginine serait plus efficace dans le traitement de l'HD que l'acétate de strontium (Clark et Levin 2016).

- Le phosphosilicate Calcium Sodium : a pour but non seulement d'oblitérer les tubulis mais également de permettre la reminéralisation de l'émail, Son efficacité a été prouvée dans la littérature (Clark et Levin 2016). **[105]**

2.5.3.4.2. Traitement au fauteuil :

Il est possible directement ou après un traitement ambulatoire, en association avec des produits quotidiens d'hygiène à visée anti-sensibilité.

Avantages et inconvénients :

- Les produits utilisés par les praticiens permettent souvent un soulagement plus rapide.
- Ils nécessitent un temps d'application au fauteuil, un temps de travail pour le praticien et un coût d'achat important alors que ce type d'acte n'est pas inscrit à la nomenclature générale des actes professionnels. **[37]**

Traitement non-invasifs :

Les agents désensibilisants topiques utilisés par les professionnels de santé au fauteuil contiennent différents ingrédients : fluor, hydroxyethyl methacrylate associé au glutaraldehyde, oxalate et nitrate de potassium. Tous agissent sur l'oblitération des tubulis, à l'exception du nitrate de potassium.

Le vernis fluoré est beaucoup utilisé par les chirurgiens-dentistes. Il est appliqué et fixé sur les surfaces dentaires affectées, et permet par son interaction avec la salive une absorption optimale de fluor. L'efficacité du vernis fluoré dans le traitement de l'HD est aujourd'hui établie. Il semblerait qu'il soit plus efficace que le nitrate de potassium pour diminuer les douleurs d'hypersensibilité (Pandit et al. 2012). Une application régulière de ce type de vernis à des hautes concentrations de fluor (entre 2 % et 5 %) ou l'utilisation d'un dentifrice fluoré à 1 000 – 1 500 ppm deux fois par jour sont bénéfiques dans le traitement de l'HD même si les résultats 16 sont moins établis pour les seconds que les premiers dans la littérature scientifique (Pettersson 2013). **[106]**

L'oxalate est un autre agent désensibilisant utilisé par les praticiens qui marche en association avec les ions calcium présents naturellement dans la salive. La combinaison des deux ions forme des cristaux d'oxalate de calcium insolubles, qui précipitent dans les tubulis. Les études ont montré que cela était suffisant pour limiter les mouvements de fluides et ainsi diminuer les symptômes de l'HD. L'oxalate présente pour avantage de résister aux attaques acides, ce qui le rend plus efficace dans le temps que les autres agents désensibilisants (Clark et Levin 2016).

L'association de l'hydroxyethyl methacrylate et glutaraldehyde, plus connue sous son nom commercial Gluma est réputée pour être un bon agent désensibilisant. Le Gluma a une efficacité prouvée dans le traitement des hypersensibilités dentinaires, car il permet une oblitération des tubulis variant de 50 à 200 m (Porto et al. 2009). **[106]**

Traitements invasifs

En cas d'échec des agents désensibilisants au fauteuil, les adhésifs sont couramment utilisés dans le traitement de l'HD, ils ne présentent pas d'effets

secondaires (Les systèmes auto-mordançant contiennent l'acide nécessaire à la préparation de surface, et les monomères, qui par combinaison à la dentine, permettent de former la couche hybride qui permet de recouvrir la dentine exposée).

La technique de la restauration adhésive peut être utilisée lorsque l'hypersensibilité est associée à une perte de substance dentaire. Si ce n'est pas le cas, le praticien devra créer une cavité afin de permettre la mise en place de la restauration, Donc elle peut être une option dans le traitement des HD, cependant ce choix thérapeutique est invasif et irréversible et ne devrait être utilisé qu'après le constat d'un échec des traitements non invasifs. Ainsi, quelle que soit la demande du patient, les impératifs biologiques, fonctionnels et esthétiques restent indissociables et la préservation tissulaire doit rester aux yeux du praticien un préalable à tout traitement en dentisterie qui se doit de se demander quelle thérapeutique la moins mutilante et la plus à gauche du concept pratique de « Gradient thérapeutique ».

Les verres ionomères sont souvent utilisés en restaurations cervicales, car ils permettent en plus d'une bonne adhésion avec l'émail et la dentine. Même après 13 ans, les verres ionomères gardent de bonnes propriétés (Gordan et al. 2014).

Les résines composites, comme les verres ionomères, agissent en bloquant les entrées des tubulis dentinaires. La formation d'une couche protectrice permet le blocage de l'influx nerveux. **[106]**

Le traitement endodontique peut également être envisagé comme une alternative thérapeutique pour le traitement de l'HD. Cependant l'hypersensibilité dentinaire ne doit en aucun cas à elle seule permettre de poser l'indication de traitement endodontique. Cette alternative thérapeutique ne doit être utilisée que dans des cas extrêmes, lorsqu'aucune autre alternative thérapeutique n'a permis d'abolir l'HD. **[106]**

La chirurgie parodontale est également utilisée dans le traitement des HD, elle permet, via le greffon gingival, de venir recouvrir la dentine exposée, et ainsi de diminuer les douleurs dentinaires. Cependant, il faut rappeler que cette chirurgie n'est pas sans risques et ne doit pas être utilisée en traitement de première intention de l'HD. **[106]**

2.5.4. Traitement laser de l'hypersensibilité dentaire :

Depuis plusieurs années des auteurs (Matsumoto et coll, 1985 ; Renton-Harper et Midda, 1992) pensent que des traitements efficaces et reproductibles peuvent être effectués dans le cas de l'hypersensibilité dentinaire. Il ressort que le traitement de l'hypersensibilité dentinaire par les lasers est plus efficace que les autres traitements, mis à part pour les cas sévères. Mais des précautions sont à prendre afin que la chaleur produite à la surface de la racine ne diffuse pas vers la pulpe, créant potentiellement une inflammation et des dommages irréversibles (Demi et coll, 2009).

Actuellement il existe deux classes de lasers utilisés, des lasers de faible énergie, et des lasers de moyenne énergie. [37]

2.5.4.1. Low-output lasers (lasers de faible énergie) /LLLT :

Ils sont plus pénétrants dans les tissus afin de stimuler l'activation cellulaire, utilisés principalement pour le soulagement de la douleur, ainsi que pour la régénération des tissus durs ou souples.

Le mécanisme d'action semble être la stimulation de la pompe Na^+ / K^+ des membranes cellulaires, provoquant ainsi une hyperpolarisation membranaire. Lors de la première application, ces lasers de basse intensité provoquent d'abord une augmentation de l'inflammation pulpaire. Les odontoblastes de la zone concernée accélèrent la production de dentine secondaire, ce qui permettrait la formation d'un pont dentinaire et de particules calcifiées pouvant maintenir la vitalité pulpaire. Lors d'une seconde application, la diminution de la douleur semble plus importante. Ces lasers ne permettent pas une modification morphologique de l'émail ou de la dentine, et seule une petite partie de l'énergie émise atteint la pulpe. [105]

2.5.4.1.1. Laser helium neon (He-Ne):

Ce laser a été introduit pour le traitement de l'hypersensibilité dentinaire en 1985 par Senda et ses collaborateurs. Deux types d'irradiations existaient alors : pulsée ou continue. Le laser était placé le plus près possible de la surface dentaire sans pour autant entrer en contact avec celle-ci. Le mécanisme impliqué n'est pas connu. L'efficacité du laser He-Ne sur la réduction de la sensibilité dentinaire

variait de 5,2 à 100 %, Mais selon certaines études (Kimura et al. 2000) ce laser n'est plus utilisé de nos jours. [27]

2.5.4.1.2. Laser gallium-aluminium-arsenide (GaAlAr) :

Le laser GaAlAr, qui est un laser diode, est le plus couramment utilisé ces dernières années chez les chirurgiens-dentistes au quotidien. C'est un laser à basse fréquence qui semble plus efficace que les vernis fluorés dans le traitement de l'HD, mais moins que l'application d'agents de scellement.

[27]

- **Paramètres** : Les longueurs d'ondes utilisées dans le traitement des HD varient de 700 nm à 980 nm, le laser devant être placé au plus près de la dent mais sans entrer en contact avec elle. Et les réglages 2 W (166 J/cm²) sont suffisants pour oblitérer les tubulis dentinaires et permettent d'éviter un excès de dentine fondue. [106]

Des nouvelles études en 2013 conclure qu'une irradiation de 0,8 à 1 W pendant 10 secondes suffirait à oblitérer les tubulis sans causer de dommages pulpaire. Toutefois, la température intrapulpaire augmente, mais de manière relativement faible (moins de 2°C). [106]

- **Mode d'action** : L'effet analgésique de ce laser est lié à une diminution de la transmission de l'influx nerveux, plus précisément par le blocage de la dépolarisation des fibres C afférentes en agissant sur les pompes Na⁺/K⁺ (Asnaashari et Moeini 2013). Ils agissent de manière directe par blocage de l'influx nerveux. [106]
- **Effet sur les tissus dentaires** : les tubulis dentinaires pouvaient être entièrement bloqués après une irradiation au laser diode, cet effet augmentant proportionnellement avec la puissance et l'énergie du laser, De plus aucune modification morphologique de la pulpe ou des odontoblastes n'est observée après une irradiation (Liu et al. 2013). [106]
- **Efficacité** : Le laser diode (810 nm pndt 1min) est efficace pour diminuer les douleurs dentinaires (effets thérapeutiques immédiats). Après un traitement au laser diode pour les dents présentant un haut score initial il existe toujours une diminution de l'EVA (après trois

séances de traitement, à chacune une semaine d'intervalle). L'utilisation du laser à basse fréquence entraîne une diminution significative de la sensibilité dentaire immédiatement après l'application, mais aussi à 2 mois.

• **Avantages et inconvénients :**

- Le laser de type diode ne colore pas les dents, et ne provoque aucune douleur ou irritation de la pulpe et des tissus mous environnants.
- Il est simple d'utiliser, les résultats semblent fiables et reproductibles.
- La diminution de la douleur (score EVA) est notable de manière immédiate et à moyen terme (6 mois).
- Aucune complication pulpaire rapportée si le protocole d'utilisation est respecté.
- L'utilisation du laser diode à une puissance trop élevée pourrait induire une augmentation de la température pulpaire
- Un inconfort durant le traitement peut être ressenti par le patient, dû à la stimulation thermique provoquée par le laser.
- Les lasers diode pourraient induire une modification de la rugosité de la surface dentinaire, mais seul le manque de brossage induirait une augmentation des bactéries sur la dent. [106]

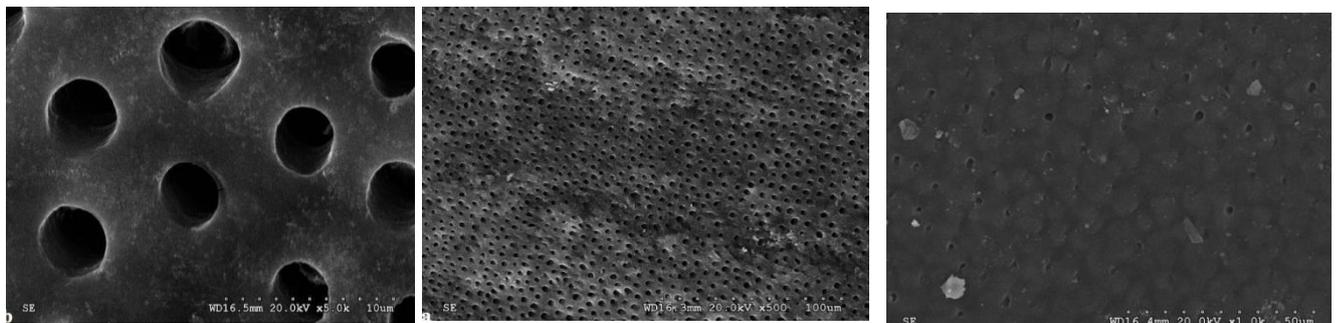


Figure (2.26): a) Tubulis dentinaires sans traitement au laser (microscope optique Olympus BX51, x500) (Liu et al. 2013) b) Tubulis dentinaires sans traitement au laser (microscope optique Olympus BX51, x5000) (Liu et al. 2013) c) Tubulis dentinaires après traitement au laser diode 4W 333J/cm² (microscope optique Olympus BX51, x500) (Liu et al.)

Le laser diode semble être moins efficace à court terme que les autres lasers, cependant il n'entraîne aucune modification de la morphologie dentinaire, ni aucun effet secondaire sur les tissus environnants. Il peut être utilisé en toute sécurité.

2.5.4.2. Middle output lasers (lasers d'énergie moyenne) :

Ce sont des lasers peu pénétrants car rapidement absorbés par les tissus, ils provoquent une vaporisation des tissus et l'éclatement des joints interprismatiques, entraînant l'occlusion des entrées des tubulis dentinaires par une couche obtenue à partir de la fusion des cristaux d'hydroxyapatite.

Cela a pour effet une réduction des flux dentinaires, et donc une diminution de l'HD. [106]

2.5.4.2.1. Laser Er : YAG :

Il a été introduit récemment pour le traitement des HD par Schwarz et ses co-auteurs en 2002.

Paramètres de réglages et certaines particularités : (pour le traitement de l'HD)

- Une longueur d'onde de 2 490 nm.
- Une puissance de 1 W, et une fréquence de 10-12 Hz.
- Une durée inférieure à 1 min.
- Le foyer doit être placé à une distance de 10 cm de la surface dentaire et gingivale afin d'éviter des dommages sur ces tissus.

Avantages et inconvénients :

- Efficacité admise pour la diminution des douleurs dentinaires.
- Son mode de fonctionnement (différent du laser CO₂, et du laser Nd:YAG) permet d'éviter un échauffement des tissus pulpaire et adjacents.
- L'importante absorption de sa longueur d'onde par l'eau lui permet de réduire la boue dentinaire et d'obtenir un dépôt oblitérant les tubulis.
- Ce laser pourrait, en association aux restaurations adhésives présenter des avantages thérapeutiques dans le traitement de l'HD. [106]

Les lasers Er:YAG ne sont que depuis peu utilisés pour le traitement des HD.

Leur efficacité reste à prouver.

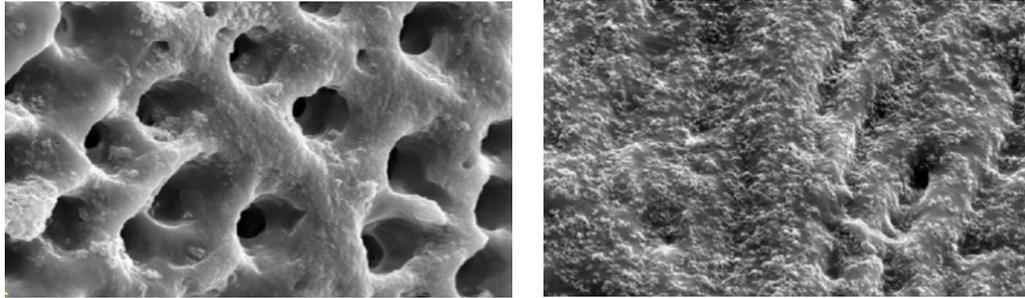


Figure (2.27): a) Surface dentinaire sur une zone de contrôle (Badran et al. 2011) , b) Surface dentinaire sur une zone irradiée par un laser Er:YAG pendant 120 s (Badran et al. 2011)

2.5.4.2.2. Laser Nd:YAG

Ce laser a été utilisé pour le traitement de l'hypersensibilité dentinaire la première fois par Matsumoto en 1985. Il est celui qui permet la meilleure oblitération tubulaire. Il est considéré aujourd'hui comme **le gold standard** des lasers pour le traitement de l'HD. [106]

Avantages et inconvénients :

- Une désensibilisation immédiate après le traitement au laser Nd:YAG est rapportée dans la littérature.
- Il doit être utilisé en association avec de l'encre noire, ou autre poudre (type graphite) afin d'amplifier la pénétration profonde du faisceau lumineux au travers de la dentine, de permettre d'augmenter le pourcentage de dentine fondue et recristallisée, et ainsi de rendre la dentine moins perméable.
- Il permet l'occlusion des tubules dentinaires avec peu d'effets thermiques sur les tissus adjacents.
- La profondeur d'occlusion et d'action dépendent de la puissance du laser.
- L'occlusion se fait par une couche de surface recristallisée, ou grâce à la fonte des cristaux d'hydroxyapatite, diminue la perméabilité dentinaire et ainsi la sensibilité dentinaire.
- La couche formée n'est pas totalement imperméable.
- La lumière émise par ce laser est peu absorbée par la dentine, et pénètre ainsi plus profondément. [106]

Paramètre :

- Une puissance variant de 0,3 à 2 W est généralement utilisée.
- Une longueur d'onde continue ou pulsée.
- Un nombre de pulsations varient de 10 à 20 Hz.

Remarque : Lorsque l'encre de Chine est utilisée, le laser doit être à une distance de 10 à 20 cm de la surface dentaire ou gingivale et l'exposition doit être minimale afin d'éviter un dommage pulpaire ou gingival.

Effets sur les tissus dentaires :

- Les lasers Nd:YAG ont fondu la couche superficielle de la dentine, induisant une oblitération de la majorité des tubulis dentinaires.
- Des micro-fêlures ont été observée pour les puissances élevées (même lorsque on utilise la poudre graphite).
- Les lasers utilisés à une puissance supérieure à 4 W provoque une augmentation de la température pulpaire dépasse les 3 ° C et peut avoir des conséquences irrémediables sur la pulpe.

Efficacité :

D'après une revue de littérature menée par Kimura et Matsumoto, l'efficacité du traitement de l'HD par le laser Nd:YAG varie de 5,5 à 100 %.

Le tableau suivant regroupe les données de la littérature (Kimura et al.2000) :

Auteurs	Paramètres d'irradiation	Efficacité du traitement
Matsumoto et al. 1985	10 W / 0,1 s / 5 fois	100 %
Renton-Harper et al. 1992	100 mJ/puls, 10 Hz	90 %
Kawada et al 1996	30-100 mJ/puls, 10 Hz	58-61 %
Kawada et al 1996	2 W / 1 s / 20 fois	74,8 à 85,7 %
Lan & Liu 1996	30 mJ/puls / 10 Hz / 2 min	65-72 %
Gutknecht et al. 1997	0,3-1 W / 10 Hz / 30-90 s	83-93 %
Yonaga et al. 1999	2 W / 20 Hz / 0,5-60 s	75,5 à 95,6 %

Tableau 2.5. : L'efficacité du traitement de l'HD par le laser Nd:YAG (Kimura et al.2000)

Une expérience de Reza Maleki et ses collaborateurs (2015) : étudier l'effet du laser Nd:YAG seul ou utilisé en combinaison avec de la poudre graphite

(utilisée afin d'absorbée le faisceau lumineux), Résultats de l'analyse au microscope électronique (SEM) :

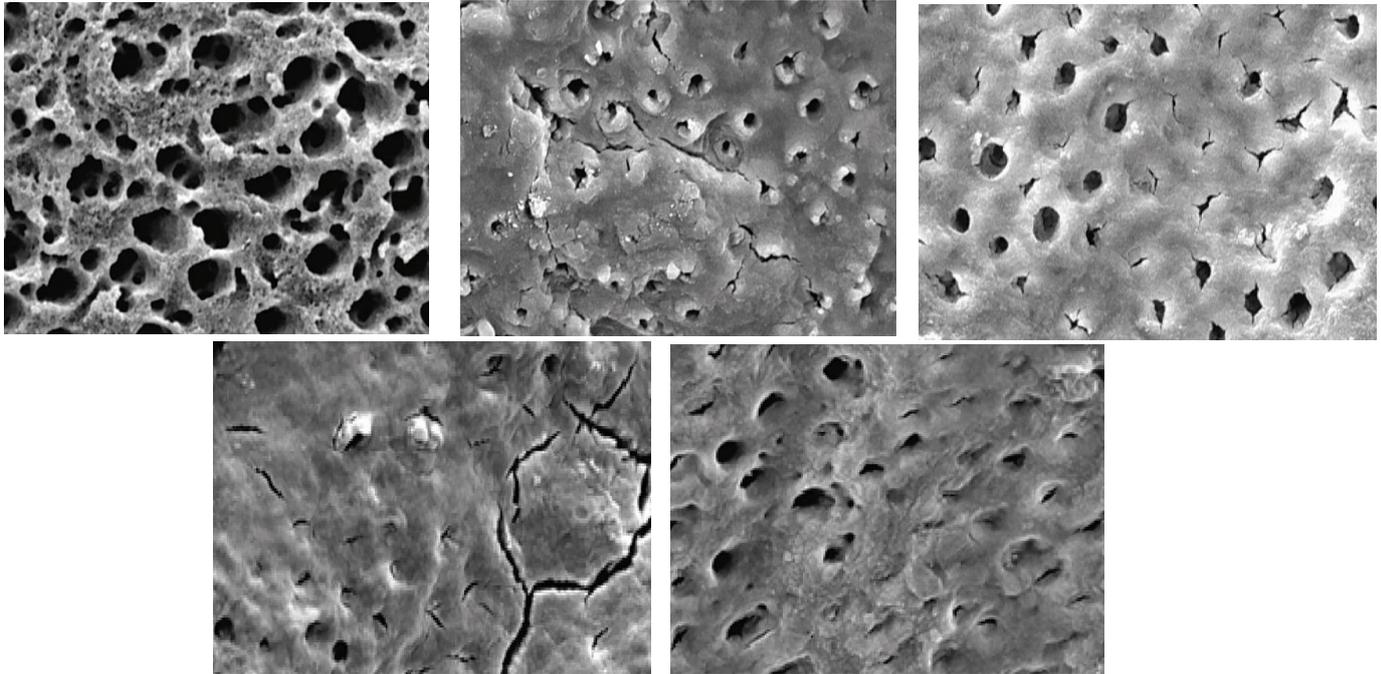


Figure (2.28): a) SEM dans un groupe contrôle (x1 500) b) SEM dans un groupe irradié Nd:YAG 0,5 W (x1 500) (Le diamètre et le nombre de tubulis ouverts sont diminués après l'irradiation au laser. c) SEM groupe Nd:YAG 0,25 W (x1 500) d) SEM groupe Nd:YAG 0,5 W & graphite (x 1 500)). e) SEM groupe Nd:YAG 0,25 W & graphite (X1 500) (Maleki-Pour et al. 2015).

L'utilisation du laser seul à 0,5 W semble aussi efficace que l'association du laser à 0,25 W couplée au graphite.

Une étude en 2009 de Maamary et col (traitement d'HD par un laser Nd:YAG en association avec du graphite). L'évaluation de la douleur a été permise via l'EVA, et les résultats peuvent être représentés par le graphique suivant :

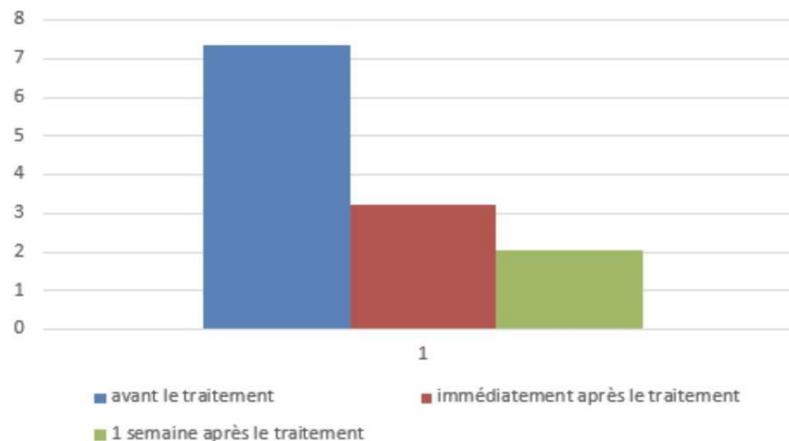


Figure (2.29): Diminution de l'EVA après traitement des HD au laser Nd:YAG (Maamary et al. 2009)

L'efficacité du laser dans le traitement de l'HD diminue avec le temps. Mais il semblerait que le laser Nd:YAG soit le plus efficace au long terme. L'association du

laser Nd:YAG avec différents agents désensibilisants semble permettre une plus grande efficacité qu'un traitement au Nd:YAG seul. [106]

2.5.4.2.3. Laser au CO2 (dioxyde de carbone) :

Ce laser a été introduit pour le traitement de l'hypersensibilité en 1996 par Moritz et ses collaborateurs (Moritz et al. 1996), il produit une importante hausse de température lors de l'irradiation. Il est essentiellement utilisé pour le traitement des caries dentaires ou pour la chirurgie des tissus mous. Cependant des études sont menées pour évaluer son efficacité dans le cas d'hypersensibilité dentinaire. Il semble que l'angle d'application du laser sur la surface dentaire influe sur la quantité d'énergie absorbée et sur les changements morphologiques observés. Il agit par obturation des tubules mais n'entraîne pas d'analgésie nerveuse. [106] **Paramètres :**

- Puissances comprises entre 1 et 2 W.
- En onde continue ou en utilisation pulsée.
- Le foyer du laser doit être situé à une distance de 10 à 20 cm ;
- Il doit être appliqué avec la durée la plus faible (5 à 10 s) afin d'éviter d'éventuels dommages thermiques sur la dent ou sur les tissus mous.

Avantages et inconvénients :

- Aucune nécrose pulpaire, ni de sensibilité pulpaire ne sont rapportées dans la littérature.
- L'utilisation du laser CO2 à des puissances modérées permet d'obturer la plupart des tubulis dentinaires, et permet une diminution de leur perméabilité. De plus, le laser CO2 pourrait induire une déshydratation dentinaire pouvant provoquer un soulagement de l'hypersensibilité dentinaire (Kimura et al. 2000).
- Une étude récente in vivo a prouvée qu'une légère dégénérescence pulpaire a été immédiatement observée après l'irradiation au laser CO2 (2 W / 0,6 ms / 4 J sur les dents des rats). Ses résultats suggèrent que l'irradiation au laser CO2 (4 J) de la pulpe via la dentine, peut activer des voies de cytokines inflammatoires et pathologiques afin de réparer les dommages pulpaires créés par l'irradiation (Lee et al. 2013). [106]

Efficacité :

- Le laser CO₂ est efficace dans le traitement de l'HD, mais ses paramètres d'utilisation doivent être précisés, et ses effets secondaires sur les tissus dentaires analysés.
- Une récurrence de l'HD s'opère après le traitement au laser CO₂. Le taux de récurrence est d'environ 50 % à 4 mois après le traitement initial.

Mode d'action :

- En diminuant le diamètre des tubules ou en les obturant.
- En agissant sur la pompe cellulaire sodium-potassium (qui permettrait une analgésie nerveuse).
- En provoquant un afflux sanguin au niveau de la pulpe.
- Minéralisation des surfaces dentaires avant et après irradiation.

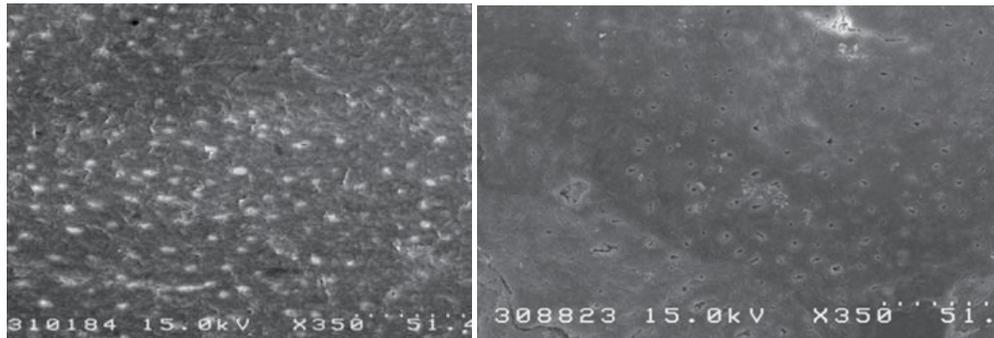


Figure (2.30) : a) surface dentaire pour le groupe contrôle montrant des tubulis dentinaires ouverts et de diamètre large b) surface dentaire dans le groupe irradié au laser CO₂, montrant une réduction des tubulis dentinaires ouverts, et une diminution du diamètre des tubulis comparativement au groupe contrôle (Belal et Yassin 2014)

Le laser CO₂ semble être celui qui induit la plus haute augmentation de la température de surface, et doit être utilisé avec une grande précaution. Il pourrait induire des nécroses pulpaire, et des remaniements des tissus environnants.

[106]

2.5.5. Efficacité de laser dans le traitement de l'HD :

L'efficacité du laser dans la diminution des sensibilités dentaires soit une association de l'oblitération des tubulis et d'une analgésie du système nerveux, varie en fonction des paramètres d'utilisation.

En effet (selon Kimura et al. 2000) :

- Pour une longueur d'onde de 780 nm et une puissance de 30 mW, le taux de succès du traitement est de 58,5 % à 100 %.
- Pour une longueur d'onde de 830 nm à 40 mW, il est de 83,5 % à 97 %.
- Et pour une longueur d'onde de 900 nm à 2,4 mW il est de 73 à 100 %.

Un haut niveau de désensibilisation est observé quasi immédiatement après l'irradiation, dans les 15 à 30 minutes. Mais, il est bien que le laser ne semble pas efficace pour la suppression définitive de la douleur, la récurrence de l'hypersensibilité dentinaire varie pour chaque laser et chaque protocole et dépend des méthodes d'irradiation et du temps après le traitement. Le mécanisme de la récurrence n'est toujours pas connu, mais l'association d'une irradiation et d'un traitement ambulatoire produit des effets plus durables que les méthodes traditionnelles.

Type de laser	Taux de récurrence en fonction du temps
He-Ne laser	7,4 à 66 %
GaAlAs laser	6,0 à 75 %
Nd:YAG laser	Jusqu'à 34 %
CO2 laser	Jusqu'à 50 %

Tableau 2.6. Les variations de taux de récurrence en fonction de temps selon le type de laser utilisé

- Il semblerait que le laser Nd:YAG soit le plus efficace au long terme.

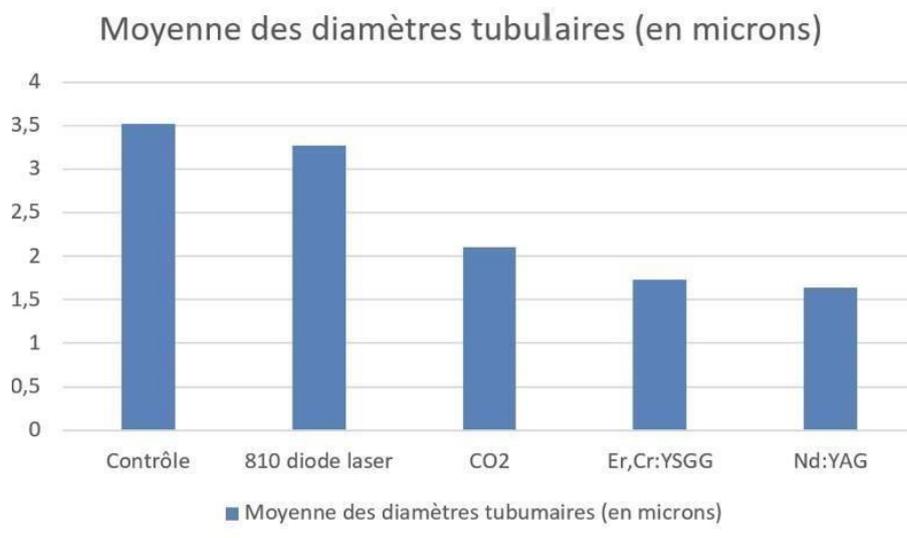


Figure (2.31) : Diamètres tubulaires après l'irradiation par différents lasers (Gholami et al. 2011).

Dans tous les cas, encore une fois, le traitement est plus efficace et plus pérenne si les facteurs étiologiques sont maîtrisés dans un premier temps. [106]

2.5.6. Protocole :

L'irradiation se fait à trois endroits au niveau cervical et en un point en zone apicale, selon la méthode développée par Groth et Donato-Boracks (Lizarelli et coll, 2007). Le but de l'application en région apicale est d'atteindre les fibres nerveuses de type C, et en zone cervicale d'atteindre les fibres A. Il semble que la distance entre la dent et le laser soit un facteur important à prendre en compte dans les variations des effets thérapeutiques. [27]

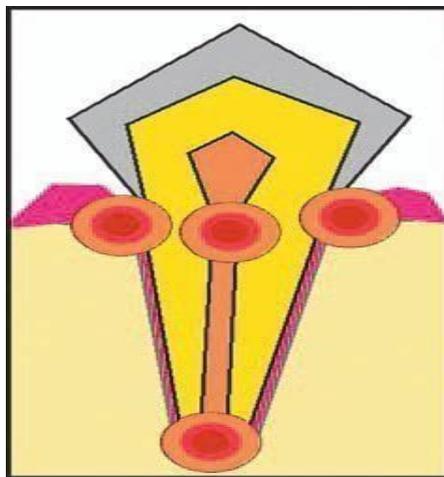


Figure (2.32) : Schéma des points d'irradiation en vue du traitement de l'hypersensibilité dentinaire (Lizarelli, 2007).

2.5.7. Conclusion :

Les lasers sont des traitements innovants et plus rapides que les méthodes traditionnelles, aussi bien dans la durée du traitement que dans l'apparition de résultats. Les effets secondaires restent très légers voire inexistants, et le confort du patient nettement amélioré par rapport aux méthodes traditionnelles. Mais ils restent très onéreux, et leur utilisation est plus complexe que les méthodes traditionnelles.

Le traitement laser de l'HD est plus efficace et plus pérenne si les facteurs étiologiques sont maîtrisés dans un premier temps.

Les lasers peuvent induire une modification de la surface dentaire, l'apparition de micro-fêlures et une augmentation de la rugosité de surface pouvant induire une accumulation bactérienne sur la zone traitée.

Les lasers peuvent entraîner des variations thermiques des tissus. L'atteinte pulpaire se fait dès une faible augmentation de température avec un risque de nécrose (le risque est de 15% pour une augmentation de 5°C, et de 60 à 100% pour une augmentation plus importante). Mais le refroidissement de la dent par un spray air-eau semble efficace pour limiter l'élévation de température.

Des nouvelles résines, et des nouveaux adhésifs comme le cyanocrylate pourraient être plus efficaces que les lasers, ou du moins autant efficaces et plus faciles d'utilisations. Ce sont de nouvelles thérapeutiques sur lesquelles des études doivent être menées afin de déterminer leurs avantages.

Le laser diode semble être moins efficace à court terme que les autres lasers, cependant il n'entraîne aucune modification de la morphologie dentinaire, ni aucun effet secondaire sur les tissus environnants. Il peut être utilisé en toute sécurité.

Le laser CO2 semble être celui qui induit la plus haute augmentation de la température de surface, et doit être utilisé avec une grande précaution. Il pourrait induire des nécroses pulpaires, et des remaniements des tissus environnants.

Le laser Nd:YAG est le plus efficace au long terme et celui qui permet la meilleure oblitération tubulaire. Il est considéré aujourd'hui comme **le gold standard** des lasers pour le traitement de l'HD. Mais l'association du laser Nd:YAG avec différents agents désensibilisants semble permettre une plus grande efficacité qu'un traitement au Nd:YAG seul.

2.6. Laser et le collage :

2.6.1. Collage :

Le collage est un acte quotidien au cabinet dentaire, il est aujourd'hui incontournable, il correspond à une dentisterie minimaliste, respectueuse de la biologie, cherchant à préserver les tissus résiduels. [30]

L'évolution d'une démarche mécaniste (rétention, stabilisation) synonyme de mutilation tissulaire vers une approche plus biologique (économie tissulaire) permet dorénavant de proposer des traitements avec cout biologique quasi nul.

Trois types de colles sont définis :

- Sans potentiel adhésif : nécessite d'avoir recours à l'utilisation d'un adhésif.
- Avec potentiel adhésif : présence d'un monomère actif.
- Autoadhésives : aucun traitement de surface dentaire ou prothétique nécessaire.

Les matériaux de collage ne possèdent aucun promoteur d'adhésion. Elles sont utilisées en association avec un system adhésif amélo-dentinaire. [30]

2.6.2. Collage amélo-dentinaire :

En odontologie conservatrice, comme dans d'autres domaines de la médecine dentaire, le conditionnement correct de la surface amérodentinaire est nécessaire pour le collage. [40] Quelle que soit la génération d'adhésif utilisée, il convient en premier lieu :

- L'éviction des tissus durs cariés (émail, dentine) si nécessaire
- Le nettoyage et la désinfection des surfaces à coller.
- L'isolation contre l'humidité buccal et le risque de contamination buccal (la digue est le meilleur moyen pour obtenir un champ opératoire propre et sec).

Le collage est basé sur l'utilisation de trois produits essentiels dont seule la présentation et / ou la manipulation changent :

- L'acide ortho phosphorique (etching).
- Le primer.

- La résine de contact. [40]

* **Le curetage** : L'éviction de la carie dentaire s'effectue toujours mécaniquement, mais certains procédés de préparation cavitaire récents présentent un indéniable intérêt clinique, dans le sens de la conservation tissulaire comme le laser. L'ablation sélective de la surface d'émail cariée avec l'énergie du laser a un potentiel qu'il n'est pas possible d'obtenir par les techniques de fraisage à haute vitesse ou même par l'abrasion à jet d'air.

Avantages du curetage avec laser :

- Préservez un plus gros pourcentage de dent saine pendant l'élimination de la carie.
- Permet d'avoir une approche mini invasive.
- Causer moins de douleur dans certaines circonstances.
- Réduisant le besoin d'anesthésie.
- Réduire potentiellement l'anxiété chez certains patients qui ne sont pas à l'aise avec la fraise dentaire traditionnelle (suppression du bruit et des vibrations liées aux instruments rotatifs).
- Permet de créer une zone de surface plus homogène, dure et plus résistante aux dissolutions acides, absence de micro-fractures souvent observées lors de l'utilisation d'instrument rotatifs.
- Les appareils commercialisés permettent de préparer ces cavités en un temps tout à fait compatible avec un exercice clinique (le temps de travail nécessaire pour réaliser la cavité au laser était compris entre 10s à 3min en fonction de la taille de la cavité). Tous sont munis d'un système interne de refroidissement basé sur la pulvérisation d'un mélange d'air et d'eau au point d'impact du rayonnement laser. Celui-ci permet de maintenir l'élévation de température intrapulpaire bien en deçà du seuil biologiquement acceptable de 5 °C.
- La possibilité d'un collage directement sur la surface préparée sans prétraitement acide a été évoquée dans la littérature. [33]

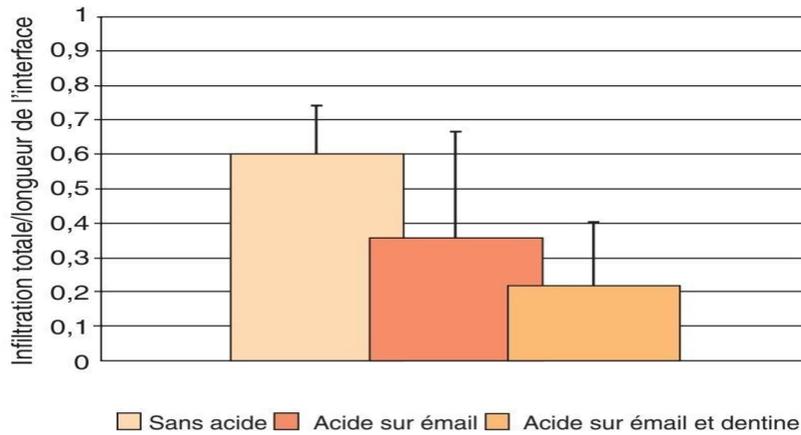


Figure (2.33) : Étanchéité de restaurations en résine composite de cavités de classe V préparées au moyen d'un laser Er:YAG.

Les cavités ont été entièrement préparées au moyen d'un laser Er:YAG. Les restaurations ont été réalisées en utilisant un système adhésif amérodentinaire monocomposant base acétone, et une résine composite hybride photopolymérisable. Le conditionnement acide des tissus, lorsqu'il était appliqué, a été réalisé au moyen d'un gel d'acide orthophosphorique à 35 %. [33]

- Le laser Er:YAG ($k = 2\ 940\ \text{nm}$) a la capacité à éliminer les tissus cariés et à préparer des cavités pour restauration adhésive a largement été démontrée dans la littérature. [33]
- Le laser Er:YAG permet l'ablation des tissus dentaires minéralisés plus efficacement et avec moins de dommages thermiques dans la dent traitée que les autres types de lasers. Les surfaces traitées ont une morphologie qui semble favorable aux techniques de restauration adhésives. [33]
- Le laser Nd:Yag (1064 nm) a un grand pouvoir d'ablation de la carie, il permet l'éviction de l'émail atteint en laissant l'émail sain intact.

Remarque : Un spray d'eau continu est indispensable pour réduire les effets thermiques lors de l'ablation des tissus dentaires minéralisés, émail et dentine, par un rayonnement laser.

La désinfection : Il est conseiller de finir la préparation avec un passage de laser à basse puissance (Nd-Yag ou Er-Yag) à la fois sur la dentine et l'émail, ça permet la désinfection et la décontamination des surfaces traitées en laissant une surface parfaitement propre et nettoyée.

Le mordantage : des vastes recherches ont été menées pour mettre au point une autre technique de conditionnement et surmonter le principal inconvénient

du mordantage à l'acide phosphorique, à savoir le risque de provoquer une décalcification. [110]

Avantages du mordantage au laser :

- Le laser est devenu l'une des solutions remplaçant efficacement le mordantage par l'acide, il est indolore et ne produit ni vibration ni chaleur.
- Il est possible d'obtenir une rugosité de surface très intéressante qui représente véritablement une solution de remplacement du mordantage à l'acide.
- Il modifie le rapport calcium phosphate et mène à la formation des composés plus stable et moins acido-soluble, ce qui réduit ainsi la sensibilité aux attaques carieuses.
- Le mordantage au laser rendant superflus la pulvérisation d'eau et le séchage à l'air, il représente un gain de temps et alors réduire le risque de contamination.
- Cependant, plusieurs auteurs d'articles en OC ont évoqué l'utilisation simultanée d'un laser et d'un mordantage à l'acide orthophosphorique pour augmenter la force d'adhésion des résines composites.
- Il est toujours conseiller de finir la préparation avec un passage de laser à basse puissance après un mordantage acide pour éliminer les dommages qui ont pu être causés par le laser en surface.
- Les lasers utilisés sont le laser Er ;YAG et le laser Er ;Cr ;YSGG. [110]

2.7. Laser et la photopolymérisation :

Le terme photopolymérisation désigne la transformation d'une résine liquide réactive en un matériau solide sous l'action de la lumière (cf. Figure 1). Apparue à la seconde moitié du 20ème siècle, la photopolymérisation connaîtra dès lors un essor fulgurant, par les multiples avantages qu'elle déploie. [27]

2.7.1. Photopolymérisation traditionnelle :

Il existe plusieurs types de lampes de photopolymérisation.

La lampe à polymérisation halogène :

- Elles sont des lampes à incandescence qui produisent de l'infrarouge et donc de la chaleur.
- Elles sont équipées d'un filtre optique afin que la température n'augmente pas trop.
- Un spectre large qui permet de traiter tous les photoinitiateurs.
- La présence d'un dégagement de chaleur qui s'avère utile aux composites chémopolymérisable.

Inconvénients :

- Une grande partie de l'énergie produite est gaspillée, et génère beaucoup de chaleur. ○ Elle présente une durée de vie limitée dans le temps, de l'ordre de 50 à 100h. [27]



Figure (2.34) : lampe à polymérisation halogène

Lampe à arc de plasma :

Ce type de lampe produit de la lumière par une décharge électrique en forme d'arc entre 2 électrodes de tungstène.

- Elle atteint une intensité lumineuse plus élevée.
- Elle génère un phototraitement plus rapide et plus profond.
- Son temps de polymérisation est très court et son retrait de prise est très important. ○ Elle est utilisée pour le blanchiment aussi. [27]

Inconvénients :

- Son prix qui est très élevé, et sa longueur d'onde qui est réduite.
- Elle n'est parfois pas efficace pour quelques résines.



Figure (2.35) : lampe de polymérisation à arc plasma

Lampe à photopolymérisation LED :

Ce type de lampes est actuellement le plus efficace.

- Elle permet de convertir l'énergie électrique en lumière.
- Elle peut réduire de 50% de temps d'exposition et de chaleur produite.
- Sa durée de vie est plus longue.
- Elle est silencieuse et n'a pas besoin de system de ventilation, et son taux de consommation est faible.
- Les lampes LED dernière génération se caractérisent par leur taille, leur légèreté et leur facilité à être nettoyer.
- Absence d'émission de chaleur (diminution de risque d'échauffement pulpaire).
- Leur spectre est ciblé. [27]



Figure (2.36) : Lampe à photopolymérisation LED

2.7.2. Photopolymérisation laser :

La lumière laser est d'une grande utilité en raison de sa cohérence. Le laser émet un faisceau cohérent de longueur d'onde uniforme dont les particules se déplacent toutes dans la même direction (les photons sont en phase contrairement aux autres systèmes). C'est par exemple ce qui permet d'avoir un point lumineux de taille quasiment identique à n'importe quelle distance de la source d'émission contrairement à une lampe classique qui éclaire une large surface. C'est ce qui permet de contrôler le laser avec beaucoup de précision. Le rayonnement produit est un rayonnement électromagnétique de même nature que la lumière, mais produit dans un oscillateur spécial qui a pour effet de concentrer les ondes en fréquence et en phase, donnant au rayonnement une directivité et une puissance beaucoup plus élevées que celles des rayonnements lumineux. [27]

- Elle consomme peu d'énergie et génère moins de chaleur.
- Elle a un duré de vie beaucoup plus longue.

Inconvénients :

- Elle produit une longueur d'onde qui permet de polymériser les composites mais avec une contraction très élevée.
- Son prix est très élevé.



Figure (2.37) : lampe de polymérisation à laser

2.7.3. Méthode laser contre méthode traditionnelle :

- Le temps d'exposition d'un composite au rayonnement laser représentait seulement 25% du temps nécessaire à la polymérisation par un system conventionnel (quand il faut 30s de polymérisation à une lampe conventionnelle, il n'en faut que 10s pour un laser **Argon**).
- Avec une énergie initiale plus faible on obtient une meilleure adhésion du composite à l'émail et à la dentine avec le system laser.
- La profondeur de pénétration est supérieure à celle obtenue par méthode conventionnelle.
- L'élévation de température dans la chambre pulpaire était beaucoup plus faible pour le system laser.
- Un composite polymérisé au laser présentait une étanchéité plus importante que pour les méthodes conventionnelles.
- Pour le system laser, on note une amélioration des propriétés physiques et mécaniques des composites avec une irritation pulpaire moindre, et un contrôle post-opératoire de meilleure qualité (le taux d'hypersensibilité post-opératoire est diminué). [32]

Cependant :

- L'achat d'un laser utile uniquement à la polymérisation n'a pas d'intérêt compte tenu de ses performances et de son cout.

2.8. Cas cliniques : [27]

Cas N°01 : Dans ce premier cas, le laser est utilisé pour réaliser une cavité de classe 5. Le laser Er ;Yag est utilisé à une puissance de 500-550 mJ à 12 Hz.



Fig. 30. A Class V abfraction defect with recurrent caries.

Figure (2.38) : A Classe V abfraction direct with recurrent carries



Figure (2.39): Er ;Yag laser ablation is used to remove decay and initially etch the tooth defect area



Figure (2.40): the final composite resturation was cured into place.

Cas N°02 : Dans ce deuxième cas, le laser est utilisé pour la dépose d'un composite infiltré. Le laser Er ;Yag est utilisé en à une puissance de 500-550 mJ à 12 Hz.



Figure (2.41): a) A patient with defective composite on tooth No.7 b) The patient in figure 33 after the composite was removed with an Er ;Yag laser. C) The lingual view of the patient after receiving a complete composite restauration

CasN°03 : Dans ce troisième cas, on utilise le laser pour déposer un composite défectueux et pour réaliser l'éviction carieuse par la méthode de tunnelisation. Le laser Er ;Yag est utilisé en à une puissance de 500-550 mJ à 12 Hz.

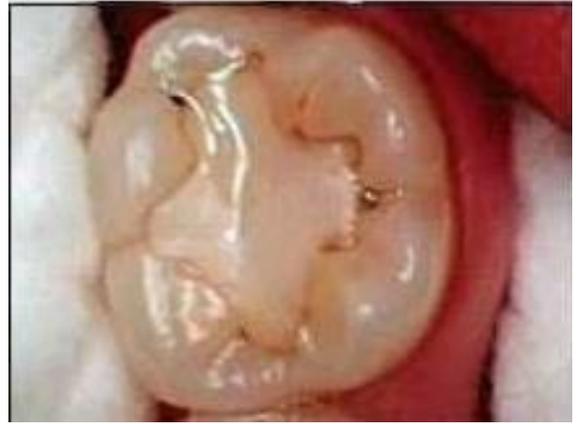


Figure (2.42): a) A radiograph of an 18- year-old woman with a defective composite restoration on tooth No.30 b): An occlusal view of the defective

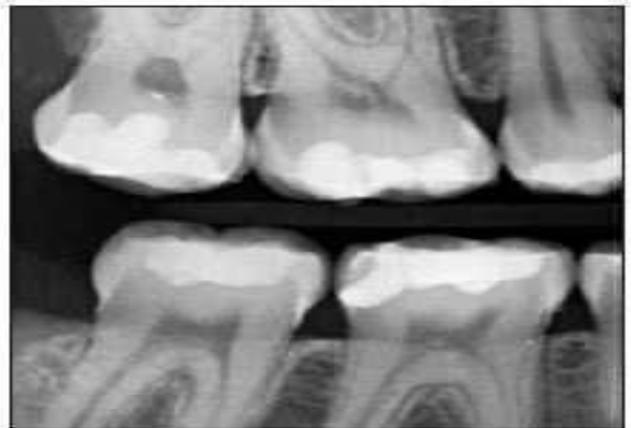


Figure (2.43): a) the laser's sapphire tip is angled, allowing it to tunnel under the distal marginal ridge b) A postoperative radiograph of the patient.

2.9. Lasers et éclaircissement des dents :

2.9.1. L'éclaircissement dentaire

2.9.1.1. Généralités :

L'éclaircissement dentaire est une technique permettant d'éclaircir la teinte des dents à partir d'un agent de blanchiment capable de traverser l'émail et de pénétrer au niveau de la dentine. Cet agent est un ion oxygène pouvant être obtenu à partir de différents produits, et pouvant agir sur les liaisons des chromophores incrustés au sein de la structure minérale de l'organe dentaire. C'est une réaction chimique d'oxydo-réduction entre les pigments colorants (l'agent réducteur) et la molécule décolorante (l'agent oxydant). [56]

Les décolorations peuvent être :

Extrinsèques : (Plaque, tartre, thé, café, Chlorhexidine, médicaments, sels fluorés, compléments alimentaires, colorants industriels, bactéries chromophores...)



Figure (2.44) : coloration due

à la Chlorhexidine Intrinsèques : Elles peuvent :

- Survenir pendant la formation de la dent et être d'origine chimique (fluorose, cyclines), d'un trauma pré-éruptif, d'une maladie systémique (jaunisse, porphyrie, anémie hémolytique...), anomalie congénitale de la dentinogénèse (amélogénèse imparfaite, dentinogénèse imparfaite, dysplasie de la dentine, odontodysplasie...)



Figure (2.45) : Dentinogénèse imparfaite avec coloration gris bleuté

- Survenir pendant la phase post-formative : nécrose pulpaire, décolorations hémorragiques, granulomes internes (Pink spot), iatrogène (traitement endodontique, restaurations à l'amalgame...), caries. **[108]**



Figure (2.46) : le Pink spot **[108]**

2.9.1.2. Techniques :

Selon la localisation de décoloration l'éclaircissement peut être interne (cas de dents non vitales) ou externe (dents vivantes).

2.9.1.2.1. Eclaircissement externe:

- Produits vendus en pharmacie ou grandes surfaces.

Ce sont des produits à faibles concentrations. Ils sont donc moins efficaces, mais présentent moins de risques.

- Gouttières ambulatoires : Le dentiste prend une empreinte de la bouche, confectionne des gouttières, qui seront appliquées toutes les nuits durant environ deux semaines.



Figure (2.47) : Utilisation de gel de peroxyde d'hydrogène à 6% appliqué dans les gouttières Thermoformées

- Séances au cabinet dentaire effectuées par un chirurgien-dentiste généralement à l'aide de peroxyde d'hydrogène combiné avec l'urée sous forme de peroxyde de carbamide.

C'est la technique la plus rapide, les produits sont les plus concentrés, et activés souvent par la lumière laser car photosensibles. La séance dure une demi-heure à une heure ; prévoir deux séances espacées de deux semaines pour un bon résultat. [55] [108]

2.9.1.2.2. Eclaircissement interne :

Elle consiste à éclaircir une dent dévitalisée de l'intérieur. Souvent, les dents dévitalisées prennent une coloration plus sombre, pouvant être inesthétique s'il s'agit d'une incisive centrale supérieure. Dans ce cas on peut, après s'être assuré que l'obturation canalaire était bien étanche, déposer un produit adéquat à l'intérieur de la dent et le laisser agir durant une semaine. On peut éventuellement renouveler le produit plusieurs fois, jusqu'à arriver à la teinte souhaitée. Ce traitement pourra être renouvelé plus tard si nécessaire.

2.9.1.3. Indications :

- Dents saines, indemnes de caries.
- Patient ayant une bonne hygiène bucco-dentaire.
- Colorations d'origine externe, ou interne mais légères.

2.9.1.4. Contre-indications :

Contre-indications locales : les dents à éclaircir doivent absolument être saines, indemnes de caries. En effet des dents déjà soignées seraient infiltrées par les produits à l'interface Obturation/dent, ce qui risque fortement d'entraîner la nécrose de la dent.

☒ Les produits d'éclaircissement agissent en déminéralisant la couche superficielle de l'émail. Les risques d'hypersensibilité dentinaire sont fortement accrus pendant et après les séances.

☒ De même un fumeur souhaitant éclaircir des dents jaunies par le tabac devra de préférence arrêter de fumer au préalable ; sinon les colorations risqueraient de revenir de manière encore plus importante.

☒ Amélogénèse imparfaite, dentinogénèse imparfaite, fluorose

☒ Il faut également éviter de boire du café ou tout autre aliment pouvant entraîner des colorations justes après une séance. [55]

- Contre-indications générales : à éviter chez les femmes enceintes et les enfants mineurs.

2.9.1.5. Produits :

Plusieurs techniques existent pour avoir des dents plus claires. La plupart sont basées sur l'eau oxygénée qui décolore des pigments des dents, en particulier les pigments jaunâtres.

Les molécules utilisées sont le peroxyde d'hydrogène, le peroxyde d'urée, le perborate de sodium et le peroxyde de carbamide. [108]

2.9.1.6. Risques :

L'Agence Nationale de Sécurité des Médicaments et des produits de santé (ANSM) a mis en évidence un certain nombre de risques liés à l'éclaircissement des dents. Pratiqué trop fréquemment (chez un dentiste comme dans des « bars à sourire ») cet acte de soins peut être plus néfaste que bénéfique sur le long terme. Parmi les problèmes les plus courants pouvant se développer après plusieurs séances, l'ANSM a notamment pointé :

- Le développement d'une hypersensibilité dentaire, notamment face au froid ;
- L'altération de l'émail et une fragilisation prématurée des dents ;
- La déminéralisation des dents ;
- Une recoloration plus rapide des dents. Les pigments contenus dans les aliments se fixent plus facilement lorsque l'émail est fragilisé ;
- L'irritation des muqueuses due à la concentration du produit ;

En outre, les risques de l'éclaircissement dentaire se situent également au niveau de la concentration de peroxyde d'hydrogène dans les produits utilisés sur les consommateurs. En théorie, plus la concentration de peroxyde est élevée, plus l'effet d'éclaircissement sur les dents est probant. Pour limiter les abus et les risques, la législation prévoit une limite de 0,1 % de concentration de peroxyde d'hydrogène. En pratique, il est très difficile de savoir si ce dosage est toujours respecté. L'ANSM met notamment en lumière l'opacité qui règne concernant la concentration des produits utilisés au sein des « bars à sourire ». Il peut arriver que la concentration de peroxyde soit ainsi trop importante. [55]

2.9.2. Éclaircissement au laser :

Peuvent être utilisées pour accélérer l'éclaircissement : les lumières incohérentes (LED, lampes halogènes, plasma, UV) ou cohérentes (lasers). Le processus d'activation du gel d'éclaircissement est une réaction photo-chimique conduisant à la transformation, sous l'effet de la chaleur, du peroxyde d'hydrogène en radicaux libres, qui vont interagir avec les chromophores responsables de la couleur de la dent. Il existe un seul laser totalement fiable et non iatrogène utilisé pour l'éclaircissement dentaire : le laser KTP (K Ti O PO₄ : Oxyphosphate de Titane Potassium ; $\lambda = 532\text{nm}$) en association avec le gel « Smart Bleach ». [56]



Figure (2.48) : l'éclaircissement dentaire au laser

La première observation méritant d'être retenue est la suivante : les lasers ayant un pouvoir ablatif sur les tissus durs doivent ici être éliminés de l'arsenal. le laser Er-YAG ne doit donc pas être utilisé dans les techniques d'éclaircissement des dents ;

Le laser est principalement utilisé ici pour réchauffer le gel de peroxyde d'hydrogène. Or, le gel n'est pas totalement absorbé par le laser Er-YAG qui le traverse et peut produire des altérations de l'émail par ablation. L'effet serait alors catastrophique. [45]

Pour éviter tout effet ablatif, il conviendrait d'utiliser des énergies basses (80mj), ce qui est en contradiction avec l'effet thermique recherché sur le gel et s'éloigne des concepts d'efficacité en termes ergonomiques et de gestion .la même remarque peut être avancée pour les lasers CO₂. [45]

L'éclaircissement est une technique invasive susceptible de causer des dommages pulpaire en particulier. Pour prévenir ces derniers, l'agent d'éclaircissement ne doit pas contenir d'acide –et donc n'être pas toxique pour les tissus environnants – faire courir de risque de susceptibilité à la carie , provoquer d'hypersensibilité dentinaire et, enfin , interférer avec les tissus pulpaire. Le peroxyde d'hydrogène semble faire consensus par la voie d'une réaction d'oxydoréduction .la concentration optimale est de 35 pourcents (130 volumes). Le peroxyde de carbamide peut être utilisé. [45]

Les étapes de la technique sont les suivantes :

- Mise en place d'un champ opératoire photo-polymérisable
- Préparation et mise en place du gel, en épaisseur suffisante ; veiller à ce que cette épaisseur soit homogène et qu'elle ne se déplace pas (vacuoles), faute de quoi les risques d'élévation de la température pulpaire deviendraient dommageables ;
- irradiation par lasers KTP ,diodes ou ND-YAG à la distance focale avec une pièce à main spécifique (diamètre du spot environ 1cm) , balayage de la surface d'une face vestibulaire (ne pas stationner en position fixe),4 ou 5 passages sur chaque dent entrant dans la ligne de sourire (de la seconde prémolaire à la seconde prémolaire contra-latérale) , 30 secondes d'irradiation par dent , soit un passage de deuxième prémolaire à deuxième prémolaire de 10*30 secondes= 300 secondes ,soit 5 minutes . le gel devant être renouvelé, soit ajusté le total pour 5 passages est de 30 minutes environ pour une arcade complète. en balayant la surface de chacune des 10 dents pour 30 secondes chacune, on remarque que les temps de repos sont d'environ 300 secondes pour chaque dent irradiée .cette gestuelle évite tout effet

cumulatif de
chaleur. [45]

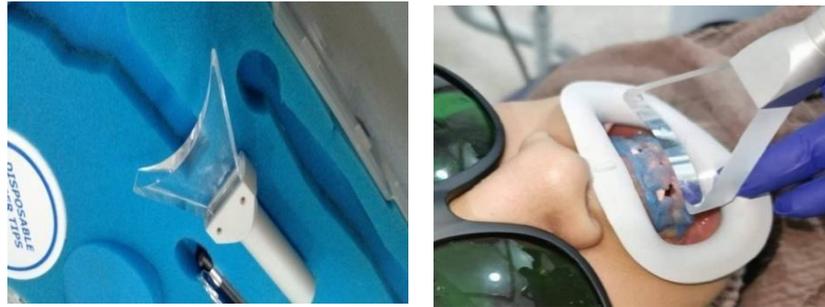


Figure (2.49) : a) une lampe d'éclaircissement dentaire b) : activation du gel par le laser

Le laser KTP est parfaitement adapté à cette technique en ce que, avec des énergies d'irradiation 5 fois moins élevées qu'un laser diode (1 versus 5W), il génère moins d'élévation thermique intrapulpaire sans que, autant dans un cas que dans l'autre, le seuil fatidique de 7°C ne soit jamais atteint (TAB 2.7).

Laser	Mode	Energie affichée	Exposition	Temps de repos	Nombre de passage maximum	Elévation thermique intrapulpaire
KTP 532 nm	Focal	1w	30 sec	300sec	5	1°C
Diode 980nm	Focal	5w	30 sec	300sec	5	4,5°C

Tableau (2.7) éclaircissement : paramétrages [45]

Dans l'hypothèse où le résultat clinique ne donne pas entière satisfaction, il convient de proposer une seconde séance plutôt que d'insister dans la même séance au risque, encore une fois, de provoquer des dommages thermiques.

[45]

Il convient d'ajouter deux remarques :

- L'anesthésie est formellement contre indiquée car elle empêcherait de suivre les éventuelles réactions du patient ;
- La surveillance de l'épaisseur du gel est primordiale ; ne jamais hésiter à le renouveler (en cas de décoloration) ou à l'épaissir. [45]

Notez bien :

Dans les techniques d'éclaircissement, ne pas utiliser de lasers ayant un effet ablatif des tissus durs (Er-YAG, ErCr –YSGG, CO2).

Les lasers Nd-YAG, diodes, KTP peuvent être utilisés.

Il faut chercher le seul effet thermique du gel ; ce dernier sera déposé en quantité suffisante (de 1 à 2 mm environ) sur les surfaces à éclaircir et son épaisseur comme sa décoloration

seront vérifiées à chaque passage. Le laser KTP permet d'éclaircir avec des faibles énergies (1w). [45]

2.9.3. CAS CLINIQUES :

Les cas cliniques présentés ci-dessous utilisent un laser smartbleach KTP de 532 nm, de puissance 0,8-1,2 W (quand on utilise une fibre optique) et 0,5-0,8 W (quand on utilise une pièce à main).

Protocole :

Examen intra- oral :

- Examen gingival et dentaire et apprentissage au patient des techniques de brossage.
 - Nettoyage prophylactique à l'eau et pierre ponce pour éliminer tous les débris susceptibles d'interagir avec le phénomène d'éclaircissement.
 - Application d'une première couche de gel smartgel sur les dents à éclaircir après avoir séché correctement les dents.
 - Une couche de smartblock est appliquée sur les gencives pour les protéger du rayonnement laser.
 - Activation du gel par la lumière laser, la couleur rouge du gel est complémentaire de la lumière verte laser.
 - Chaque dent est irradiée durant 30 secondes.
 - Après 10 minutes de contact gel/dent, rincer abondamment, puis sécher.
- Le même procédé peut être répété jusqu'à trois fois.
 - Le temps maximal d'interaction gel/dent est de 30 minutes par session de traitement.

Cas N°01 :

Homme de 32 ans sur lequel a été pratiquée une séance de trois applications



Figure (2.50) : Journal laser application 2002 ; 2 ; 129-134 [109]

Cas N°02 :

Jeune femme sur laquelle a été réalisée une séance laser.



Figure (2.51) : journal laser application 2002 ; 2 ; 129-134 [109]

Cas N°03 :

Homme de 32 ans présentant des colorations brunes, avant et après une séance de traitement.

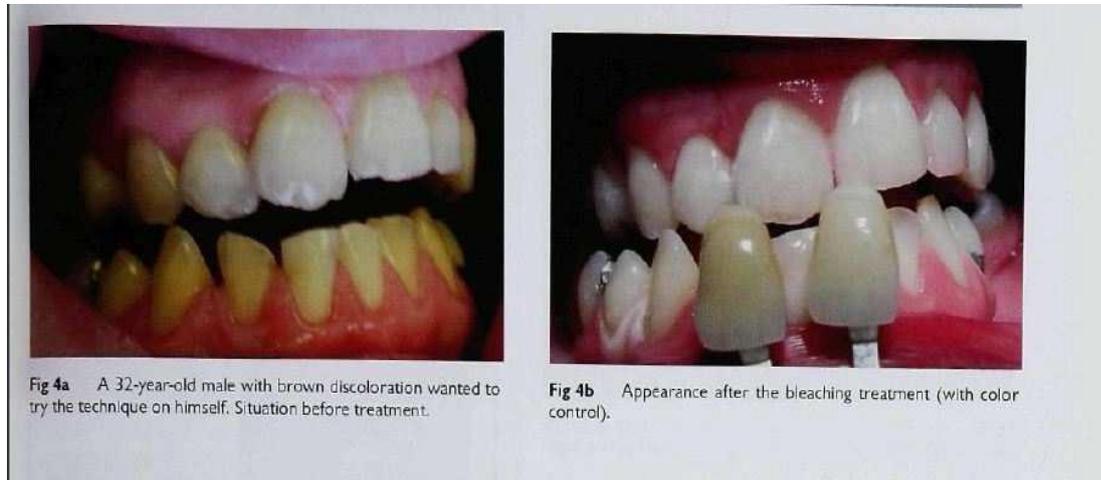


Figure (2.52) : journal laser application 2002 ; 2 ; 129-134 [109]



CHAPITRE III : LASER EN
ODONTOLOGIE PEDIATRIQUE



3.1. Généralité :

La prise en charge de la santé bucco-dentaire de patients pédiatriques est une tâche ardue mais qui peut être exceptionnellement gratifiante, car offrir à des enfants de vivre une expérience positive leur permet de construire une relation de confiance durable avec le professionnel dentaire .la combinaison du savoir-faire, de la connaissance et de technologies diagnostiques, contribue à guider les enfants sur le chemin d'une excellente santé buccodentaire et renforce la relation enfant-dentiste. [51]

L'éruption dentaire : L'éruption dentaire est un processus biologique et physiologique, dynamique et complexe qui se produit pendant plusieurs années et comprend la formation des dents et leur migration dans les mâchoires jusqu'à leur sortie en bouche en position fonctionnelle finale sur les arcades dentaires.

- Elle implique une transition entre 2 types de dentition : la dentition temporaire ou primaire et la dentition permanente ou définitive.



Figure (3.1): Denture mixte

- Elle est reliée intimement au développement et à la croissance crâniofaciale des enfants et implique les tissus osseux et mous (gencive) dans l'environnement des dents, ainsi que des modifications tissulaires comme la résorption des racines des dents temporaires pour laisser place aux dents permanentes.
- L'éruption est un processus localisé et symétrique, se produisant normalement en même temps des 2 côtés de l'arcade dentaire. Ceci est programmé dans le temps, est régulée par le follicule dentaire et est accompagnée de multiples modifications tissulaires comme la résorption.

- Les premiers stades de développement se produisent au niveau embryonnaire pour se terminer une vingtaine d'années plus tard avec l'éruption des troisièmes molaires permanentes ou dents de sagesse.

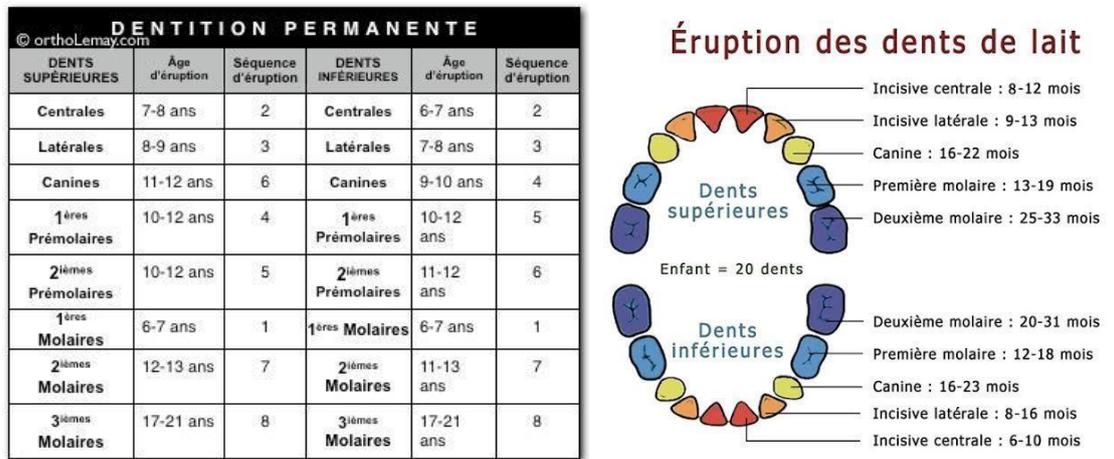


Figure (3.2) : Chronologie d'éruption des dents permanentes / d'éruption des dents de lait

3.1.1. Particularités des dents temporaires:

L'émail : L'émail qui recouvre une dent temporaire présente une couche moins épaisse et un aspect plus laiteux que celui de la dent permanente.

La dentine : La couche de dentine est moins fournie et plus perméable comparée à celle d'une dent permanente, mais délimitée, par contre par une pulpe relativement volumineuse.

La morphologie : Les dents de lait apparaissent plus trapues que les dents permanentes, c'est-à-dire qu'elles sont plus courtes et présentent un bombé accentué des faces vestibulaires et proximales, mais elles ne sont jamais aussi grosses que les dents permanentes.

Les racines : L'espace inter radiculaire est plus accentué que celui des dents permanentes, presque en demi-cercle et se termine presque en pointe. La faible épaisseur de l'émail et de la dentine, la perméabilité de la dentine, le volume pulpaire relativement important : expliquent pourquoi la carie évolue rapidement vers la pulpe. La morphologie des racines rend le traitement radiculaire plus délicat.

3.1.2. Particularités des dents permanentes immatures :

L'émail : L'émail en période éruptive, est immature, et poreux présentant une plus grande susceptibilité à la carie. Des protéines amélaire sont encore présentes en quantité dans l'émail post-éruptif. La gaine du prisme d'émail interface entre le prisme et la substance

inter prismatique constitue un hiatus important. Ces protéines disparaissent au profil d'une augmentation de la charge minérale. Parallèlement, une usure progressive de la surface amélaire se produit ; Ainsi la porosité de surface va se réduire.

L'organe pulpo-dentinaire : La dentine radulaire et coronaire est de faible épaisseur et les tubuli dentinaires sont très larges, facilitant une invasion bactérienne rapide. En revanche, le diamètre apical large permet une parfaite vascularisation et un excellent potentiel réparateur.

Particularités anatomiques:

Absence d'édification radulaire et absence de JCD.

L'apex est largement ouvert en forme d'entonnoir ou tromblon.

Le canal radulaire est large.

Les parois dentinaires fines et fragiles apparaissent divergentes parallèle ou convergentes selon le stade de formation radulaire.

La région apicale très vascularisée possède un potentiel de réparation important et participe activement l'édification radulaire.

Stade 0	Absence de crypte
Stade 1	Présence de crypte
Stade 2	calcification initiale
Stade 3	1/3 de la couronne est achevée
Stade 4	2/3 de la couronne est achevée
Stade 5	La couronne minéralisée
Stade 6	Début de calcification radulaire
Stade 7	1/3 de la racine est achevée
Stade 8	2/3 de la racine est achevée
Stade 9	La racine est édifiée, l'apex est non fermé
Stade 10	L'extrémité apicale de la racine est achevée, la jonction cémento-dentinaire est en place

Tableau (3.1) : Classification de Nolla

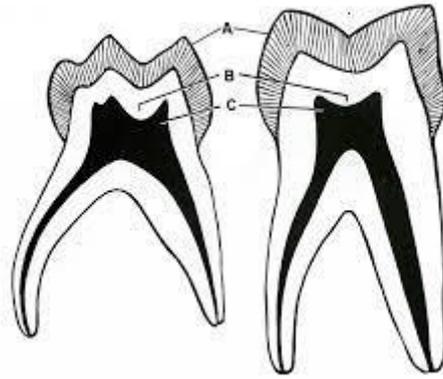


Figure (3.3) : Différence entre dent de lait et dent permanente [79]

3.2. Avantages de l'utilisation de laser en odontologie pédiatrique :

Le laser a apporté de nombreux avantages en odontologie pédiatrique :

- L'impact psychologique favorable sur l'enfant qui avec son imagination, peut voir le laser comme un outil magique utilisant de la lumière et de l'eau pour nettoyer les dents.
- Le caractère minimalement invasif en raison de l'affinité plus élevée pour le tissu carieux en raison de la teneur en eau plus importantes.
- Le niveau de sécurité plus élevé vu l'absence d'instruments rotatifs ou de lames chirurgicales dans une petite bouche d'enfants dont les mouvements peuvent être imprévisibles.
- La gestion du stress et de la peur du patient, avec un meilleur confort d'enfant, dû à l'absence du contact direct et de vibrations sur la surface tissulaire.
- Une meilleure accessibilité aux surfaces dentaire surtout postérieur.
- Les possibilités de pratiquer une chirurgie gingivale et muco-gingivale mineur plus simple et plus rapide sans sutures.
- Un meilleur control du saignement.
- Les aspects prévisibles et généralement asymptotiques de la cicatrisation par deuxième intention et de la période postopératoire.
- Une technique bien acceptée par les parents qui apprécient de pouvoir offrir à leurs enfants les avantages thérapeutiques du laser. [51]

3.3. Démarche diagnostique :

3.3.1. 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 [80]. Les méthodes de détection carieuse on était bien expliquer plus haut, on cite :

- L'inspection clinique
 - Les aides optiques
 - Le sondage
 - Le fils dentaire
 - Les élastiques séparateurs
 - Les colorants révélateurs de caries
 - Examen radiographique rétro coronaire
 - Radiographie numérique
 - La transillumination : -par fibre optique simple ou FOTI
 - Par fibre optique avec imagerie numérique ou DIFOTI
 - Méthodes électriques
 - Méthodes endoscopiques
 - Air abrasion
 - Ultrasons
 - La tomographie
- **Nouveaux moyens de détection des lésions carieuses en odontologie pédiatrique (DIAGNOdent) :**



Figure (3.4) : DIAGNOdent

Un nouveau produit pour la détection des lésions carieuses a fait son apparition sur le marché en 1998 appelé : Le DIAGNOdent®. Cet appareil est considéré comme un système fiable pour diagnostiquer les lésions initiales des puits et des sillons et des surfaces lisses, il permet également d'évaluer les actions préventives de reminéralisation des surfaces en effectuant des mesures a quelques mois d'intervalle.

Il existe de nombreuses différences entre les dents permanentes et les dents temporaires : nous notons surtout l'émail qui diffère en quantité et qualité, par son degré de minéralisation et sa teinte. Malgré ces différences, la fluorescence des dents temporaires est semblable à celle des dents permanentes, permettant d'utiliser DIAGNOdent® sur les deux types d'émail. [79]

3.4. Laser et la prévention des lésions carieuses :

La prévention est l'ensemble des mesures visant à éviter ou réduire le nombre et la gravité des maladies. Il existe 3 types de prévention :

- Prévention primaire : intervient en amont de la maladie carieuse.
- Prévention secondaire : concerne les mesures d'interception des lésions carieuses symptomatiques et asymptomatiques.
- Prévention tertiaire : a pour but de prévenir les échecs des thérapeutiques mises en œuvre, elle correspond au mode chirurgical communément admis.

Lorsque le laser agit sur les minéraux, il va permettre l'amélioration de la résistance de la dent à la maladie carieuse. Cette propriété ouvre de nouvelles perspectives très intéressantes en odontologie pédiatrique. [79]

Amélioration de la résistance de l'émail au laser :

Etude : une étude in situ montre que le laser CO₂ et les lasers Nd : YAG utilisés avec de faibles intensités, améliorent la résistance à l'acide de l'émail dans les sillons des faces occlusales des molaires. Les auteurs pensent que la température du laser à une incidence sur les deux phases de l'évolution de la carie : la dissolution de la structure de l'émail et la diffusion des molécules et des ions à l'intérieur et à l'extérieur de l'émail.

La restructuration due à la libération du carbone présent dans l'émail lorsque le tissu est chauffé entraîne une amélioration de la résistance à la dissolution.

Enfin, la dénaturation partielle de la matrice organique pourrait bloquer les voies de diffusion des ions. La température nécessaire pour induire une décomposition des protéines serait atteinte avec les densités d'énergies utilisées dans cette étude.

Paramètres :

- **Nd : YAG** : puissance moyenne : 1 W, fréquence : 10 Hz, durée des impulsions : 250 μ s, durée d'irradiation : 30 s, énergie par impulsion : 100 mJ, densité d'énergie : 3,33 J/cm², en contact.
- **CO₂** : λ : 10,6 μ m, puissance moyenne : 0.4 W, fréquence : 20 Hz, durée des impulsions : 10 ms, temps d'irradiation : 30 s, énergie par impulsion : 20 mJ, densité d'énergie : 6,60 J/cm², sans contact, distance : 2,5 mm]

Etude : Une étude clinique à court terme réalisée in vivo sur des prémolaires devant être extraites pour raisons orthodontiques a trouvé des résultats similaires avec le laser CO₂ de 9,6 μ m. Sur les dents traitées au laser les chercheurs ont mesuré une diminution de la déminéralisation de 46 % par rapport aux dents contrôles à la 4^{ème} semaine, puis de 87 % à 12 semaines. Les tests ont été effectués sur une dent porteuse d'un bracket : la rétention de plaque bactérienne y est augmentée.

[Paramètres : λ : 9,6 μ m, durée des impulsions : 20 μ s, 20 Hz, 20 impulsions par sites, fluence : 4,1 \pm 0,3 J/cm²].

En augmentant la résistance à la dissolution de l'émail, les lasers CO₂ et Nd : YAG auraient un rôle préventif. [79]

Amélioration de la résistance de l'émail avec l'association du gel fluoré et laser :

Etude : Une étude in vitro a examiné les changements moléculaires de la dentine après l'application d'un gel fluoré (12 300 ppm), suivi par l'application d'un laser diode (635 nm). Le traitement a été reproduit à 2, 3, 6 et 12 semaines. Une conversion en fluoroapatite a été constatée uniquement lors de l'application du laser sur le gel de fluorures. Ces changements ont lieu sur une profondeur de 50 nm. Cette conversion en fluoroapatite expliquerait l'amélioration de la résistance à la dissolution lors des érosions atteignant la dentine.

Etude : les résultats précédents ont été confirmés in vitro par l'application d'un laser DIODE de 809 nm, après l'application d'un gel de fluorures à 12 500 ppm. L'absorption de fluor est multipliée par deux lors de l'utilisation du laser par rapport à l'application du gel seul. Les chercheurs pensent que le changement de l'état de surface permet la rétention puis l'absorption du fluor par l'émail.

Etude : Il semblerait que l'utilisation d'un laser CO₂ d'une longueur d'onde de 9,6 µm inhibe nettement la progression des caries dans les puits et les fissures par rapport à l'utilisation d'un vernis fluoré seul. Rechman et Al examinent in vivo sur une période d'un an, les sillons

des molaires sur lesquelles ont été appliqué un gel fluoré avec ou sans l'application d'un faisceau de laser CO₂.

[Paramètres du laser CO₂ : λ : 9,6 µm, durée des impulsions : 20 µs, fréquence des impulsions : 20 Hz, diamètre faisceau : 800 µm, fluence moyenne : 4,5 ±0,5 J/cm², 20 impulsions par spot. Absence de spray]

Le taux de déminéralisation des sillons a été évalué par plusieurs appareils : DIAGNOdent®, les critères IDECAS (International Caries Detection and Assessment System), SOPROLIFE (Light Induced Fluorescence Evaluator).

Ces trois systèmes ont mis en évidence lors des contrôles à 3, 6 et 12 mois une inhibition significative de la progression des caries dans les puits et fissures traités avec vernis fluoré et laser par rapport aux dents traitées seulement avec le vernis fluoré.

Etude : Kwon et Al ont associé, in vitro, une exérèse du tissu carieux au laser Er : YAG à l'application du gel fluoré (fluorure de sodium à une concentration de 1 %) suivie d'une irradiation au laser CO₂. Ils ont trouvé que cette technique améliorerait fortement la cristallinité de l'émail en diminuant la perte de calcium lors des cycles de variations de pH. Rappelons que le carbonate du milieu cristallin est responsable de la solubilité de l'hydroxyapatite lors d'une attaque acide.

Les chercheurs expliquent cette amélioration de la cristallinité par trois phases :

- L'ablation au laser Er : YAG (fluence : 33 J/cm²) améliore la cristallinité mais tous les plans n'en bénéficient pas. La matrice organique fond, se dilate et bloque probablement les voies de diffusion des ions. La pénétration de l'acide peut être réduite et, en conséquence, la perte de calcium est diminuée par rapport à l'émail.

- Le fluorure de sodium prévient de manière significative la perte de calcium par deux processus :
 - Il inhibe la perte minérale par précipitation sur la surface de l'émail.
 - Il améliore la reminéralisation.
- Enfin, le faisceau laser CO₂ (fluence : 35 J/cm², mode continu) associé aux fluorures de sodium après l'ablation au laser Er : YAG conduit à l'amélioration de la structure cristalline et à la formation de nouveaux produits. Nous observons du phosphate tricalcique alpha (α-TCP) et de la fluoroapatite. Deux avantages sont retrouvés à l'application d'un gel fluoré :
 - Il permet la formation de fluoroapatite à basse température : en effet en l'absence de fluor cette transformation a lieu lors de l'utilisation de laser à une fluence supérieure à 500 J/cm². Or, si cette fluence est utilisée, les α-TCP seraient retrouvés dans tous les plans de l'émail mais ce ne sont pas les minéraux les plus résistants à la dissolution acide.
 - L'utilisation de basse fluence limite ainsi la formation d'α-TCP, permettant de retrouver de la fluoroapatite dans tous les plans cristallins.

Conclusion : Le laser est un outil très prometteur en matière de prévention, surpassant les résultats obtenus avec une application de fluor, Mais le manque d'étude longitudinale est certain. Un protocole reste à définir afin d'utiliser le laser dans des conditions de sécurité optimale. [79]

3.5. Laser et le scellement des sillons :

Chez l'enfant ayant un risque carieux individuel élevé, le scellement des sillons à l'aide d'un scellant va permettre de diminuer significativement le risque carieux. Le prétraitement au laser va permettre de nettoyer et de désinfecter la surface dentaire avant l'application du scellant. [80]

- **Protocol de scellement des sillons avec laser Er : YAG :**
- Anamnèse : elle permet de renseigner sur les antécédents médicaux et dentaires du patient âge et état de santé générale et d'identifier les contre-indications du traitement. [63]
- Examen clinique : l'examen se déroulera dans un premier temps par l'examen exo buccal puis endo buccale avec inspection et palpation de la peau, des articulations temporo mandibulaires, des tissus mous et dentaires. [63] [64] [65]
- Réalisation des test diagnostic : il permet de déterminer le statut pulpaire, il existe des tests de sensibilités pulpaire :test thermique, électrique, cavitaire et des tests de vitalité pulpaire ainsi que des tests de percussion, de palpation apical et de morsure. [63] [64] [65]

- Radiographie : Il faut radiographier la dent afin de vérifier sa maturité et la fermeture de l'apex radiologique. [63] [64] [65]
- Pas d'anesthésie local : à cause de l'effet analgésique du laser. [79]
- Mise en place du champ opératoire : La digue doit être mise en place pour éviter toute contamination bactérienne (European society of endodontology, 2006). [65]
- Nettoyage Du sillon au laser Er : YAG sous spray d'eau selon les paramètres suivants : 65_75m,10/20 Hz,100 300 usec. [80]
- Mordançages à l'aide d'acide orthophosphorique, effectué pendant au moins 15 secondes [63]
- Rinçage abondant et minutieux d'une durée équivalente. [63]
- Séchage de la dent concerné à l'aide de spray d'air. Un séchage est alors effectué jusqu'à l'obtention d'un émail blanc crayeux. [63]
- Mise en place d'un scellant : La pose du matériau du scellement doit être strictement limitée à l'anatomie des sillons. En cas de débordement, le surplus doit être retiré avant polymérisation, à l'aide d'un embout adapté ou d'une petite boulette de coton. Une sonde peut être passée dans les sillons pour chasser les éventuelles bulles dans la masse du matériau. [63]



Figure (3.5) : Sealant infiltré sur une 26 après un passage d'un laser Er : YAG (79)

- Après polymérisation, la rétention est contrôlée à l'aide d'une sonde avant retrait du champ opératoire.

L'efficacité du scellement des sillons va dépendre de la rétention dans le temps. Différentes études in vitro ont analysé la résistance à la percolation du scellant entre une préparation conventionnelles combiné 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'email.

Etude : L'étude de Cehreli et coll, en 2006 montre qu'il n'y a pas de différence significative de rétention du scellant à la percolation avec et sans application du laser. [80]

On conclue que l'intérêt du laser en scellement des sillons est le Nettoyage et la désinfection des sillons mais sans différence de percolation du scellant.

3.6. Traitement des lésions carieuses :

Malgré les progrès considérables en matière de prévention réalisés ces dernières années, la majeure partie de notre activité consiste en la restauration de dents ayant subi des pertes de substance d'origine carieuse. Le cahier des charges demande à la fois de préserver le tissu pour maintenir l'intégrité de la dent, tout en enlevant la totalité du tissu pathologique. La technique la plus répandue actuellement, ayant comme avantage d'allier efficacité et résultat, est l'utilisation de fraises diamantées ou en carbure de tungstène montées sur des instruments rotatifs sous spray. Le praticien y étant familiarisé, oublie les inconvénients de cette technique :

- Pas de sélectivité du tissu carieux.
- Risque d'endommager les tissus mous adjacents.
- Risque de dommages auditifs pour le praticien.

L'apport du laser est intéressant en odontologie pédiatrique car 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. [79]



Figure (3.6) : l'éviction carieuse avec le laser

- **Choix du laser :**

La pertinence de l'utilisation d'un laser pour l'éviction des tissus durs se fait par leur affinité pour les chromophores compris dans le tissu cible (l'eau), et la durée des impulsions.

- Nd : YAG a été l'un des premiers lasers proposés pour les tissus durs. Avec une longueur d'onde de 1 064 nm, il est à la fois absorbé modérément par l'émail, la dentine et l'eau. Il a été conseillé d'appliquer des pigments ou de l'encre noire pour que l'ablation soit améliorée. Peu de bénéfices ont été trouvés à son utilisation : l'absorption reste insuffisante, entraînant une élévation thermique importante.
- Nd : YAP a une affinité plus élevée pour l'eau que le Nd : YAG. Il a donc aussi été évalué dans ce domaine. Armengol et Al ont mesuré une augmentation significative de température intra pulpaire lors de son utilisation. Ils l'ont comparé avec le laser Er : YAG : alors qu'avec ce dernier, ils ont mesuré une augmentation de température maximale de 3.6°C (±0.96°C), Nd : YAP a atteint les 2.96°C (±13.80°C). Ce n'est donc pas un laser à privilégier pour réaliser ce type de soin.
- Le laser CO₂ montre un coefficient d'absorption de l'hydroxyapatite élevé. Cependant les modes d'émissions existant actuellement sont défavorables et il entraîne une carbonisation et des craquelures de la dentine exposée. Il semblerait que peu de laser CO₂ soient équipés de spray air et de durée d'impulsions très courtes, ce qui entraîne une diffusion de chaleur trop importante pour l'organe dentaire.
- Actuellement, ce sont les lasers erbium qui sont retenus pour l'utilisation sur les tissus durs. Des études ont montré que l'Er : YAG est plus absorbé par l'eau qu'Er, Cr : YSGG. Quand un laser est moins absorbé, sa pénétration est plus importante dans les tissus, il est donc moins efficace pour réaliser l'ablation de tissus durs. Néanmoins, le laser Er, Cr : YSGG est utilisé mais par souci de simplification nous n'intéresserons qu'au laser le plus étudié.

Notre choix de laser est limité par les contraintes de mode d'émission. Les études avec des impulsions extrêmement courtes (nanoseconde ou femto seconde) montrent que d'autres longueurs d'ondes peuvent être utilisées en dentisterie restauratrice, comme le laser CO₂ (λ : 9,6 μ m) qui est très absorbé par l'hydroxyapatite. [79]

- **Augmentation de la température pulpaire** : De nombreuses études ont été réalisées afin de mesurer le seuil thermique du laser sur la pulpe.
- **Détermination d'un seuil thermique** : Tout d'abord, il a fallu déterminer un seuil au-delà duquel la température devient nocive pour la pulpe, la chaleur étant un facteur majeur de détérioration biologique. Ces valeurs permettent de définir une plage de sécurité pour toutes les procédures entraînant une élévation de température de l'organe dentaire.

Etude : Une des études les plus citées est celle de Zach et Cohen (1965), Cinq singes Macaca Rhésus ont été sélectionnés car leurs dents sont similaires aux dents humaines et ont une taille assez importante, pour faciliter la mise en place de l'instrumentation. Ces dents ont été soumises à des augmentations de températures contrôlées par une sonde thermique intra pulpaire. Ils ont pu conclure qu'une augmentation intra pulpaire de 5,5°C entraînait dans 15 % des cas une pulpite irréversible ou une nécrose.

Etude : Plus récemment, Baldissara et Al ont fait une étude in vivo chez quatre patients âgés de 10 à 25 ans devant subir des extractions de dents saines pour raison orthodontique. Les expériences ont été exécutées sur 12 dents saines (molaires ou prémolaires). Une étude clinique des symptômes suivie par une étude histologique ont été réalisées. La température supérieure à 43°C appliquée sur la dent pendant une période de 80 à 180 secondes n'a pas créé de dommages tissulaires visibles. L'auteur suggère donc que les nécroses ou pulpites irréversibles font suite à un traumatisme de la dentine.

Etude : Par principe de précaution, nous retiendrons le seuil de température défini par l'étude de Zach et Cohen (5.5°C). Il s'agit maintenant de mesurer la température atteinte par la pulpe lors de l'utilisation du laser. [79]

- **Mesure de l'augmentation thermique lors de soin au laser :**

Etude : In vitro, sur trente incisives de bovins, Cavalcanti et AL ont trouvé une augmentation moyenne de température de 2,69°C ($\pm 1,12^\circ\text{C}$) dans la chambre pulpaire pendant des préparations de cavités de classe V, avec un laser Er : YAG. [Paramètres du laser : 3.5W ; impulsions : 250 μsec , 350 mJ ; 10 Hz ; spray 4,5 mL/min ; mode sans contact].

Le temps de la préparation était de 3 minutes. Il restait à la fin de chaque préparation 0,5mm de dentine.

Etude : Toujours in vitro, Mollica et al ont mesuré sur trente dents de bovins une hausse moyenne de température de 0,84 °C ($\pm 0,55$).

[Paramètres du laser étaient : impulsions : 250 μsec , 250 mJ ; 4hz ; spray de 4,5 mL/min ; mode sans contact].

Des cavités de classe V (2 x 3 mm) ont été réalisées par le même opérateur, pour une durée de 3 min, d'une profondeur de 3,5 mm laissant environ 0,5 mm de dentine. L'augmentation moins importante de température par rapport à l'étude précédente s'explique probablement par les réglages de fréquence et d'énergie.

Etude : l'idée précédente a été confirmée par une étude récente de Krmek et Al. Ils ont mesuré l'augmentation de température pulpaire lors de la préparation de cavités de classe V sur neuf groupes de dix molaires intactes en faisant varier la fréquence et l'énergie.

[Les paramètres du laser : Pour l'émail : 400, 360, et 320 mJ ; fréquences de 10, 12, et 15 Hz. Durée d'application totale du laser : 10 s.

Pour la dentine : 340, 280, et 200 mJ ; fréquences de 10, 8 et 5 Hz. Durée d'application totale du laser : 7 s.

Paramètres non modifiés : diamètre de la pointe de la fibre de 950 µm, utilisée en contact. Durée des impulsions : 100 µs. Spray : 73 psi = 503 kPa et 50 mL /min]

L'élévation de la température la plus importante dans la pulpe a été obtenue avec la plus haute énergie utilisée sur l'émail : 400 mJ et 15 Hz. Elle s'élevait à $1,99 \pm 0,28$ °C.

La température la plus basse dans la pulpe lors du travail dans l'émail a été atteinte avec l'énergie la plus faible (320mJ et 10 Hz). Elle était de $0,70 \pm 0,18$ °C.

Dans la dentine, l'augmentation de température la plus élevée a été obtenue avec 340 mJ et 10 Hz ($1,37 \pm 0,42$ °C), et la plus basse avec de 200 mJ et 5 Hz ($0,43 \pm 0,18$ °C).

Par ailleurs, les chercheurs ont constaté que l'énergie des impulsions a plus d'influence sur l'augmentation de température que leur fréquence. [79]

- **Importance du spray :**

L'importance de l'utilisation du spray pour diminuer l'augmentation thermique a été montrée par l'étude d'Armengol et Al. Ils ont testé in vitro les changements de température avec ou sans eau pendant l'utilisation d'Er : YAG sur 18 dents extraites.

[Paramètres : impulsions : 250 µs, 140 mJ ; 4 Hz ; mode sans contact (10 mm), durée d'application : 12,5 s]

Les températures intra pulpaire relevées lors d'une utilisation du laser sans eau, avec une dentine résiduelle d'épaisseur minimale de 1 mm ont atteint les $14,45^{\circ}\text{C}$ ($\pm 3,55^{\circ}\text{C}$).

En revanche avec un spray air/eau (1,4 ml d'eau/min, 690 ml air/min), l'augmentation de température relevée a été de $2,2^{\circ}\text{C}$ ($\pm 0,55^{\circ}\text{C}$) à 1 mm de la pulpe, et $3,6^{\circ}\text{C}$ ($\pm 0,96^{\circ}\text{C}$) à 0,5 mm.

Etude : Attrill et AL confirment ces résultats , Ils mesurent sur 32 prémolaires saines extraites l'augmentation de température lors de l'application d'un laser Er : YAG, avec ou sans spray. [Paramètres : 2 Hz à 8 Hz, impulsions : 82 à 223 mJ, durée d'application laser : 55 à 270 s. énergie totale délivrée : 15 à 133 J]

Avec un spray d'eau (3,5 mL/min) l'augmentation maximale de température mesurée est de 4,0°C. [Paramètres : 4 Hz ; 157 mJ ; 170 s, énergie totale délivrée : 107 J]

Sans eau elle atteint 24,78°C. [Paramètres : 8 Hz ; 223 mJ ; 75 s ; énergie totale délivrée : 134 J]

Aucun des échantillons ayant une éviction carieuse associée à un spray n'a donc subi une augmentation de température au-delà du seuil où les dommages thermiques ont lieu. En revanche, sur les échantillons sans eau seuls, 25 % sont restés sous ce seuil. [79]

- **Etude histologique :**

Etude : Singh et AL ont réalisé une étude histologique de la pulpe. Ils ont extrait quarante prémolaires après utilisation in vivo du laser Er : YAG ou de la turbine. [Paramètres : 20 Hz, 200 mJ, 100 ms, 0,9 j/cm², embout de 0,47 mm de diamètre, en contact avec la surface, spray]

Ils ont réalisé des cavités de classe, de 3 sur 3 mm et 1,5 mm de profondeur. Ils n'ont pas pu observer de différences histologiques au microscope (grossissement x4, x10, x40) entre les 2 échantillons, ni avec le groupe contrôle. [79]

- **Evaluation thermique sur dents temporaires :**

Etude : cette étude a été réalisée in vitro sur 14 molaires temporaires : Castilho et Al ont mesuré l'augmentation de température de la pulpe lors de préparations de cavités de carie de classe V avec un laser Er : YAG.

[Paramètres : 14 Hz ; 420 mJ ; mode sans contact ; pointe de saphir de 17 mm de long, 1,3 mm de diamètre, montée sur une pièce à main ; durée : 30 ou 60 s. spray]

Le laser Er : YAG utilisé pendant 60 secondes entraîne l'augmentation de la température la plus élevée (4,01 °C). Les augmentations de température, cependant, sont restées en dessous de la valeur critique (5,5 °C)

Etude : les résultats précédents ont été confirmés par Hubbezoglu et Al lors d'une étude in vitro sur dents temporaires. Ils ont conclu que l'utilisation d'un laser Er : YAG

avec un spray air/eau avec une fréquence élevée (20 Hz) et densité d'énergie basse (12,7 J/cm², durée des impulsions : 230 µs) n'entraînait pas une augmentation de température pulpaire préjudiciable pour la pulpe (avec 0,5 mm d'épaisseur de dentine).

Conclusion : Chaque étude a des paramétrages différents du laser et du jet d'eau, il est donc difficile de les comparer. Cependant, aucune des études ne montre un dépassement du seuil thermique entraînant des dommages pulpaire lorsque le laser est utilisé avec un spray refroidissant. Mais beaucoup de paramètres entrent en jeu :

L'épaisseur de dentine résiduelle, les paramètres du laser et la durée d'application du laser. Ils doivent être évalués afin de l'utiliser dans des conditions de sécurité optimale. [79]

- **Paramétrage du laser :**

Tous les lasers Erbium ont des paramétrages différents ainsi que des accessoires spécifiques. Il serait fastidieux et sans grand bénéfice de tout détailler. Mais voici quelques notions importantes pour régler le laser.

Plus le tissu contient d'eau, plus le laser produira une éviction efficace :

- Les tissus très cariés demanderont donc moins d'énergie et de temps pour être nettoyés que les tissus moins déminéralisés.
- L'émail sain, contenant 85 % de son volume en minéraux contre 12 % d'eau (et 3 % de protéines) demandera plus d'énergie pour son éviction que la dentine, contenant 47 % de minéraux, 20 % d'eau (et 33 % de protéines). La dentine cariée peut atteindre les 54 % d'eau.
- Chez les enfants, les dents temporaires contiennent plus d'eau que les dents permanentes et ont une couche d'émail en moyenne moitié plus fine que celle de leurs homologues permanentes.

Il est nécessaire d'adapter l'énergie du laser au tissu cible. Cela permet de rester sélectif lors de l'éviction des tissus : l'énergie nécessaire pour vaporiser la dentine étant moins importante que pour l'émail, nous pouvons, en gardant la même puissance, enlever du tissu sain. Un autre avantage est de diminuer les sensations douloureuses pour le patient : en effet, en baissant l'énergie, nous réduisons la production de chaleur qui est transmise par les tubulis présents dans la dentine.

Afin de bien régler son laser Er : YAG, une énergie de 12 à 20 J/cm² est nécessaire pour l'ablation de l'émail. Pour la dentine 8 à 14 J/cm² suffisent. Il est important avant tout de suivre le guide laser du fabricant.

Voilà, par exemple, un extrait de celui du laser Er : YAG laser (powerlase AT HT Fotona) :

Indications Clinique	Fréquence (Hz)	Energie (mJ)	Distance: embout/tissu
Préparation de cavité dans l'émail de dent permanente	20; 25	180-200	1.5mm, contact rapproché
Préparation de cavité dans la dentine de dent temporaire	10; 15	90-120	1.5mm, contact rapproché
Eviction de tissu carieux	20; 25	60-70	1.5mm, contact rapproché

Tableau (3.2) : Paramètre de réglage du laser Er ; YAG [79]

Utilisé avec la pièce à main R14C et des embouts de 600 ou 800 µm de diamètre. Les durées impulsionnelles sont de 50 µsec (super short pulse) ou 100 µsec (very short pulse)

L'opérateur doit travailler avec une énergie laser suffisante et réaliser les soins dans un temps minimal. Il faut en effet atteindre des taux d'ablation cliniquement acceptables sans causer de dommage aux tissus adjacents.

Le choix de l'embout se fera en se rappelant que plus la surface du faisceau est large, plus sa puissance reçue par unité de tissu cible est faible. Il faut donc toujours adapter la densité de puissance à la taille du spot.

Ainsi, pour une carie du collet (Classe V) en générale peu profonde mais d'étendue pouvant être importante, un embout assez large est choisi, contrairement à une carie de type « fissure », qui demandera plus d'énergie et donc un embout de diamètre plus faible.

Les embouts en quartz sont susceptibles d'être endommagés par les projections de tissus calcifiés. La configuration du faisceau et la dynamique de coupe seront modifiées (diminution du taux d'ablation). L'efficacité peut être réduite jusqu'à 60 % en 20 minutes d'utilisation dans des conditions normales. Les embouts doivent donc être régulièrement examinés et polis. Il est donc conseillé d'éviter le contact continu avec la surface dentaire qui endommage les embouts. Les embouts en saphirs permettent une amélioration de la qualité du faisceau délivré, mais ils sont plus onéreux et plus sensibles à la fracture.

Les appareils sont en général équipés d'un testeur pour vérifier la puissance réellement émise afin de vérifier que le faisceau ne subit pas de perte d'énergie anormale.

Un spray air/eau est utilisé, afin de diminuer la température du site ciblé, mais aussi permettre l'évacuation des débris. Il est réglé selon le soin à réaliser. Si le flux est trop important, l'efficacité de coupe diminue : en effet l'énergie du faisceau est interceptée par la couche d'eau à la surface des tissus dentaires, Mais le spray est indispensable pour éviter l'échauffement de la pulpe, mais aussi des tissus durs, qui se craquèlent et se fissurent si le spray est insuffisant. Il doit être donc être réglé selon l'énergie du laser employé. Le temps de relaxation thermique est à prendre en compte lors du réglage du spray : il permet aussi le refroidissement du tissu cible. [79]

- **Observations sur la réalisation du soin :**

Pendant la réalisation de la cavité, un bruit sec se fait entendre lorsque l'ablation au laser se produit. Le niveau sonore est faible lorsque le laser est appliqué sur des tissus sains, mais devient plus fort sur les tissus carieux car l'ablation est plus importante avec une expérience minimale, ce phénomène peut aider l'opérateur à utiliser le laser pour enlever sélectivement le tissu pathologique.

L'énergie du faisceau est absorbée par l'hydroxyapatite. Si la dent a reçu du fluor, l'hydroxyapatite sera substituée par de la fluoroapatite ($\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6\text{F}_2$). Cette dernière n'absorbera pas autant d'énergie, et l'ablation se fera moins rapidement : l'efficacité du laser a une rentabilité diminuée de 20 % par rapport à la turbine. Le soin peut donc éventuellement commencer par une fissurotomie à la turbine, permettant d'enlever la couche gênante, pour ensuite continuer avec le laser.

L'ablation idéale de tissus est obtenue en effleurant la surface de la dent avec l'extrémité de la pièce à main :

- Pour réaliser une exérèse large, la pointe se déplace constamment sur la surface.
- Pour réaliser une exérèse en profondeur, la pointe du laser doit réaliser un mouvement de pompage, en s'éloignant puis en se rapprochant de la dent.

Une fois qu'une cavité est réalisée, il est important de laisser un accès suffisant pour la pulvérisation d'eau à la fois pour assurer un refroidissement et pour empêcher l'accumulation de débris d'ablation, toujours en réalisant ce même mouvement de pompage. Il semblerait que l'on obtienne plus d'efficacité en étant parallèle à l'axe des prismes d'émail, pour accéder aux espaces

inter prismatiques, plus riches en eau comme avec les rotatifs, la forme finale de la cavité est déterminée par l'extension de la lésion carieuse.

Si une gingivectomie est nécessaire pour poursuivre le soin, il est important d'enlever le spray, sinon la coagulation ne sera pas efficace. Les paramètres devront également être adaptés. [79]

- **Echelle microscopique :**

L'exérèse des tissus durs est réalisée grâce à l'effet thermique des lasers, qui entraîne une thermoablation : ce processus s'appelle cavitation. Le composant absorbant doit être suffisamment présent dans le volume irradié pour convertir efficacement l'énergie apportée par le laser en une augmentation de température à l'intérieur du matériel.

Avec les lasers Erbium, l'élément principal est l'eau. Les molécules d'eau présentes dans le tissu cible deviennent très chaudes, la pression augmente, et entraîne une micro-explosion. La structure dentaire est enlevée. L'hydroxyapatite aussi absorbe de l'énergie, mais c'est une partie infime par rapport à l'action de l'eau.

Après une irradiation au laser Er : YAG associée au spray, trois grands changements morphologiques sont observés : une surface « lasérisée » très irrégulière avec les orifices des tubules dentinaires exposés et une absence de smear layer. [79]

- **Durée du soin :** Une des grandes critiques des soins carieux aux lasers est l'augmentation de la durée des soins.

Etude : cette étude de Keller et Al a comparé le temps moyen de réalisation de cavité à la turbine ($4,3 \pm 3,9$ minutes) et au laser Er : YAG ($7,5 \pm 4,6$ minutes). Cette différence est essentiellement liée à l'exérèse de l'émail, plus longue au laser. Dans cette étude, sur 103 patients, seuls 3 se plaignent de la durée du soin au laser. Le laser pourrait cependant être utilisé dans des conditions où l'exérèse est plus rapide, mais nous perdons alors en confort pour le patient (la nécessité d'anesthésie augmente).

Etude : Liu et Al trouvent eux aussi une différence de temps significative selon la préparation de cavité au laser ou au rotatif. La durée est multipliée par un facteur de 2,35 en moyenne. Malgré cela, les enfants interrogés pour la suite de l'étude choisissent le laser pour la réalisation des prochains soins.

D'autres études en revanche montrent que le temps nécessaire pour réaliser les cavités est identique à celui avec une turbine, quoi que plus long dans les zones postérieures. [79]

Cas clinique : Enfant de 4ans, éviction de la carie présente sur une canine déciduale avec un laser Er ; YAG [48]



Figure (3.7) : Eviction de la carie avec un laser Er ;yag et reconstitution avec résine composite [48]

3.7. Laser et l'endodontie en odontologie pédiatrique :

3.7.1. Laser et 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 (80). L'objectif est :

- D'induire la formation d'un pont de minéralisation au niveau du site pulpaire exposé, à l'aide d'un matériau bioactif.
- De supprimer toutes les bactéries. Comme l'ont démontré dans leurs travaux Kakehashi et coll. en 1965, une pulpe de rat exposée sans contamination bactérienne ne présente aucune nécrose à J+7 et un pont de dentine à J+32, alors qu'une exposition pulpaire avec contamination bactérienne montre à J+8 des points de nécrose et à J+14 une nécrose complète. [62]

Il est important de noter que même chez un patient présentant la formation d'un pont de dentine et en l'absence de tout symptôme, la pulpe rentre dans un « état d'inflammation chronique ou même de dégénérescence ». Il faut toujours informer le patient, lors de la réalisation du coiffage pulpaire direct, qu'il n'existe aucune garantie quant à la conservation de la vitalité de la dent.

Le coiffage pulpaire direct n'est envisageable que sur une pulpe atteinte de façon réversible. Il convient de s'assurer préalablement que la dent en question répond positivement aux tests de vitalité. [62]

Technique conventionnelle :

- **Dents temporaires :**

La technique consiste à poser un biomatériau de coiffage directement sur le tissu pulpaire et fait appel à une réaction de défense pulpaire et à la formation de dentine réactionnelle. Le coiffage pulpaire direct d'une dent temporaire reste une technique exceptionnelle et est indiqué seulement pour une dent saine dont la pulpe est exposée accidentellement de façon très ponctuelle. Il est contre-indiqué sur les dents temporaires cariées. Le biomatériau (hydroxyde de calcium ou MTA®) est déposé sur l'exposition pulpaire de petit diamètre et saine, afin de stimuler la formation de dentine. Le pronostic est conditionné par l'étanchéité de la restauration coronaire et une bonne asepsie (champ opératoire). Malgré ces précautions, le pronostic du coiffage pulpaire direct d'une dent temporaire est peu favorable. Cela s'explique par le fait que les cellules mésenchymateuses se différencient en odontoclastes aboutissant à des résorptions internes (Kennedy et Kapala, 1985). Le coiffage pulpaire direct est de moins en moins utilisé depuis que la pulpotomie partielle montre un meilleur pronostic. [57]

- **Dents permanentes immatures :**

L'objectif de ce traitement est de maintenir la vitalité pulpaire d'une dent dont la pulpe a été exposée en stimulant la réaction pulpo-dentinaire et la formation d'une nouvelle barrière calcifiée dénommée « pont dentinaire ». Cliniquement, la dent est asymptomatique. Le diagnostic de l'état pulpaire est validé après l'effraction : le saignement doit être présent (signe d'absence de nécrose) et arrêté (signe d'inflammation limitée). En effet, l'absence de symptôme douloureux spontané sur une dent immature n'est pas prédictive de l'état de santé pulpaire. Dans la situation particulière d'une exposition traumatique, le pronostic est amélioré si le coiffage est immédiat, limitant la contamination bactérienne et l'agression tissulaire. La désinfection de la cavité doit être assurée avec une solution d'hypochlorite de sodium à 2,5 %. Si le saignement persiste, l'hémostase est recherchée en réalisant une pression avec une boulette de coton imprégnée de solution saline. Si le saignement persiste encore, le coiffage direct n'est alors plus indiqué.

Actuellement, deux matériaux sont indiqués : l'hydroxyde de calcium et le MTA. L'hydroxyde de calcium génère une nécrose superficielle de la pulpe exposée. Le tissu coagulé nécrosé va progressivement se calcifier et une barrière isolera la pulpe camérale.

Le PH élevé et la faible solubilité de l'hydroxyde de calcium prolonge l'effet antibactérien pendant la phase de différenciation cellulaire. Cependant, ce matériau peut se dissoudre et laisser un espace vide entre la pulpe et la restauration, favorable à l'infiltration bactérienne. L'intégrité du pont dentinaire induit par l'hydroxyde de calcium n'est donc pas systématique et devra être contrôlée. Avec le MTA®, l'inflammation pulpaire est moindre et la barrière se forme au contact du matériau (Bogen et al., 2008). Un nouveau matériau de substitution dentinaire, la Biodentine permettrait d'effectuer le coiffage pulpaire et la restauration coronaire transitoire étanche. [57]

Laser et coiffage pulpaire direct :

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 lasers CO2 en 1998. Plus récemment, les lasers Er,Cr :YSGG et Er :YAG ont été comparés à la technique conventionnelle EN 2006 ET 2007.

Protocole de coiffage pulpaire direct : [62]

- a. Anamnèse : elle permet de renseigner sur les antécédents médicaux et dentaires du patient, âge et état de santé générale et d'identifier les contre-indications du traitement.
- b. Examen clinique : l'examen se déroulera dans un premier temps par l'examen exo buccal puis endo buccal avec inspection et palpation de la peau, des articulations temporo mandibulaires, des tissus mous et dentaires.
- c. Réalisation des tests diagnostiques : il permet de déterminer le statut pulpaire, il existe des tests de vitalité pulpaire : thermique, électrique, cavitaire ainsi que les tests de percussion, de palpation apicale et de morsure.
- d. La radiographie : Il faut radiographier la dent afin de vérifier sa maturité, la fermeture de l'apex radiologique. Le coiffage pulpaire direct n'est réalisable que sur des dents définitives et matures.
- e. Pas d'anesthésie locale sauf si douleur : tout dépend de la température produite durant l'acte. [80] [79]
- f. Mise en place du champ opératoire : la digue doit être mise en place pour éviter toute contamination bactérienne (European society of endodontology, 2006).

- g. Mise en forme de la cavité : si l'exposition pulpaire a lieu sur le site d'une carie, il faut tout d'abord supprimer le tissu carieux et toutes les restaurations soit à l'aide d'un laser (bien détailler plus avant) ou avec une fraise diamantée montée sur turbine. Puis, on dépose le peu de dentine restant sur la pulpe à l'aide d'une fraise tungstène stérile, montée sur un contre-angle basse vitesse sous spray d'eau doux (Turpin et Vulcain, 2005). Si la pulpe se trouve déjà exposée, il faut élargir la zone mise à nu à l'aide d'une fraise tungstène stérile montée sur un contre-angle basse vitesse et sous irrigation de sérum physiologique. **[62] [80]**
- h. Nettoyage de la zone : le tissu infecté et/ou contaminé est supprimé à l'aide d'une fraise en carbure de tungstène montée sur un contre-angle basse vitesse et sous irrigation de sérum physiologique. Puis, la zone est nettoyée des débris avec du sérum physiologique. En aucun cas, la zone ne doit être asséchée avec le spray, cela compromettrait les chances de survie future. Normalement, un faible saignement doit alors apparaître, confirmant que la pulpe est vivante. Il arrive que, lors d'une exposition pulpaire suite à un traumatisme, un caillot de sang soit visible. Il devient nécessaire de supprimer ce caillot, qui entrave la bonne réalisation du coiffage, en s'interposant entre le matériau de coiffage et la pulpe. De plus, un caillot sanguin retient les bactéries, mettant en péril la vitalité pulpaire. **[62] [80]**

Le niveau de bactéries présent dans la pulpe ne peut donc être mesuré :

- Face à un faible saignement sur dent adulte mature, le coiffage est indiqué.
- Face à un saignement important et intarissable, la pulpotomie est la première option à envisager. Il faut alors supprimer tout le tissu de la chambre pulpaire. Si, au niveau des entrées canalaires, la pulpe semble saine et très peu sanglante, alors le coiffage devient envisageable. Une pulpectomie devient inévitable si la pulpe au niveau des entrées canalaires ne montre aucun signe de vitalité. **[62]**



Figure (3.8) : cavité d'une molaire après nettoyage et désinfection

- i. Contrôle de l'hémorragie et désinfection : cette étape est très importante. Des études ont montré que le matériau placé au contact d'une pulpe sanguinolente n'engendre pas la formation de dentine tertiaire, de pont de dentine, et ne conserve pas la vitalité de la dent.

[62]

Passage du laser : pour but de coaguler la surface de la pulpe radiculaire, et la désinfection de la lésion.

- **CO₂** : alternance entre une irradiation a 1 w pendant 0.1 second et une période de relaxation tissulaire d'une seconde
- **Nd : YAG** :1w :10Hz pendant 10 second ○ **Er : YAG** :20-40 MJ :10-15Hz sans spray d'eau ○ **Er-Cr : YSGG** :0.5 w ;20Hz sans spray d'eau (80)

Toutes ces étapes permettent de faire disparaître les résidus bactériens et le sang coagulé

- j. Sélection, préparation et application du matériau de coiffage pulpaire : la mise en place de matériaux de coiffage pulpaire.
- k. Obturation temporaire : Les matériaux de coiffage nécessitent généralement d'être recouverts par une fine couche de ciment verre ionomère (problème de dilution, de contraintes physiques). Puis, cette couche est recouverte en fonction de la nécessité esthétique et des contraintes physiques de la dent incriminée (amalgame, résine composite, couronne provisoire). [62]
- Surveillance et avenir : suite à cette première séance, il va être nécessaire de contrôler sur le long terme la vitalité de la dent ainsi que l'apparition d'un pont dentinaire en regard du matériau de coiffage. Les contrôles consisteront en une radiographie et des tests de vitalité

pulpaire : test au froid et de percussion. Ils seront réalisés respectivement à trois, six et douze mois, puis tous les ans. [62] [80]

3.7.2. Laser et pulpotomie :

La pulpotomie est l'ablation de la pulpe située dans la chambre pulpaire avec maintien de la vitalité de la pulpe radulaire. 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 lentement possible sur l'arcade. 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. [80]

Le laser est également une alternative intéressante aux techniques conventionnelles lors de la réalisation de pulpotomie sur dents temporaires et permanentes. Il peut servir à la fois lors de l'effraction de la chambre et pour l'obtention d'une bonne hémostase. Pour que le soin soit réussi, il est important de minimiser le traumatisme infligé à la pulpe, afin de préserver la vitalité et la fonction de la pulpe radulaire, mais aussi de maintenir une bonne asepsie. Il semble que les lasers présentent des avantages indéniables :

- Le faisceau laser n'entre pas en contact mécanique avec le tissu, l'acte est donc fait sans infliger de dommages mécaniques sur le tissu restant.
- L'absence de contact permet de maintenir des conditions aseptiques.
- Le laser permet une coagulation efficace.
- Les vertus cicatrisantes et biostimulants du laser amélioreraient les résultats. [79]

Types du laser :

Laser Er : YAG : permet à la fois de réaliser l'ouverture de la chambre pulpaire puis l'hémostase.

Etude : Huth et AL ont réalisé le suivi clinique durant 3 ans de patients ayant eu l'hémostase de la pulpe exécutée au laser Er : YAG. Il a été appliqué pendant 5 min avec une fréquence de 2 Hz et une énergie de 180 mJ par impulsion sans spray. Le taux de succès fut semblable à celui des pulpotomies réalisées à l'aide du formocresol et du sulfate ferrique. Le formocresol est un produit ayant de bons résultats cliniques mais mis à l'écart pour son potentiel allergène, mutagène et cancérigène.

Laser CO2 a été décrit pour réaliser l'hémostase lors de la pulpotomie.

Etude : une étude longitudinale réalisée par Pescheck et al sur 212 molaires a montré de très bons résultats (cliniques et radiographiques) de cette technique pendant les 2 années suivant le soin. Ils ont utilisé un laser CO2 avec une longueur d'onde de 10,7 μm et une puissance de 2 Watt, pendant 2 à 5 secondes.

Etude : Laser Nd : YAG est aussi utilisé lors des pulpotomies pour réaliser l'hémostase. Liu et Al l'ont utilisé sur des dents temporaires [2 W, 20 Hz, 100 mJ par impulsion]. Ils ont obtenu de meilleurs résultats au long terme qu'avec le formocresol et n'ont observé aucune anomalie sur les dents permanentes qui leur succédaient.

Etude : Furze et al ont eux aussi trouvé de bons résultats. Ils ont associé l'ouverture de la chambre au laser Er : YAG [400 mJ, 10-15 Hz] avec l'hémostase et la stérilisation de la pulpe au laser Nd : YAG [2 W, 20 Hz, 10 s à 2-3 mm de la cible] pour des pulpotomies sur dents temporaires et permanentes. Les patients ont été suivis pendant 4 ans : 95 % de traitements réussis sur dents temporaires et 100 % sur dents permanentes ont été obtenus.

Etude : Laser diode (λ : 632 nm) : peut être utilisé aussi pour les pulpotomies avec de basses énergies. Dans ce cas le laser est conseillé pour ses vertus de biostimulation et de cicatrisation. Il est testé par l'équipe de Golpayegani lors d'une étude clinique randomisée. Le laser intervient après l'ouverture de la chambre et l'hémostase de la pulpe est obtenue avec un coton. Il est appliqué pendant 2 minutes et 30 sec, avec un dépôt d'énergie de 4 J/cm², à une distance de 2 mm de la pulpe, avec une fibre optique de 0,5 mm de diamètre.

Cette technique donne des résultats semblables à la technique utilisant du formocresol. [79]

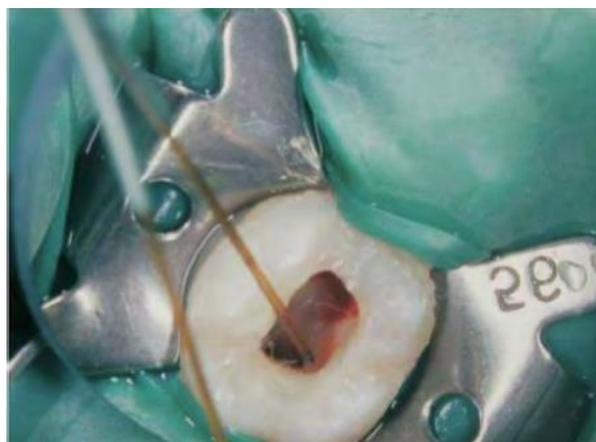


Figure (3.9) : Application du laser Nd : YAG dans les entrées canalaires (79)

Etudes histologiques :

Etude : Kimura et AL, ont réalisé une étude préliminaire sur le rat en réalisant des pulpotomies au laser Er : YAG. Ils ont constaté que lorsque cette thérapie était réalisée avec des paramètres corrects, aucune inflammation ou résorption n'était observée. Par extrapolation, ils ont émis l'hypothèse qu'une pulpotomie d'une durée de 15 secondes associées à une énergie de 34 mJ/pulse et une fréquence de 2Hz sans spray ne causerait pas d'effet néfaste sur la pulpe humaine.

Etude : L'équipe de Mareddy et AL, a étudié la durée d'irradiation de la pulpe au laser diode (810 nm, 2 Watt) sur le chien pour standardiser la durée d'application du laser. Lors d'une exposition d'une durée d'une à trois secondes, la couche d'odontoblastes conserve son intégrité, peu de phénomènes inflammatoires sont visibles et un faible niveau de résorption et de nécroses tissulaires a été constaté.[79]

Comparaison avec les techniques conventionnelles :

Alors que certaines études, estiment que le laser donne des résultats similaires aux techniques déjà employées, les auteurs d'une revue systématique réalisée en 2012 soutiennent que le nombre d'études de qualité est restreint face aux nombres de techniques possibles, ce qui ne permet pas de généraliser son utilisation dans la pulpotomie. D'autre part, ils trouvent un taux de succès de la pulpotomie au laser inférieur à celui des techniques existantes

3.8. Utilisation de laser au niveau des tissus mous en odontologie pédiatrique :

3.8.1. Laser et les lésions traumatiques :

Les traumatismes dentaires sont une urgence fréquente chez les enfants en particulier sur les Dents antérieures maxillaire. Ils existent différents facteurs de risques 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 3 périodes de risques dans la vie :

- La première se situe entre 1 et 3ans
- La seconde se situe entre 7 et 10 ans
- Et la dernière se situe entre 16 et 18 ans.

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/YSSG/Nd : YAG vont permettre de préparer la dent à recevoir un composite. **[80]**

En cas d'exposition pulpaire les laser co2 Nd : YAG/Er/Cr : YSSG/Er : YAG vont servir à l'hémostase, à la décontamination, afin de permettre un coiffage pulpaire direct. Les laser diode/Nd : YAG/ Er : YAG/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 des sutures.

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

- 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 donc permet d'améliorer le confort du patient. **[80]**

Laser utilisés : Er : YAG /laser d'iode/laser Nd : YAG/Nd :YAP/LASER CO2/laser Hélium-Néon

Intérêt de laser en cas de traumatisme dentaire :

Différentes laser peuvent avoir un intérêt dans le traitement des traumatismes selon l'indication :

- Préparation dent fracturé : Er : YAG/Er/Cr : YSSG/Nd :YAG
- Hémostase : Diode/Nd : YAG/Nd : YAP
- Gingivectomie: Diode/Nd: YAG/Er: YAG/Co2
- Biostimulation : Diode/Hélium-néon **[80]**

chirurgie buccal :

3.8.2.1. Kyste éruptif :

C'est une dilatation anormale du sac folliculaire par un liquide séreux ou hématisé, 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, gênant la mastication, 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. Cette chirurgie est peu décrite. Des études doivent être menées sur les risques pour la dent permanente même si l'énergie utilisée est faible et n'est pas en contact prolongé avec la dent. Le laser offre comme avantage de pouvoir parfois se dispenser de l'anesthésie et permettre une bonne hémostase permettant une bonne visibilité du champ opératoire. [79]

Protocol opératoire du traitement des kystes éruptifs :

- Anamnèse : elle permet de renseigner sur les antécédents médicaux et dentaires du patient âge et état de santé générale et d'identifier les contre-indications du traitement.
- Examen clinique : l'examen se déroulera dans un premier temps par l'examen exo buccal puis endo buccal avec inspection et palpation de la peau, des articulations temporo mandibulaires, des tissus mous et dentaires.
- Réalisation des tests diagnostiques : il permet de déterminer le statut pulpaire il existe des tests de vitalité pulpaire thermique, électrique, cavitaire, ainsi que les tests de percussion, de palpation apicale et de morsure.
- La radiographie : Il faut radiographier le kyste afin de confirmer le diagnostic d'un kyste éruptif.
- Pas d'anesthésie locale sauf si douleur : à cause de l'effet analgésique du laser.
- Mise en place du champ opératoire : La digue doit être mise en place pour éviter toute contamination bactérienne (European society of endodontology, 2006).
- Incision sur la partie occlusale du kyste selon les paramètres suivants :
 - Laser erbium : 1W ; 20 Hz.
 - Laser Diode 1.5 1.8 W en mode continu.
 - Laser CO2 : 3W en mode continu.
- Réévaluation après 15 jours. (79)



Figure (3.10): A.Kyste éruptif sur la 46. B. Réalisation de l'éviction du tissu au laser Er, Cr : YSGG.C. Réévaluation 15 jours après la chirurgie. (Mauvaise hygiène) (79)

[Paramètres : 20-30 Hz, puissance des impulsions : 45-55 mJ, mode sans contact, sans spray] [81]



Figure (3.11) : Excision d'un kyste éruptif avec un laser diode (λ : 810 nm). Contrôle à 2 mois. [79]

[Paramètres : puissance : 3 W, mode continu, diamètre de la fibre : 320 μ m]

3.8.2.2. Kyste dentigère :

Ce kyste est associé à la couronne d'une dent en éruption, il forme une zone radulaire autour de la dent causale et peut entraîner une tuméfaction .il peut conduire à la résorption de 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 réglera le laser lors des différentes étapes en fonction de chaque tissu. [79]



CHAPITRE IV: LASER ENDODONTIE



4.1. Généralités :

En 1971 ; Weichman et Johnson évoquent l'utilisation du laser en endodontie. Depuis de nombreuses études publiées vont dans le sens d'une efficacité accrue de la désinfection canalaire liée à l'utilisation du laser, mais cette efficacité n'est obtenue que grâce à la combinaison des moyens classiques de préparation mécanique et chimique (De Moor et al 2005). L'emploi d'un laser permet d'assister et d'optimiser l'endodontie classique mais ne permet en aucun cas de la remplacer. [48]

La lasérothérapie implique toujours une charge supplémentaire, donc l'emploi du laser apporte des avantages dans la désinfection et le conditionnement des canaux radiculaire. [45]

4.1.1. Traitement endodontique :

Le but de traitement endodontique est de prévenir ou de guérir une réaction inflammatoire péri apicale, en éliminant les bactéries et leurs toxines du système canalaire, d'une part, mais également tous les débris pulpaire susceptibles de servir de support et de nutriments à leur prolifération d'autre part. Et d'une manière plus générale les objectifs sont :

L'élimination de tout le contenu canalaire et son potentiel pathogène, Le maintien et éventuellement la cicatrisation des résultats dans le temps, La restauration fonctionnelle de la dent.

Ces objectifs sont réalisés par des moyens thérapeutiques, formés par la triade endodontique que sont :

La mise en forme conique et régulière de l'entrée du canal jusqu'à l'apex,

Le nettoyage et la désinfection du système canalaire,

La mise en place de matériaux d'obturation étanches et biocompatibles dont la vocation est la cicatrisation tissulaire. [76]

C'est dans les étapes de désinfection et éventuellement d'obturation et d'étanchéité que la technique laser peut optimiser les résultats. [74]



Figure (4.1) : Obturation canalaire de la 46 avec 5 canaux.

Complexité de traitement endodontique : [74]

Un traitement endodontique est souvent un acte complexe en raison de la complexité de l'anatomie canalaire, qui est représentée par la finesse et l'étroitesse de certains canaux qui ne sont pas accessibles que par des instruments extrêmement fins dont l'action échappe entièrement à la vue directe du praticien.

Les courbures naturelles des racines dentaires atteignent parfois des angulations importantes qui rendent périlleuses les pénétrations et les traitements au-delà des courbures (Mande.2001). Cette difficulté semble insurmontable lorsque l'on visualise avec précision un réseau canalaire (Bal.2003). Il faut admettre en toute modestie qu'un simple traitement mécanique, aussi minutieux soit-il, ne peut satisfaire aux objectifs biologiques décrits par Schilder dans le cas d'un réseau canalaire complexe, en particulier :

- L'élimination de tout le contenu organique situé aussi bien dans le canal principal que dans les canaux latéraux ou accessoires.
- La désinfection de la totalité du système canalaire (Schilder.1974).



Figure (4.2) : La complexité de l'anatomie dentaire

4.1.2. Retraitement endodontique :

Par voie orthograde :

Le retraitement endodontique par voie orthograde repose sur les mêmes principes que le traitement initial, à savoir :

- La mise en forme :
 - Par désorption des anciens matériaux d'obturation contaminés à l'aide de solvants.
 - Par la recherche de canaux non traités (exemple : MV2)
 - Par une instrumentation manuelle ou mécanisée en respectant minutieusement les séquences pré établies : forme conique continue pour un nettoyage optimal par l'irrigant et un meilleur hydraulique pour la compaction du matériau d'obturation. Elle doit maintenir la trajectoire canalaire, et la position foraminale, en le gardant le plus possible.
- Le nettoyage et la désinfection du canal :
 - Par l'utilisation d'irrigant canalaire pour l'élimination des bactéries : l'hypochlorite de sodium à 2.5% auquel on pourra associer de l'EDTA chélateur lors de l'irrigation finale permettant d'éliminer toutes les boues dentinaires et les éléments de calcification présent dans le canal.

Il est également possible d'utiliser du gel chélatant (Glyde™) pour lubrifier le canal lors de la mise en forme.

○ L'obturation :

Le canal devra être obturé de manière étanche jusqu'à l'apex par l'association de la gutta percha à un ciment de scellement mis en place par différentes techniques. [77]

Par voie rétrograde :

La voie orthograde permet donc de gérer les causes intracanales et la voie rétrograde apparaît comme incontournable pour gérer les causes extraradiculaires. Ces deux traitements sont complémentaires sauf dans certains cas cliniques. [77]



Figure (4.3) : Retraitement endodontique par voie rétrograde

Il sera important non seulement de réaliser l'énucléation de la lésion mais aussi de réaliser la préparation, la désinfection et l'obturation de la portion apicale du canal qui n'a pas pu être traitée par voie orthograde. [77]

Les indications de la chirurgie à rétro sont les suivantes : [75]

- Présence de signes cliniques et/ou radiologiques de parodontite apicale associés à un obstacle canalaire ne pouvant pas être éliminé par voie orthograde (foramen inaccessible : minéralisations internes, présence de corps étrangers (instrument brisé), butée, tenon volumineux ou coiffes récentes).
- Persistance ou émergence de signes après un traitement bien mené et de bonne qualité.
- Dépassement de matériaux avec présence de signes cliniques et/ou radiologiques entretenant une réaction inflammatoire après période prolongée.
- Perforation de la racine notamment du tiers apical lorsqu'il est impossible de la traiter par voie coronaire.
- Complications anatomiques.

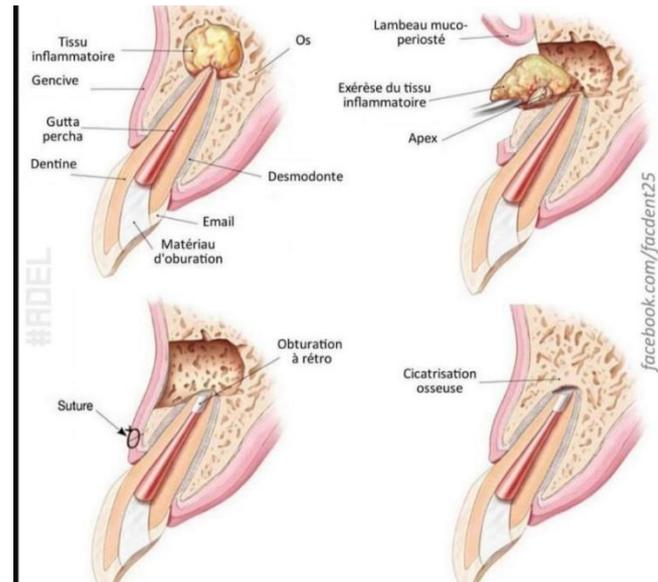


Figure (4.4) : Les étapes du retraitement canalaire par voie rétrograde.

4.1.3. Pourquoi le laser en endodontie : [45]

Le traitement endodontique est souvent un acte complexe en raison du manque de visibilité, de la méconnaissance anatomique, de la complexité de l'anatomie de l'organe dentaire et du réseau endodontique, de la finesse de certains canaux, des courbures, de la longueur de certaines racines et de l'ouverture buccale du patient. De plus, le traitement endodontique reste un acte opératoire dépendant malgré les avancées technologiques permettant une plus grande reproductibilité. Il existe toujours des échecs en endodontie qui peuvent être causés par :

- Une désinfection insuffisante, liée à une mise en forme incomplète, à une inactivation de l'hypochlorite de sodium au contact de certains fluides (sang...) ou un temps d'irrigation trop court.
- La complexité du réseau canalaire, qui peut conduire à un canal oublié.
- La complexité du biofilm, qui justifie l'activation de la solution d'irrigation pour une meilleure efficacité.
- Un défaut de cavité d'accès, par manque de visibilité ou à cause de la complexité anatomique.

L'échec du traitement endodontique conduit à l'apparition ou la persistance de lésion inflammatoire péri apicale d'origine endodontique (LIPOE). Donc le but du laser dans le traitement endodontique est de le faciliter lors de plusieurs étapes et d'améliorer le pronostic par lutter contre les causes des échecs citées auparavant.

Remarque : Le laser peut permettre d'éviter un traitement endodontique en facilitant un coiffage pulpaire.

4.1.4. Principaux lasers utilisés en endodontie :

En endodontie on utilise les lasers cristallins (Nd : YAG, Nd : YAP, Er : YAG, Er, Cr : YSGG) et diode. [48]

Laser diode : [20]

Le rayonnement ici généré par la transformation de l'énergie électrique en énergie lumineuse, qui permet d'obtenir des appareils lasers de petite taille.

La puissance générée se situe entre 3 et 15 W et le rayonnement est propagé par une fibre optique associé ou non à des embouts interchangeables. On utilise une fibre optique de 200 μm en endodontie. Ce laser est pénétrant, peut absorber par l'eau des tissus mous du milieu buccal.

L'appareil est très compact, facilement transportable d'une salle de soin à l'autre.



Figure (4.5) : Laser dentair diode

Le laser diode peut être utilisé avec des antiseptiques tels que l'hypochlorite de sodium. La carbonisation de l'extrémité des fibres de certains semi-conducteurs doit également être maîtrisée pour éviter des effets thermiques trop importants.

Laser Nd : YAP (néodyme, aluminium, pérovskite) : [48]

La longueur d'onde produite par le laser Nd:YAP est de 1340 nm. Son cristal (milieu actif), issu de minéraux et de terres rares, est composé d'yttrium, d'aluminium et de pérovskite dopé au néodyme.

La longueur d'onde de 1340nm présente la particularité d'être fortement absorbée par l'eau, par l'hémoglobine ou par la mélanine et faiblement absorbée par l'hydroxyapatite. Cela traduit par une

forte absorption au sein des tissus mous et, donc, une bonne efficacité de coupe avec une faible pénétration, il est donc efficace pour l'éviction gingivale et pulpaire.

Du fait de sa bonne absorption par l'hémoglobine, il possède un excellent pouvoir de coagulation pulpaire, apicale, gingivale et osseuse.

Sa forte absorption aqueuse se traduit par une réactivité importante au sein des liquides d'irrigation fortement hydratés comme l'hypochlorite de sodium ou l'eau oxygénée.

Elle permet des effets thermo lytiques, en chauffant les liquides d'irrigation dans les canaux et photo dynamiques, se traduisant par une meilleure décontamination et un assèchement canalaire et canaliculaire par vaporisation. Cet effet de vaporisation peut nous interpeller sur une possible modification biomécanique des parois dentinaires et devrait faire l'Object d'études plus approfondies.

Les tissus fortement saturés en pigments sombres se comportent comme la mélanine et absorbent particulièrement bien le rayonnement du Nd:YAP. Cette particularité permet une photoablation sélective de ces pigments et des tissus dentaires qui les renferment, tout ceci pouvant se traduire par un éclaircissement sélectif du plancher caméral (celui-ci étant gris bleuté) et des colorations d'origine endodontique, une relocalisation des entrées canales, ainsi que la destruction de calcification et d'obstacles.

La faible absorption dans l'hydroxyapatite constitue un avantage indéniable en endodontie : le rayonnement peut ainsi être dirigé tout au long de la lumière canalaire avec un faible risque de créer des butées au niveau des courbures. La condition essentielle étant de rester toujours au cœur du liquide d'irrigation hautement plus absorbant que la dentine, l'eau contenue dans celle-ci devenant alors le principal absorbant, ce qui donne au laser Nd:YAP un pouvoir de cathétérisme.

Outre l'absorption sélective, les effets purement thermiques de ce laser vont pouvoir être utilisés en endodontie et en chirurgie apicale, à savoir la coagulation, la vasodilatation, ainsi que les remaniements de la surface par vitrification dentinaire.

De plus, ce laser permet l'élimination d'instruments fracturés.

Le laser Nd:YAP est un laser impulsionnel. Les pulses émis permettent d'atteindre une puissance de crête maximale de 2.6KW. Une telle puissance sur un laps de temps extrêmement court permet d'obtenir des effets thermomécaniques et photomécaniques importants. Ces effets mécaniques, spécifiques de laser Nd : YAP, ont un rôle essentiel dans le succès de ces lasers en endodontie. Ils

vont trouver des applications à chaque étape du traitement endodontique pour en améliorer la qualité ou en faciliter le déroulement par :

- Nettoyage et décontamination de la cavité d'accès,
- Effet « canon » par surpressions centrifuges et dépressions centripètes intracanales permettant une destruction et un découlement de calcifications ou de matières organiques des parois canalaire et canaliculaires,
- Effet « de souffle » et effet « Venturi » permettant le nettoyage de l'endodontie et propulsion du ciment.

Enfin, se superposant aux autres effets et au-delà de la zone interactive dans toute la zone affectée par le rayonnement, se produisent les effets bio stimulants par **stimulation de la cicatrisation.**



Figure (4.6) : Laser dentaire Nd :YAP

Laser Nd : YAG (néodyme, yttrium, aluminium, grenat) : [45]

Son absorption est très faible dans l'eau mais nettement supérieure dans l'hémoglobine et la mélanine. Sa pénétration moyenne atteint des profondeurs de 0.5 à 4 mm dans les tissus pigmentés ou richement vascularisés. La pénétration avoisine les 10 à 15 mm dans les tissus mous peu pigmentés, ce qui permet des effets de bio stimulation et de décontamination.



Figure (4.7) : Laser dentaire Nd : YAG

Laser Er : YAG (erbium, yttrium, aluminium, grenat) : [45]

Le laser Er : YAG émet un rayonnement d'une longueur d'onde de 2940 nm. On peut également citer son jumeau, le laser Er, Cr : YSGG qui émet avec une longueur d'onde de 2780 nm.

Ces lasers ont une pénétration très faible et sont totalement absorbés à la surface des tissus cibles, ce qui permet une propagation thermique minimum, qui présente un intérêt dans le traitement canalaire.

Cependant, l'impact du rayonnement laser va provoquer sur une dentine intra canalaire des cratères qui peuvent atteindre ou dépasser 400µm de large pour 600 µm de profondeur. Il est donc important de choisir des énergies et des fréquences assez faibles pour minimiser les risques de cratérisation des parois canalaire.

Le laser Er : YAG possède un noyau actif composé d'yttrium aluminium grenat, dopé aux ions erbium tandis que le laser Er, Cr : YSGG est composé d'yttrium scandium galium grenat, dopé aux ions erbium et chrome.

Les fibres utilisées en endodontie ont un diamètre compris entre 200 et 400 µm.



Figure (4.8) : Laser dentaire Er:YAG

4.2. Plateau technique : [48]

Pour réaliser les actes endodontiques, il faut mettre en œuvre divers matériels qui sont à la portée de tout omnipraticien. Il faut utiliser une cassette emballée stérile. Elle améliore l'ergonomie en permettant d'avoir sous la main les instruments utilisés dans la séance. Sa composition varie évidemment selon les méthodes propres à chaque opérateur.

La séquence instrumentale est sous sachet stérile dans une petite cassette. L'assistante la prépare en deux longueurs les plus courantes, 21 et 25 mm.

Le plateau technique est complété par divers matériels :

- Le moteur et la pièce à main d'endodontie. La vitesse et le couple γ sont réglables, ce qui permet de s'adapter à toutes les séquences de rotation continue du marché. Le réglage du couple permet de minimiser le risque de fracture. Lors d'un blocage, le moteur stoppe et part en arrière pour décoincer l'instrument. Mais il faut faire attention car réduction du risque ne veut pas dire absence de risque. Il convient donc de respecter les contre-indications et les règles d'utilisation données par le fabricant ;
- Le localisateur d'apex. Cet instrument est désormais d'une très grande fiabilité. Il est impératif d'apprendre à s'en servir. Mais une fois l'instrument maîtrisé, il donnera la seule donnée importante : la localisation de l'apex ;
- Les aides optiques. Une paire de loupes de grossissement $\times 2,5$ avec un éclairage puissant est le minimum indispensable. Il est conseillé d'utiliser des loupes de grossissement $\times 4$, avec un éclairage par fibre optique. L'éclairage est un complément quasi obligatoire, les systèmes

grossissant absorbant beaucoup de lumière. Le « must » en la matière est le microscope. Mais l'investissement et la courbe d'apprentissage de ce dernier sont très importants.



Figure (4.9) : Les aides optiques : la loupe binoculaire, et le microscope opératoire dentaire.



Figure (4.10) : Un détecteur d'apex.

Note : lors de la préparation de la cavité d'accès, l'instrumentation rotative classique peut être la source de perforations, en particulier si la chambre pulpaire est encombrée ou réduite par des calcifications. Dès que la chambre pulpaire est ouverte, l'usage d'une pièce à main sonore et des inserts diamantés spécialisés permettra de la nettoyer en ôtant les surplombs et les calcifications. L'instrument fonctionnant par ponçage et non par fraisage, le risque de perforation est insignifiant. Pour apporter l'irrigant dans la dent, un système ultrasonore autonome avec réservoir est choisi. Des inserts spéciaux, du type aiguille pour l'endodontie, drainent passivement l'irrigant dans les canaux.

Cette même pièce à main ultrasonore peut accueillir des inserts diamantés de différentes formes pour le retraitement canalaire, et, en particulier, pour l'élimination d'instruments fracturés dans le canal.

4.3. Endodontie laser assisté : [48]

À la base, le protocole utilisé est celui de l'instrumentation mécanique du système de rotation continue préconisé par le fabricant. Le laser est ajouté à certaines étapes. Comme dans tous les protocoles de traitement endodontique, l'intervention se fait en deux phases : la première est la préparation canalair, la deuxième l'obturation.

4.3.1. Préparation canalair :

Une radiographie préopératoire est prise avec un technique long cône. L'angulateur est indispensable pour avoir le moins de déformation possible. La radiographie renseigne sur la forme et la longueur des racines, et éventuellement sur l'importance de la lésion carieuse. Celle-ci doit être éliminée complètement avant tout acte endodontique. Les parois manquantes sont reconstituées avec une technique qui dépend du niveau de perte de substance. Cela peut aller du simple verre ionomère à la bague de Cuivre, voire à une couronne provisoire.

Cette reconstitution est indispensable pour poser la digue, étape préalable nécessaire à tout traitement endodontique, assisté ou non du laser. La préparation canalair commence par l'ouverture de la chambre pulpaire afin d'aménager une cavité qui doit permettre d'accéder facilement aux entrées canalaires. Cette même cavité d'accès sert de réservoir aux liquides d'irrigation.

L'ouverture de la dent est faite à la fraise boule, en tenant compte de la position supposée des entrées canalaires, de manière à avoir un accès direct à celles-ci. On évitera d'attaquer le plancher à la fraise. Il est préférable, pour éliminer les surplombs et autres obstacles, d'utiliser des inserts diamantés spécialisés pour l'endodontie.

La cavité d'accès est à la base du succès d'un traitement endodontique, il ne faut surtout pas négliger sa préparation. Dès qu'elle est constituée, l'irrigation à l'hypochlorite de sodium est effectuée. Elle est accompagnée par des tirs de laser (2 W, 10H) pour réchauffer et agiter le liquide. Ces tirs ont aussi pour effet d'accélérer la remontée des débris de préparation et des résidus de parenchyme pulpaire. Le résultat est une cavité très propre autorisant le repérage bien plus aisé des entrées canalaires.

A) Limes de cathétérisme :

Une fois les entrées des canaux localisés, on commencera la pénétration avec des limes de cathétérisme manuel avant d'utiliser les instruments mécaniques de rotation continue.

On utilise des limes de type K-File ISO 08 (gris, 8/100), ISO 10 (violet, 10/100) qui sont précurbées avant d'être insérées délicatement, et sans forcer, le plus loin possible dans le canal. On leur applique alors un mouvement de rotation associé à un mouvement de retrait. À la moindre sensation de blocage, l'instrument est retiré et examiné pour vérifier son intégralité. On fait passer plusieurs fois les limes pour vérifier la perméabilité du canal et en apprécier la difficulté. L'irrigation à l'hypochlorite de sodium et l'utilisation des limes sont simultanées. On utilise également un lubrifiant canalaire, à base d'EDTA qui a le pouvoir de chélatant. L'hypochlorite de sodium est renouvelé fréquemment.

A ce stade, le laser est utilisé dans la cavité d'accès pour réchauffer et agiter le liquide d'irrigation, mais la préparation canalaire est insuffisante pour envisager de faire pénétrer dans le canal la fibre du laser sans risque de la fracturer.

Quand la perméabilité du canal est correcte, on peut passer à la séquence mécanique de rotation continue.

La séquence Protaper® Dentply est utilisée comme exemple, mais le protocole préconisé est valable quelle que soit la séquence choisie, y compris totalement manuelle. Cette dernière solution est retenue lorsque les canaux présentent des doubles courbures qui peuvent provoquer une fracture instrumentale.

Le laser Er : YAG possède un noyau actif composé d'yttrium aluminium grenat, dopé aux ions erbium tandis que le laser Er, Cr : YSGG est composé d'yttrium scandium galium grenat, dopé aux ions erbium et chrome.

Les fibres utilisées en endodontie ont un diamètre compris entre 200 et 400 μm .

B) Séquence mécanique :

Le premier instrument rotatif de mise en forme canalaire est amené toujours de manière passive à la longueur de travail obtenue avec la lime ISO 15 (Martin et Machtou, 2000). Dans la séquence présentée, il s'agit du Shaping File 1 (S1, violet).

La pénétration du S1 se fait la plupart du temps en plusieurs fois avec des mouvements de brosse et de va-et-vient (pénétration et retrait en s'appuyant sur une paroi), puis irrigation, nettoyage des spires et réinsertion de l'instrument. À ce stade, il ne faut absolument pas aller plus loin que la longueur obtenue avec la lime ISO 15.

L'irrigant dans la cavité d'accès est activé à chaque renouvellement en tirant dedans à l'aide du laser à une puissance de 2 W et une fréquence de 10 Hz. En fonction de la dent, il peut être nécessaire de relocaliser les entrées canalaires.

Dans la séquence Protaper®, on utilise le Shaping File SX qui permet d'obtenir un évasement de l'entrée en supprimant les becs, source de tension et de blocage des instruments. Cela permet l'accès le plus direct possible à la zone apicale.

L'évasement est d'emblée compatible avec les impératifs de mise en forme définis par Schilder. On peut aussi se servir de forets de Gates, mais il faudra éviter de créer des méplats caractéristiques qui peuvent conduire à des défauts d'obturation. Là encore, il faut irriguer abondamment avec l'hypochlorite de sodium la cavité d'accès et le canal à l'aide de la pièce à main à ultrasons. La solution est ensuite activée avec des tirs lasers à une puissance de 2 W et 10 Hz.

Les limes manuelles ISO 10 et ISO 15, toujours précourbées, sont alors réintroduites le plus loin possible apicalement. Le premier instrument de rotation continue, en l'occurrence le F1, est de nouveau utilisé avec le même mouvement jusqu'à 3 à 5 mm de la longueur de travail. Il faut que le nombre de répétitions dépende de la facilité avec laquelle la pénétration est possible. Durant ces pénétrations, une irrigation abondante à l'hypochlorite de sodium activée par le laser est conseillée.

C) Détermination de la longueur de travail :

Les interférences étant supprimés, une lime précourbée ISO 10 ou 15 doit pouvoir atteindre la longueur de travail réelle. Celle-ci est confirmée avec un localisateur d'apex ou une radiographie rétroalvéolaire, lime en place. Cette même étape sert à apprécier la courbure réelle du tiers apical (en particulier vestibulo-lingual, non visible radiologiquement).

Une courbure apicale trop importante contre-indique l'utilisation des instruments de rotation continue. La longueur de travail est reportée sur les butées de mesure des instruments grâce à une règle millimétrée.

D) Préparation à la longueur de travail canalair :

La lime ISO 15 est amenée à la longueur de travail, toujours sous irrigation d'hypochlorite de sodium. Comme précédemment, on utilise le laser pour chauffer et agiter la solution. Puis le Shaping File S2 est amené à la longueur de travail après avoir renouvelé la solution d'irrigation est l'avoir activée avec le laser.

E) Utilisation des Finishing File 1 à la longueur de travail :

Les Finishing Files doivent être utilisés par des mouvements de va-et-vient, chaque mouvement rapprochant l'instrument de la longueur de travail. Une fois la longueur de travail atteinte, le F1 est retiré immédiatement. Si le canal est fin et courbé, la préparation canalaire sera limitée à cet instrument (Simon, 2007).

Si le canal n'est pas trop courbé et suffisamment large pour permettre l'utilisation d'une lime ISO 20, on pourra utiliser les deux derniers Finishing Files du système, le F2 et le F3, Leur mode d'emploi est identique à celui du Finishing File F1. Et, comme précédemment, l'irrigation est renouvelée et activée par le laser.

Remarque : il faut souligner que dans tout ce protocole, l'irrigation est totalement passive. Cela permet d'éviter un risque de propulsion accidentelle de l'hypochlorite, avec son cortège de désagréments qui peuvent être pénibles (tuméfaction pouvant aller jusqu'à la nécessité d'hospitalisation).

F) Rinçage à l'EDTA :

Une fois le canal préparé, il est vidé de son hypochlorite de sodium par des pointes de papier adaptées au diamètre car il ne faut pas rechercher la siccité ; il est alors irrigué à l'EDTA, à l'aide d'une seringue et d'une aiguille d'irrigation endodontique. L'aiguille est enfoncée dans le canal jusqu'à la butée et retirée d'au moins 4 mm. L'injection se fait très lentement et sans forcer.

On se sert alors d'une lime de cathétérisme pour amener l'irrigant sur les derniers millimètres. Là encore, le liquide est activé au laser comme pour l'hypochlorite de sodium. L'EDTA est laissé en place 5 minutes et l'opération est renouvelée une fois.

Cette étape a pour but de débarrasser par dissolution la boue dentinaire, substrat potentiel aux bactéries résiduelles de la surface canalaire.

Une fois l'irrigation à l'EDTA effectuée, le canal est séché et irrigué à nouveau à l'hypochlorite de sodium qui est activé au laser, comme précédemment. À ce stade, le maître cône de gutta est ajusté pour l'obturation à la gutta chaude.

4.3.2. Obturation :

Comme l'a écrit Pierre Machtou en 1976 : « Il est admis aujourd'hui que le matériau de choix pour réaliser l'obturation tridimensionnelle est la gutta-percha compactée afin de permettre son

adaptation aux parois canalaires, l'herméticité étant assurée par un mince film de ciment. » La technique de la condensation verticale à chaud de la gutta repose sur ce principe. D'autres techniques sont aussi valables ; on peut citer l'obturation par un obturateur à chaud comme le Thermafill® ou la compaction avec un instrument mécanique tel le Gutta Condensor®. **A) Ajustage du cône de gutta dans le canal plein d'hypochlorite de sodium :**

Le maître cône, que l'on aura préalablement stérilisé par un trempage d'au moins dans l'hypochlorite de sodium, doit d'abord être ajusté à la longueur de travail moins 1 mm. Un cône correspondant à la préparation canalair est introduit dans le canal. On teste alors sa résistance au retrait. Si nécessaire, le cône est coupé à sa pointe qui correspond à la longueur de travail moins 1 mm.

B) Séchage du canal :

Quand le cône est ajusté, le canal est séché avec des pointes de papier stériles. Il faut atteindre une siccité complète car il n'est pas possible d'obturer un canal humide.

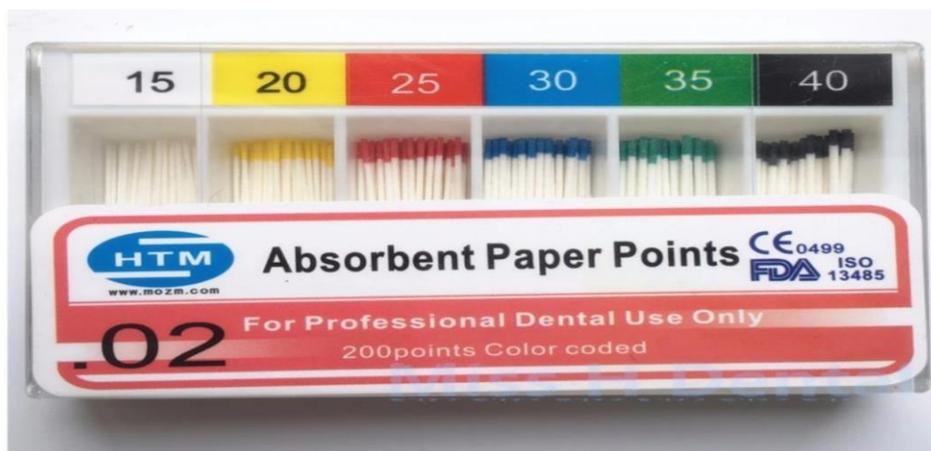


Figure (4.11) : Points de papier absorbant dentaire. C)

Préparation de la pâte d'obturation :

La pâte d'obturation est préparée selon les spécifications de fabricant. Le mélange poudrelíquide est spatulé jusqu'à obtention d'une pâte à la consistance « crème fraîche épaisse »

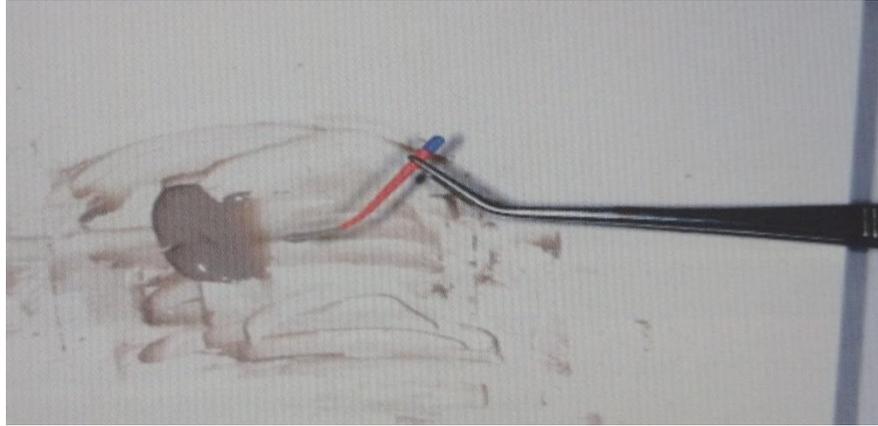


Figure (4.12) : Préparation de la pâte d'obturation et enduction du cône de gutta.

Tirs réglage « canal » (A à l'apex, 1 au tiers inférieur, 1 au tiers supérieur).

D) Enduction du canal :

Le maitre cône est rincé dans de l'alcool à 70°, puis séché soigneusement dans une compresse stérile. Il est ensuite enduit de pâte sur le tiers apical, puis introduit dans le canal et retiré. On procède alors à 3 tirs uniques de laser à une puissance de 1,4 W à 5Hz. Ils ont pour but de propulser la pâte dans tous les espaces disponibles.

Le premier tir est fait à la longueur de travail moins 3 mm, le deuxième au tiers apical et le troisième au tiers supérieur. Le cône est alors réintroduit. **E) Vague descendante :**

Le cône est réintroduit dans le canal puis compacté à chaud grâce à l'insert chauffé à 200 °C. L'insert est maintenu au fond du canal pendant 10 secondes puis retiré, l'excès de gutta qui reste attaché à l'insert remonte dans le même mouvement.

La fibre laser est introduite jusqu'au contact du bouchon de gutta. Un tir avec un réglage de 1.4 W à 5 Hz va réchauffer ce bouchon à l'apex ; il est alors recompacté avec un fouloir du type Machtou.

F) Vague remontante :

La vague remontante consiste à remplir le canal depuis le bouchon de gutta, à l'apex, jusqu'au plancher de la cavité. Le pistolet à gutta permet d'effectuer cette opération très facilement. La gutta est introduite dans le canal par toutes petites quantités et compactée avec les fouloirs correspondants. Une fois le canal rempli, le traitement canalaire est achevé. Une radiographie de contrôle permet de vérifier la qualité de l'obturation.

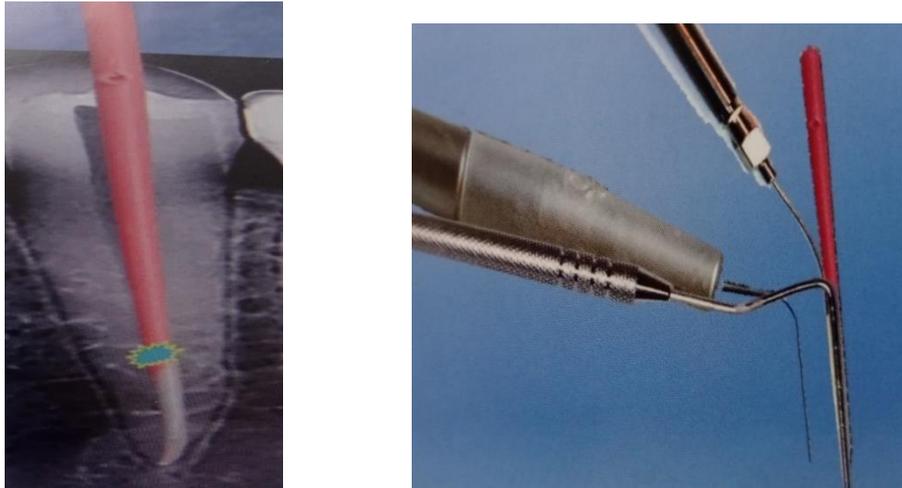


Figure (4.13) : a) Protocole d'obturation générale. b) Protocole de compactage de la gutta. G)

Résultats radiologiques :

Notre expérience clinique nous montre qu'apparemment, grâce au laser, plus de canaux accessoires sont obturés.

4.4. Retraitement endodontique par laser :

Le laser peut également s'avérer d'une grande efficacité lors du retraitement endodontique. Il facilite la désorburation par volatilisation des pâtes canalaires précédentes. Ce qui ne laisse dans le canal que des résidus secs bien plus faciles à nettoyer que la « bouillie » obtenue avec les solvants.

L'élimination des anciennes obturations, voire d'instruments fracturés, pour retrouver la perméabilité canalaire est une difficulté souvent délicate à surmonter (Simon et al, 2008). Certaines pâtes sont très difficiles à retirer avec des techniques classiques. Il existe des solvants spécifiques pour les pâtes à l'eugénol. Le retraitement endodontique peut également être facilité par l'utilisation du laser : [77]

- **Rôle de solvant** : Les lasers Nd:YAG et Nd:YAP sont aptes à réchauffer la gutta percha, les matériaux d'obturation à base d'oxyde de zinc eugénol permettant ainsi une élimination rapide et efficace en complément de l'utilisation d'instruments rotatifs ou manuels. [77]
- **Rôle dans l'élimination des ancrages radiculaires** : Les ancrages radiculaires tels que les tenons carbone peuvent être éliminés par le Nd:YAG, le noir étant un chromophore idéal car il absorbe très bien la longueur d'onde de ce laser (1064nm). En ce qui concerne les tenons en fibre de verre, ils peuvent être détruits par le laser Er:YAG par vaporisation explosive. [77]

- **Rôle dans l'élimination d'obstacles canaux :** Les lasers Nd:YAG et Nd:YAP sont en mesure d'éliminer les instruments fracturés par vaporisation. Ils peuvent également permettre l'élimination de calcifications et minéralisations intracanaux, facilitant la perméabilisation des canaux. [45]
- **Rôle d'activation de la solution d'irrigation :** Les différents lasers sont capables d'activer les solutions d'irrigations améliorant la désinfection par une meilleure élimination du biofilm bactérien, une augmentation de l'élimination de la boue dentinaire, une activité protéolytique améliorée sur les toxines bactériennes et une plus grande action antibactérienne. Comme nous le verrons par la suite, le laser peut également améliorer l'élimination des bactéries résistantes. [48]
- **Rôle de relocalisation :** Le laser Nd:YAP peut faciliter la localisation d'un canal oublié, justifiant le retraitement endodontique. [48]
- **Rôle dans l'ostéotomie lors de chirurgie [77]**

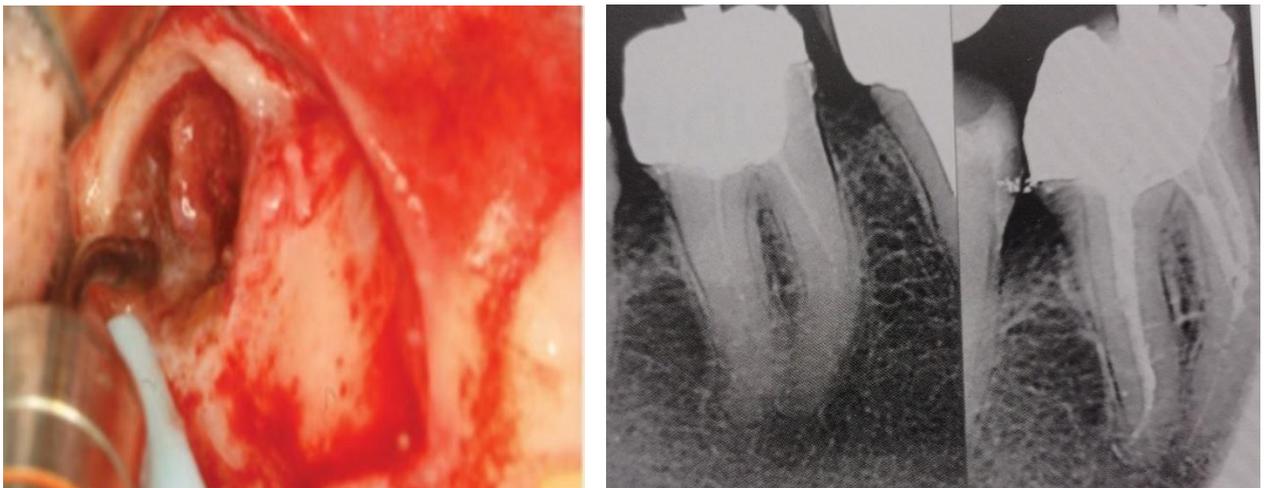


Figure (4.14) : a) Ostéotomie au laser permet de dégager les racines dentaires en restant économe de tissu. b) Reprise du traitement canalaire sur une molaire 47 porteuse d'une infection péri-apicale.

4.5. Décontamination et stérilisation du laser en endodontie : [74]

Il reste avant de conclure cet ouvrage, à détailler rapidement le risque infectieux et l'entretien spécifique que nécessite un laser médical pour justifier sa place dans nos cabinets et nos blocs opératoires sans risque de rupture la chaîne de stérilité rigoureusement mise en place. L'utilisation des lasers lors des actes endodontiques présente, vis-à-vis du risque infectieux, des caractéristiques qui justifient une attention particulière en effet, leur capacité à « booster » la désinfection ne doit pas faire oublier les vecteurs d'infection possibles. L'endodontie amène

naturellement à la réalisation de nombreux actes invasifs, avec exposition au sang et aux liquides biologiques, ainsi qu'à l'utilisation fréquente d'instruments souvent difficiles à stériliser.

Cette partie aborde les protocoles de stérilisation applicable aux seuls lasers, la stérilisation des chaînes instrumentales endodontique classiques étant largement décrite dans la littérature scientifique consacrée à cette spécialité. Trois parties distinctes sont à traiter par les lasers :

- Le laser, déclencheur du rayonnement.
- Le système de transmission.
- La zone émettrice du rayonnement. **A. Le laser :**

Il n'est pas envisageable de stériliser un laser médical dans sa totalité, ces composants électriques et électroniques réagissent très mal à la chaleur humide, ce qui impose d'apporter un soin minutieux et attentif au nettoyage et à la décontamination des parties extérieurs accessibles.

Tout doit être mis en œuvre pour éviter le risque de contamination croisée. Le praticien ayant de nombreux contacts manuels avec les tableaux tactiles et les surfaces diverses.

- Dans les cas les plus courants d'endodontie non chirurgicale, un nettoyage minutieux du tableau de commande avec un produit réservé à la désinfection de la surface est effectué, après avoir vérifié la compatibilité des produits avec la matière du tableau de la commande (voir donc les spécifications du constructeur).
- Une autre possibilité consiste à recouvrir le tableau avec une feuille de film alimentaire, film changé facilement après chaque patient. Cela évite tout risque de vieillissement prématuré de matière souvent plastique du tableau en raison du contact avec des agents chimiques parfois agressifs.
- Dans le cas d'endodontie chirurgicale, une feuille transparente stérile à usage unique est mise en place à ce niveau.



Fig (4.15) : Isolation du tableau laser diode



Fig (4.16) : Isolation du tableau laser Er:YAG.

B. Système de transmission :

Il s'agit ici des bras de transmission ou de fibres optiques dont la fonction est d'acheminer la lumière laser vers les tissus ciblés. Cette partie de laser n'a pas de contact direct avec le champ opératoire endodontique, les mêmes règles de décontamination que ci-dessus sont à appliquer (nettoyage, le passage d'une lingette de désinfection).

Dans le cas d'endodontie chirurgicale, la longueur et le débattement de ces dispositifs risquent d'être une source de rupture de la chaîne stérile mise en place.

Une gaine stérile est installée autour de la fibre ou du bras articulé du laser pour prévenir ce risque **C.**

Zone émettrice du rayonnement :

Ce sont les procédés qui vont permettre de libérer le rayonnement laser pour impacter les tissus cibles. Il s'agit souvent de fibres optiques dont la légèreté et la finesse s'adaptent parfaitement aux traitements endodontiques, objet du présent ouvrage, on comprend aisément leur intérêt, leur faible diamètre permet l'accès à la quasi-totalité des canaux radiculaires.

La majorité des fibres optiques disponibles en endodontie ont un diamètre à l'extrémité inférieure à 300 µm.

○ Les fibres optiques :

La plupart des fibres, bien que théoriquement autoclavables, posent le problème d'une mise en place délicate doublée par une fragilité augmentée par des stérilisations successives. Les travaux de Paul Calas, Tarik Rochd et Frédéric Laffite ont heureusement permis de trouver une solution simple et efficace pour remédier à ce problème (Rochd et al., 1999). Ces auteurs ont mis au point un protocole de désinfection de la fibre optique (Nd : YAP dans leur étude). Laser particulièrement bien adapté à l'endodontie. Ce protocole est applicable à toutes les fibres, la fibre a été contaminée in vitro par des souches bactériennes : *Mycobacterium smegmatis* (CIP 7356), *Candida albicans* (ATCC 2091), *Bacillus stearothermophilus* (ATCC 7953) et *Streptococcus anguis* (CIP 55128). Elle a ensuite été traitée avec différentes solutions antiseptiques : Septinol®, glutaraldéhyde 2%, éthanol à 95% et NaOCl à 6%, en suivant un des deux protocoles : 10 s de contact ou 5 s de contact suivi d'essuyage, c'est cette dernière technique qui s'est avérée la plus efficace. Quelle qu'ait été la solution antiseptique utilisée, toutes les bactéries adhérant à la fibre ont été éliminées. Une étude bactériologique réalisée in vivo sur 10 dents infectées à confirmer ces résultats. Aucune bactérie ne résiste au traitement avec Septinol®V. De plus, ce traitement n'altère ni la qualité

ni la transmission lumineuse de la fibre (Rochd et al.,1999). La solution de la désinfection de la fibre est à la fois simple et rapide.

Reste la stérilisation des pièces à main qui permettent une préhension confortable et précise de la fibre. Facilement démontables, elles peuvent rejoindre la chaîne de stérilisation normale ou, dans le cas non invasif, être traitées comme la fibre par contact et essuyage à l'aide d'une solution désinfectante. Avec certaines pièces à main, il est possible d'utiliser des embouts terminaux permettant d'oxyder la fibre métallique. Ils sont stérilisés de manière Classique, ou tout simplement changés s'ils sont jetables.

○ **Systèmes non fibrés :**

Ce sont tous les autres procédés, généralement des pièces à main munies de tip ou de miroir. Les pièces à main rejoignent ici aussi la chaîne de stérilisation classique, de même que les tips, en respectant les consignes du fabricant.



Fig (4.17) : Tips de différents diamètres stérilisés dans leur capsule légèrement ouverte



Fig (4.18) : Rangement de pièces à main propres dans leur boîte de stérilisation, avant l'emballage

L'attention portée au nettoyage, à la désinfection et à la stérilisation des différents éléments constitutifs des lasers est donc essentielle, et elle est particulière à chaque type de laser, Elle demande une réflexion et un apprentissage spécifique à chaque matériel, afin d'assurer à nos patients, à nos équipes et à nous-mêmes la sécurité inhérente à la pratique sereine de notre activité.

4.6. Cas cliniques : [74]

Les cas cliniques mentionnés au-dessous sont des cas qui correspond à l'endodontie assisté par laser ND:YAG .

4.6.1. Traitement endodontique initial d'une prémolaire :

Présentation du cas :

Ce jeune patient se présente en urgence au cabinet pour une pulpite sur la 25. La radiographie confirme la présence d'une carie volumineuse juxta-pulpaire et une perte de substance coronaire importante. La carie est éliminée dans la séance et une pulpotomie d'urgence est réalisée.



Figure (4.19) : Radiographie après le second tir

Le traitement radiculaire initial assisté par laser sera intégralement terminé ultérieurement, avant la restauration prothétique de cette dent.

Objectifs du traitement :

Les objectifs du traitement sont de décontaminer l'ensemble du réseau canalaire et d'obturer de façon étanche avant la reconstitution coronaire. Il n'y a pas de phase infectieuse, cela permet de régler la puissance du laser à un niveau faible adapté à cette situation, lors de la thérapie photodynamique sous peroxyde d'hydrogène.



Figure (4.20) : Radiographie panoramique initiale.

Protocole opératoire et obturation canalaire

- **Protocole opératoire :**

La carie est retirée en urgence à l'aide d'une fraise boule diamantée, laissant une perte de substance coronaire importante. Le champ opératoire est positionné autour des parois restantes. La mise en forme mécanisée se fait à l'aide du système rotatif SafeSider® jusqu'à la lime 40. Chaque passage au diamètre supérieur de lime est précédé de phases d'irrigation à l'hypochlorite de sodium à 3% dans lequel la fibre 200 µm du laser Nd:YAG est activée.

Il n'y a pas de phase infectieuse, le paramétrage de 100 mJ et 10 Hz assure une décontamination avec un minimum d'énergie délivrée. Il n'y a pas de lésion apicale et l'apex n'étant pas largement ouvert, le rayonnement laser est appliqué dans de l'hypochlorite sans risque pour le péri-apex. L'effet photomécanique du laser Nd :YAG permet à la solution d'irrigation d'être propulsée dans les canaux accessoires.



Figure (4.21) : a) Champ opératoire en place avant le traitement. b) Fibre laser Nd :YAG en place dans la prémolaire mise en forme



Figure (4.22) : Système de mise en forme SafeSider®

- **Obturation :**

La pâte d'obturation canalaire (EZ-Fill®) est répartie dans le canal à l'aide de l'instrument rotatif du système, puis la fibre laser de 200 µm est actionnée.

L'action mécanique du laser Nd : YAG est utilisée pour « pousser » la pâte d'obturation. La fibre de 200 µm est actionnée à 150 mJ et 5 Hz, avec un tir bref, successivement dans les trois tiers radiculaires, du tiers apical vers le tiers coronaire, ce qui permet une répartition sur toutes les parois et dans les éventuels canaux accessoires de la dent.

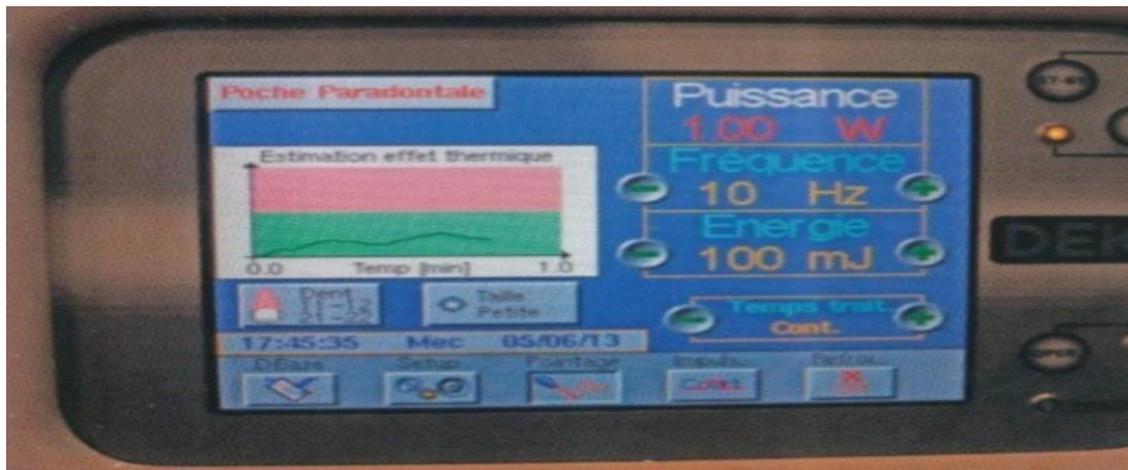


Figure (4.23) : Paramétrage du laser Smart-file utilisé ici pour la décontamination endodontique.

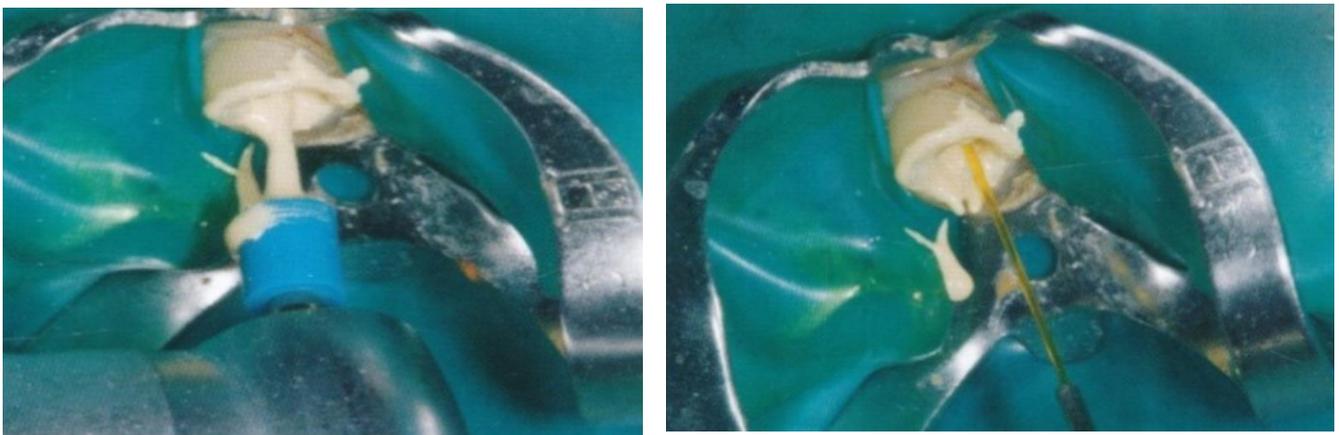


Figure (4.24) : a) Répartition de la pâte d'obturation dans le canal, b) Fibre de 200 µm en place.

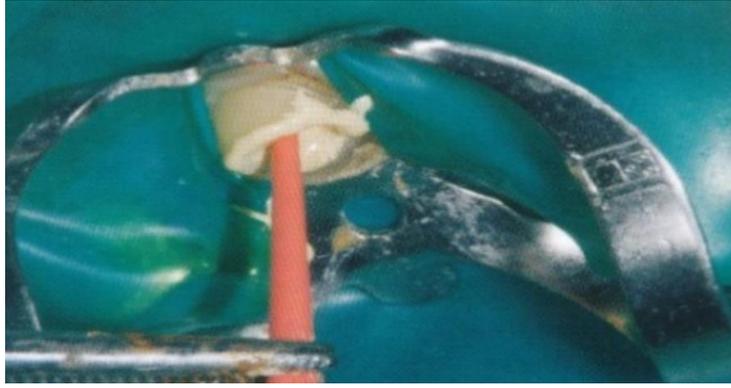


Figure (4.25) Maître cône en place

La radiographie de contrôle montre une obturation complète avec un canal latéral fin dans le tiers apical. La dent sera ensuite reconstituée à l'aide d'une couronne.



Figure (4.26) : Radiographie rétroalvéolaire postopératoire : on observe l'obturation d'un canal latéral apical.

4.6.2. Traitement d'une nécrose pulpaire d'une prémolaire (F. Aujames) :

Présentation du cas et objectifs du traitement :

Ce patient de 70 ans retraité, sans traitement médicamenteux, est reçu en urgence pour un début de nécrose pulpaire sur la dent 15. Les signes cliniques sont une forte douleur à la pression et à la percussion ainsi qu'une absence de sensibilité au froid. Le diagnostic posé est celui d'une parodontite apicale aigüe associée à une nécrose de 15.

Les objectifs de cette séance sont de stopper la douleur du patient, d'arrêter l'évolution de la nécrose, de désinfecter et d'obturer le système endocanalaire.

Protocole opératoire et décontamination canalaire :

- **Décontamination initiale et préparation du réseau canalaire :**

Une radiographie préopératoire montre l'importance de la lésion carieuse, la proximité pulpaire et l'épaississement ligamentaire apical.

Une anesthésie para-apicale (articaïne au 1/200 000) est réalisée pour limiter les douleurs provoquées par les pressions et les vibrations dues aux instruments rotatifs.

La carie est nettoyée et la cavité d'accès est réalisée.



Figure (4.27) : Radiographie préopératoire.

La radiographie des instruments en place montre la présence d'un second canal au niveau du tiers apical et l'arrêt de pénétration de ces instruments dans la « zone de complexité maximum ». Il s'agit de la partie très proche de l'apex présentant des deltas apicaux multiples (Costesséque, 2010) et dont le cathétérisme est impossible avec les instruments les plus fins.

La préparation est réalisée avec le système de rotation continue Hero 642 (Micro-Mega) jusqu'au 25/100 sous irrigation constante de calbénium et aspiration chirurgicale continue.

Un alésage supplémentaire avec un foret de Gates n°2 est effectué jusqu'à 3 mm de la zone de complexité maximum afin de constituer une zone réservoir. Cette zone réservoir a un intérêt majeur dans l'endodontie assistée par laser. C'est grâce à ce petit volume que l'on va pouvoir utiliser et gérer les propriétés photomécaniques du laser Nd:YAG. On pourrait comparer ce petit réservoir au corps d'une pompe à vélo dans lequel la fibre laser serait le piston. Il y a création de pressions et émissions de chaleur. Ce sont principalement ces deux propriétés qui sont utilisées pour la décontamination puis l'obturation du système endodontique complexe par le laser Nd:YAG.

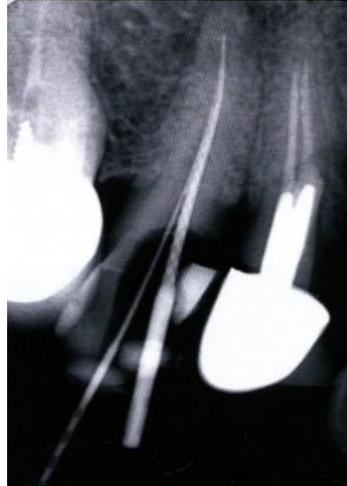


Figure (4.28) : Radiographie instruments en place.

- **Décontamination assistée par laser :**

De l'hypochlorite de sodium avec la seringue endodontique jusqu'au tiers apical. Trois tirs longs sont effectués à 10 Hz et 150 mj en descendant progressivement dans le canal jusqu'à la zone de complexité maximum.

Puis, le diamètre du canal principal étant plus important que celui de la fibre (200µm), la fréquence des impulsions est portée à 20 Hz pour augmenter les effets photomécaniques en présence de l'hypochlorite et permettre ainsi une désinfection du delta apical par l'hypochlorite projeté dans le réseau canalaire. Trois nouveaux tirs

sont donc effectués avec le réglage 20 Hz et 150 mj **Obturation canalaire assistée par laser :**

Les canaux sont séchés avec des pointes de papier. Le séchage est complété par des tirs remontants à 5 Hz et 150 mj, jusqu'à l'obturation de petits claquements secs. Pour l'obturation du tiers apical, une pâte de viscosité fluide est déposée au bourrepace puis projetée par 2 tirs réglés à 5 Hz et 200 mj. La fréquence est abaissée de 10 à 5 Hz avec un réglage à 200 mj de façon à permettre des impacts brefs et un échauffement progressif de la pâte dans la zone réservoir. Au bout d'environ une demiseconde, la fibre est progressivement dirigée vers l'apex pour effectuer une poussée lente et progressive.

La fibre est dénudée sur 1 mm à son extrémité pour obtenir une diffusion latérale plus importante. La pâte est ensuite épaissie et le tiers moyen puis le tiers cervical sont obturés successivement par 2 tirs longs d'environ 1 seconde à 5 Hz et 150 mj. Deux cônes de gutta sont placés dans les canaux puis sectionnés. Le laser peut alors être utilisé pour effectuer une condensation du type système B de Buchanan : tir à 1 mm ou

au contact de la gutta à 10 Hz et 250 mj. Ramollie, la gutta est facilement condensée directement avec l'extrémité de la fibre ou avec un *plugger* si nécessaire.

Résultats et contrôle radiographique :

La radiographie postopératoire montre la complexité du réseau endodontique apical : 2 canaux principaux et au moins 5 canaux accessoires semblent ainsi obturés.

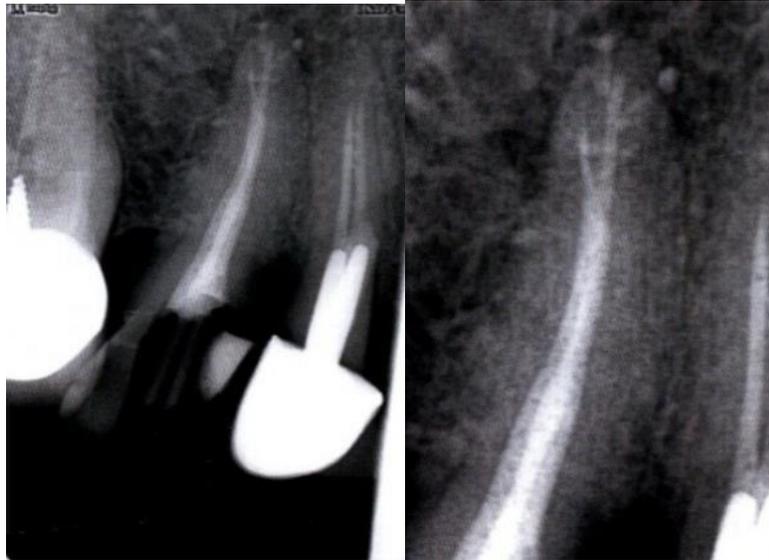


Figure (4.29) : a) Radiographie postopératoire montrant la bonne obturation du delta apical, b) Radiographie postopératoire agrandie.

CONCLUSION

Le laser est une nouvelle technique innovante en odontologie conservatrice et endodontie comme pour les autres domaines de la médecine dentaire, qui doit être utilisé avec prudence pour éviter ses effets indésirables. Depuis une dizaine d'années, le laser nous est annoncé comme la solution thérapeutique de choix. Mais qu'en est-il vraiment ? Force est de constater qu'il ne s'est pas réellement imposé dans la profession.

Le but de ce mémoire est d'expliquer les principes de fonctionnement d'un laser, ses avantages et inconvénients ainsi que ses différentes utilisations en odontologie conservatrice et endodontie.

A priori, L'utilisation du laser devient intéressante à partir du moment où on l'utilise pour : la détection et l'éviction carieuse, le traitement de l'hypersensibilité dentinaire, le conditionnement des surfaces amélo-dentinaire, les thérapeutiques endodontiques, l'éclaircissement dentaire, ainsi que la photopolymérisation. Cependant, il est recommandé en 2^{ème} intention dans certains cas.

Le laser dépasse les méthodes thérapeutiques traditionnelles, aussi bien dans la durée et la qualité des traitements, que dans l'apparition des résultats, les effets secondaires restent très légers voire inexistantes, et le confort du patient nettement amélioré par rapport aux autres méthodes.

Comparer aux techniques traditionnelles, le laser peut être dans la plupart des cas envisagé en 1^{ER} intention car les limites des techniques conventionnelles sont réellement démontrées.

Les principaux inconvénients du laser sont :

- Les modifications de la surface dentaire et augmentation de sa rugosité ;

- Les variations thermiques des tissus et de la pulpe (risque de nécrose) mais le refroidissement par un spray air-eau semble efficace pour limiter l'élévation de la température ;

- Les lasers restent très onéreux, et leur utilisation est plus complexe que les méthodes traditionnelles ;

- Ainsi que Leur prix qui est très élevé.

Actuellement, les perspectives de recherche visent à limiter ces inconvénients afin que son utilisation devient plus accessible et plus sécurisée au cabinet dentaire.

CONCLUSION

Enfin, les questions à se poser lorsqu'on envisage de se procurer un laser :

- Est-ce que le laser est indispensable dans un cabinet dentaire ?
- Puis-je réaliser les thérapeutiques dentaires sans laser ?
- Est-ce qu'on peut s'en passer du laser dans notre pratique quotidienne au cabinet dentaire ?

Si la réponse est Oui, le laser est justifié. Si la réponse est Non :

- Est-ce que le laser facilite et simplifie le travail du praticien ?
- Réduit-il le temps de travail ?
- Le confort du patient est-il amélioré ?
- Le rapport risque/ bénéfice, est-il gratifiant et avantageux pour le praticien et le patient ?

De toute évidence, la réponse à ces questions doit être honnête et non motivée par un autre intérêt.

Liste des abréviations

- ✧ **AINS** : anti-inflammatoires non stéroïdiens
- ✧ **ANSM** : l'Agence Nationale de Sécurité des Médicaments et des produits de santé
- ✧ **ATM** : articulation temporo mandibulaire
- ✧ **ATP** : acide adénosine-triphosphorique
- ✧ **Bêta-TCMP** : Bêta Tétra Calcium Magnésium Phosphate
- ✧ **Ca0** : nombre de dents temporaires cariées ou obturées
- ✧ **Caof** : nombre de faces de dents permanentes cariées absentes et obturées
- ✧ **CO₂** : dioxyde de carbone
- ✧ **DEC** : décharge électrique continue
- ✧ **DEI** : décharge électrique impulsionnelle
- ✧ **DIFOTI** : Digital Imaging Fiber Optic Transillumination
- ✧ **DELFL**: Experimental Laser Fluorescence
- ✧ **EMP**: exposition maximale premise
- ✧ **EDTA** : Ethylenediaminetetraacetic Acid.
- ✧ **Er; Cr / YSGG** : yttrium scandium gallium garnet dopé à l'erbium chromium.
- ✧ **Er,Cr:YSGG** : erbium, chrome: yttrium-scandium-gallium-grenat
- ✧ **Er:YAG** : erbium doped yttrium aluminium garnet
- ✧ **Er³⁺** : ion erbium
- ✧ **EVA** : Échelle Visuelle Analogique
- ✧ **FOTI** : Fiber Optic Transillumination
- ✧ **JCD** : Jonction cémento-dentinaire
- ✧ **HD** : Hypersensibilité Dentaire
- ✧ **He:Ne** : helium neon
- ✧ **HEMA** : Hydroxy Ethyl Méthacrylate
- ✧ **ISO** : International Organization of standardization
- ✧ **KTP** : kalium-titanyl-phosphate
- ✧ **LLLT** : low level laser therapy
- ✧ **LIPOE** : Lésion inflammatoire périapicale d'origine endodontique
- ✧ **LT** : Longueur de travail

- ✧ **MTA** : Mineral Trioxyde Agregate
- ✧ **Nd / YAP** : Yttrium-Aluminium-Pérovskite (YAP) dopé par le Néodyme (Nd)
- ✧ **Nd / YAG** : grenat d'yttrium et d'aluminium dopé au néodyme
- ✧ **OMS** : Organisation Mondiale de la Santé
- ✧ **PH** : potentiel Hydrogène
- ✧ **Pm** : Prémolaire
- ✧ **PU** : Unité de Perfusion
- ✧ **TetCP** : Tétra Calcium Phosphate
- ✧ **SEM** : Scanning Électron Microscopy (Microscopie électronique à balayage)
- ✧ **VAS** : Visual Analogue Scale (EVA)
- ✧ **VRS** : Verbale Rating Scale (Échelle d'évaluation Verbale)
- ✧ **Y3Al5O12** : le cristal d'yttrium aluminium garnet
- ✧ **α-TCP**: phosphate tricalcique alpha
- ✧ **λ** : la longueur d'onde

Listes des figures

Figure (1.1) : Comparaison entre la lumière ordinaire et la lumière laser.....	04
Figure (1.2) : Différents composants d'une source de rayonnement laser.....	05
Figure (1.3) : Absorption d'un photon.....	06
Figure (1.4) : Emission spontanée et stimulée d'un photon.....	07
Figure (1.5) : Laser diode (BREST).....	15
Figure (1.6) : Répartition dans le spectre électromagnétique des différents lasers en fonction des longueurs d'ondes.....	15
Figure (1.7) : Différents lasers co2.....	16
Figure (1.8) : Laser Nd :YAP (LOKKI)	16
Figure (1.9) : Les différents lasers Er :YAG	17
Figure (1.10) : Laser ErCr :YSGG (SINORA).....	18
Figure (1.11) : Différents lasers Argon.....	20
Figure (1.12) : Laser Hélium-Néon.....	21
Figure (1.13) : Différents lasers Nd: YAG.....	22
Figure (1.14) : Laser Nd : YAP (LOKKI).....	24
Figure (1.15) : Fibre optique du laser erbium YAG monté sur pièce à main.....	25
Figure (1.16) : Pièce à main proposée pour l'odontologie conservatrice pour les lasers(kavo) Er : YAG.....	26
Figure (1.17) : Différents lasers Er :YAG.....	26
Figure (1.18) : Laser Er.Cr : YSGG.....	26
Figure (1.19) : Laser KTP (LOTOS).....	27
Figure (1.20) : Différents lasers diode.....	29
Figure (1.21) : Spectres d'émission des différents lasers.....	30
Figure (1.22) : lampe de biostimulation d'un laser diode.....	32

Figure (2.1) :Anatomie de l'organe dentaire.....	35
Figure (2.2) : Le Diagnodent.....	46
Figure (2.3) : Description de l'équipement du DIAGNOdent.....	47
Figure (2.4) : Cas cliniques illustrant l'utilisation du DIAGNOdent.	49
Figure (2.5) : Le DIAGNOdent Pen.....	50
Figure (2.6) : Les principes du laser Doppler.....	54
Figure (2.7) : PeriFlux Système 5000.....	55
Figure (2.8) : Les interactions laser/ tissu.....	57
Figure (2.9) : Effets du laser Er:YAG sur l'eau.....	59
Figure (2.10) : Vue stéréo-microscopique après le traitement d'une cavité laser assistée.....	60
Figure (2.11) : Vue au microscope électronique des tissus dentaires traités aux instruments rotatifs à grande vitesse.....	60
Figure (2.12) : Vue au microscope électronique des mêmes tissus après un décapage à l'acide orthophosphorique 35%.....	61
Figure (2.13) : Vue au microscope électronique des tissus dentaires traités par le laser Er:YAG.	61
Figure (2.14) : Diagramme est issu de l'étude Leco-Berrocal	62
Figure (2.15) : Cratère réalisé par un tir CO ₂ à 3 W et 0,1 seconde avec présence de la couche carbonisée.....	66
Figure (2.16) : Fort grossissement (×2 000) du centre du cratère qui présente de la dentine fondue recristallisée en tigs enchevêtrées.....	66
Figure (2.17) : Agrandissement d'une image de microscopie à balayage d'une dentine irradiée au laser Er:YAG.....	69
Figure (2.18) : Agrandissement d'une image de microscopie à balayage d'une dentine irradiée au laser Er:YAG.....	69
Figure (2.19) : Surface cémentaire lasérisée par CO ₂ sans spray avec une densité 200.....	74
Figure (2.20) : Surface cémentaire lasérisée par laser CO ₂ sous spray avec une densité.....	74
Figure (2.21) : À droite, des pointillés, surface cémentaire lasérisée par laser CO ₂	75
Figure (2.22) : Surface cémentaire lasérisée par laser CO ₂	75

Figure (2.23) : J Oral laser applications 2001.....	76
.Figure (2.24) : J Oral laser applications 2001.....	77
Figure (2.25) : Schéma d'une échelle visuelle analogique et d'une échelle verbale rationalisée.	80
Figure (2.26) : a) Tubulis dentinaires sans traitement au laser (microscope optique Olympus BX51, x500) (Liu et al. 2013) b) Tubulis dentinaires sans traitement au laser (microscope optique Olympus BX51, x5 000) (Liu et al. 2013) c) Tubulis dentinaires après traitement au laser diode 4W 333J/cm2	88
Figure (2.27) : a) Surface dentinaire sur une zone de contrôle, b) Surface dentinaire sur une zone irradiée par un laser Er:YAG pendant 120 s	90
Figure (2.28) : a) SEM dans un groupe contrôle (x1 500) b)SEM dans un groupe irradié Nd:YAG 0,5 W (x1 500) (Le diamètre et le nombre de tubulis ouverts sont diminués après l'irradiation au laser. c) SEM groupe Nd:YAG 0,25 W (x1 500) d) SEM groupe Nd:YAG 0,5 W & graphite (x 1 500)). e) SEM groupe Nd:YAG 0,25 W & graphite (X1 500) (Maleki-Pour et al. 2015). L'utilisation du laser seul à 0,5 W semble aussi efficace que l'association du laser à 0,25 W couplée au graphite.....	92
Figure (2.29) : Diminution de l'EVA après traitement des HD au laser Nd:YAG.....	92
Figure (2.30) : a) surface dentaire pour le groupe contrôle montrant des tubulis dentinaires ouverts et de diamètre large b) surface dentaire dans le groupe irradié au laser CO2.....	94
Figure (2.31) : Diamètres tubulaires après l'irradiation par différents lasers	95
Figure (2.32) : Schéma des points d'irradiation en vue du traitement de l'hypersensibilité dentinaire	96
Figure (2.33) : Étanchéité de restaurations en résine composite de cavités de classe V Préparées au moyen d'un laser Er:YAG.....	100
Figure (2.34) : Lampe à polymérisation halogène.....	102
Figure (2.35) : Lampe de polymérisation à arc plasma.....	103
Figure (2.36) : Lampe à photopolymérisation LED.....	103
Figure (2.37) : Lampe de polymérisation à laser.....	104
Figure (2.38) : A Classe V abfractive direct with recurent carries.....	105
Figure (2.39) : Er ;Yag laser ablation is used to remove decay and initially etch the tooth defect area	106
Figure (2.40) : the final composite resturation was cured into place.....	106

Figure (2.41) : a) A patient with defective composite on tooth No.7 b) The patient in figure 33 after the composite was removed with an Er ;Yag laser. C) The lingual view of the patient after receiving a complete composite restauration.....	106
Figure (2.42): a) A radiograph of an 18- year-old woman with a detective composite restoration on tooth No.30 b): An occlusal view of the defective restoration on tooth No.30....	107
Figure (2.43): a)the laser's sapphire tip is angled, allowing it to tunnel under the distal marginal ridge b) A postoperative radiograph of the patient.....	107
Figure (2.44) : Coloration due à la chlorhexidine	108
Figure (2.45): Dontinogénèse imparfaite avec coloration gris bleuté.....	108
Figure (2.46) : Le pink spot.....	108
Figure (2.47) : Utilisation de peroxyde d'hydrogène à 6% appliqué dans les gouttières Thermoformées.....	109
Figure (2.48) : L'éclaircissement dentaire au laser.....	112
Figure (2.49) : a)Une lampe d'éclaircissement dentaire Source : photo de l'auteur b) activation du gel par le laser Source : Dr boukerch.....	114
Figure (2.50) : Journal laser application 2002 ; 2 ; 129-134.....	116
Figure (2.51) : Journal laser application 2002 ; 2 ; 129-134.....	116
Figure (2.52) : Journal laser application 2002 ; 2 ; 129-134.....	117
Figure (3.1) : Denture mixte.....	119
Figure (3.2) : Chronologie d'éruption des dents permanentes / d'éruption des dents de lait.....	120
Figure (3.3) : Différence entre dent de lait et dent permanente.....	122
Figure (3.4) : DIAGNOdent	123
Figure (3.5) : Sealant infiltré sur une 26 après un passage d'un laser Er :YAG.....	128
Figure (3.6) : L'éviction carieuse avec le laser.....	129
Figure (3.7) : Evection de la carie avec un laser Er ;yag et reconstitution avec résine composite	138
Figure (3.8) : Cavité d'une molaire après nettoyage et désinfection.....	142
Figure (3.9) : Application du laser Nd : YAG dans les entrées canalaire.....	144

Figure (3.10) : A.Kyste éruptif sur la 46. B. Réalisation de l'éviction du tissu au laser Er, Cr : YSGG.C. Réévaluation 15 jours après la chirurgie.....	147
Figure (3.11) : Excision d'un kyste éruptif avec un laser diode (λ : 810 nm). Contrôle à 2 mois...	148
Figure (4.1) : Obturation canalaire de la 46 avec 5 canaux.....	150
Figure (4.2) : La complexité de l'anatomie dentaire.....	150
Figure (4.3) : Retraitement endodontique par voie rétrograde.....	152
Figure (4.4) : Les étapes du retraitement canalaire par voie rétrograde.....	153
Figure (4.5) : Laser diode dentaire.....	154
Figure (4.6) : Laser Nd:YAP.....	156
Figure (4.7) : Laser Nd:YAG.....	157
Figure (4.8) : Laser Er: YAG.....	158
Figure (4.9) : Les aides optiques (la loupe binoculaire, le microscope opératoire dentaire)	159
Figure (4.10) : Détecteur d'apex.....	159
Figure (4.11) : Pointes de papiers absorbant dentaire.....	164
Figure (4.12) : : Préparation de la pâte d'obturation et enduction du cône de gutta. Tirs réglage « canal » (A à l'apex, 1 au tiers inférieur, 1 au tiers supérieur).....	165
Figure (4.13) : a) Protocole d'obturation générale, b) Protocole de compactage de la gutta.....	166
Figure (4.14) : a) Ostéotomie au laser permet de dégager les racines dentaires en restant économe de tissu, b). Reprise du traitement canalaire.....	167
Figure (4.15) : Isolation du tableau laser Er :YAG.....	168
Figure (4.16) : Isolation du tableau laser diode.....	168
Figure (4.17) : Tips de différents diamètres stérilisés dans leurs capsule légèrement ouverte....	170
Figure (4.18) : Rangement de pièces à main propres dans leur boîte de stérilisation.....	170
Figure (4.19) : Radiographie après le second tir. (Début de premier cas clinique)	171
Figure (4.20) : Radiographie panoramique initiale.....	171

Figure (4.21) : a) Champs opératoire en place, b) Fibre laser Nd :YAG en place dans la prémolaire mise en forme.....	172
Figure (4.22) : Système de mise en forme SafeSider [®]	172
Figure (4.23) : Paramétrage du laser Smart-file utilisé ici pour la décontamination endodontique	173
Figure (4.24) : a) Répartition de la pâte d'obturation dans le canal, b) Fibre de 200 µm en place	173
Figure (4.25) : Maître cône en place.....	174
Figure (4.26) : Radiographie rétroalvéolaire postopératoire : on observe l'obturation d'un canal latéral apical.....	174
Figure (4.27) : Radiographie préopératoire. (Début de deuxième cas clinique).....	175
Figure (4.28) : Radiographie instruments en place.....	176
Figure (4.29) : a) Radiographie postopératoire montrant la bonne obturation du delta apical, b) Radiographie postopératoire agrandie.....	177

Liste des tableaux

Tableau (1.1) : Action thermique de l'énergie laser sur les tissus mous.....	10
Tableau (1.2) : Différents effets des lasers sur les yeux et la peau selon la longueur d'onde du rayonnement exposé.....	13
Tableau (1.3) : Principaux lasers utilisés en dentisterie.....	19
Tableau (2.1) : Concept site de Mount et Hum.....	37
Tableau (2.2) : Concept site de Mount et Hum.....	37
Tableau (2.3) : Classification ICDAS.....	38
Tableau (2.4) : Comparaison les proportions d'ions calcium, phosphate d'une dentine irradiée et non irradiée.....	70
Tableau (2.5) : L'efficacité du traitement de l'HD par le laser Nd:YAG.....	91
Tableau (2.6) : Les variations de taux de récurrence en fonction de temps selon le type de laser utilisé	95
Tableau (2.7) : Eclaircissement « paramétrages ».....	114
Tableau (3.1) : Classification de Nolla	121
Tableau (3.2) : Paramètre de réglage du laser Er ;YAG.....	135

BIBLIOGRAPHIE :

- [1] Racadot J, Weill R, « Histologie dentaire», 2ème édition, Masson, 1973.
- [2] Lasfargues J.J, Kaleka R, Louis J.J, «Nouveaux concepts de préparations mini-invasives : un concept SISTA» , Quintessence Pub, Co, 2000.
- [3] Longbottom C, Pitts N.B, Reich E, Lussi A, «Comparaison des méthodes visuelles et électriques avec un nouveau dispositif d'occlusion, Détection des caries», Caries Res, 1998.
- [4] Longbottom C, Pitts N.B, Lussi A, Reich E, «Mesure in vivo de validation histologique à l'aide de l'appareil DIAGNODENT», Une étude à trois centres, Caries Res, 1999.
- [5] Lussi A, Firestone A, Schoenberg V, Hotz P, Stich A, « Diagnostic in vivo des caries des fissures à l'aide d'un nouveau moniteur de résistance électrique», Caries Res, 1995.
- [6] Lussi A, Inwinkelried S, Pitts N.B, Longbottom C, Reich E, «Performance et reproductibilité d'un système de fluorescence laser pour la détection des caries occlusales in vitro», Caries Res, 1999.
- [7] Eur J, Oral, Sei, «Un dispositif à fibre optique pour la quantification de la déminéralisation de la surface radulaire», 1996.
- [8] Varkhamp J, Tenbosch J.J, Verdonschot E.H, Huysman M, «Transillumination par fibre optique dépendante de la longueur d'onde des petites lésions carieuses proximales, l'utilisation d'un colorant et une comparaison avec la radiographie interproximale», Caries Res, 1997.
- [9] Varkhamp J, Tenbosch J.J, Verdonschot E.H, Tranaeus S, «Diagnostic quantitatif des petites lésions carieuses proximales utilisant la transillumination par fibre optique dépendante de la longueur d'onde», J Dent, Res, 1997.
- [10] Verdonschot E.H, Abdo H, Frankenmolen F.W.A, «Les performances in vivo d'un dispositif de fluorescence laser par rapport à l'inspection visuelle dans diagnostic des caries occlusales», Caries Res, 1999.
- [11] Rubens C.R, Patricia M, Masayuki Otsukic, Eduardod, Junji Tagami, «Influence de l'angle du faisceau laser Er : YAG, de la distance de travail et de la densité d'énergie sur la morphologie de la dentine : une enquête sur le SEM», The Journal Of Oral Laser Applications, Vol 5, No 4, 2005.
- [12] M.F. Bertrand, J.P. Rocca, «Laser Er : YAG Et Odontologie Restauratrice».
- [13] Aoki A, Ishikawa I, Yamada T, Otsuki M, Watanabe H, Tagami J, Al, « Comparison Between Er :YAG Laser And Conventional Technique For Root Caries Treatment In Vitro», J Dent, Res, 1997.

- [14] Birang R, Poursamini J, Gutknecht N, Lampert F, Mir M, «Évaluation comparative des effets de Nd : YAG et Er : YAG Laser dans le traitement de l'hypersensibilité dentinaire», Lasers Med Sci, 2007.
- [15] Birang R, Yaghini J, Shirani Am, «Étude comparative des modifications de la surface de la dentine suite à une irradiation aux lasers Nd :YAG et Er: YAG et implications pour l'hypersensibilité», J Laser buccal Application, 2008.
- [16] Brooks Sg, Ashley S, Fisher J, Davies Ga, Griffiths J, Kester Rc, Al, «Chromophores 《 Exogènes Pour Les Lasers Argon et Nd : YAG : Une Application Potentielle Aux Interactions Laser-Tissu», Lasers Surg Med, 1992.
- [17] Marc Demonet, «Utilisation Des Lasers Pour L'enregistrement Et Le Contrôle De La Carie Dentaire», Information Dentaire, N° 8, 21 Février 2001.
- [18] G.G.Y. Marcon Et B, «Vidal Effet De L'irradiation Laser À CO₂ Sur La Dentine Des Dents Humaines», Journal De Physique Iv Colloque Ci, Supplément Au Journal De Physique Iii, Vol. (1): 239-244, Décembre 1991.
- [19] Y. Tolia, «Laser Dentaire : Déjà Demain Comment Et Pourquoi Faire Entrer Le Laser Dans Nos Cabinet? Considérations Economiques Et Pratiques», Disponible sur : [Www.Dentalspace.Com](http://www.dentalspace.com), Consulté le 12 février 2022.
- [20] William A, Greider, «Un laser pour les applications de tissus durs et mous», Laser Dentistry, Vol 17, N° 12, Décembre 1998.
- [21] Mccomb D, Tam E.L, «Diagnostic des caries occlusales : partie I. méthode conventionnelle», J Canad dent ass, 2001.
- [22] Mccomb D, «Colorants détecteurs des caries - quelle est leur précision et leur utilité ? », J Canad dent ass, (66):195-198, 2000.
- [23] Lussi A, «Comparaison de différentes méthodes pour le diagnostic de fissure carie sans cavitation», Caries Res, Vol (27):409-416, 1993.
- [24] Tassery H, Koubi N, Chafai A, Baccouch Z, Pomell, Dejou J, «Les révélateurs de carie: une aide opératoire ? », Information Dentaire , Vol (23):1659-1667, Paris, 1999.
- [25] [Article], «Les effets du laser sur les tissus dentaires», Disponible sur: <http://coursdentaire.blogspot.com>, Consulté le 18 janvier 2022.
- [26] Angel Sanchez-Figueras, Jr, «Clinical utilisation of the kavo DIAGNODENT: Laser fluorescence detection of occlusal caries» .
- [27] Claire Alamarguy, «Le laser et ses utilisations en odontologie conservatrice», 2011, Thèse Chir dent, Nancy, 2011.

- [28] Badran Z, Et Collaborateurs, «Hypersensibilité dentinaire. Nouveau traitement à base d'arginine et de carbonate de calcium», Information Dentaire, vol 18, 2010
- [29] West N, Collaborateurs, «Dentine hypersensitivity and the placebo response. A comparison of the effect of strontium acetate, potassium nitrate and fluoride toothpastes», J of Clin Periodontol, vol (24) : 209-215, 1997.
- [30] «Notions et moyens de collage», Disponible sur : <https://fr.slideshare.net/AbdeldjalilGadra/notions-et-moyens-de-collage> , Consulté en Mars 2022.
- [31] Al Ostad, «Le laser en odontologie», Disponible sur : <http://coursdentaire.blogspot.com/2011/03/le-laser-en-odontologie-conservatrice.html>, Consulté le
- [32] Villa M, Coll, « Photopolymérisation des composites dentaires : quoi de neuf ? », Journal Dentaire du Québec, Vol XXXIX , Avril 2002.
- [33] [Article], Bertrand M.F, Rocca J.P, «Laser Er:YAG et odontologie restauratrice», Médecine buccale, EMC (Elsevier Masson SAS, Paris), Vol (10):28-750, 2008.
- [34] Asnaashari M, Moeini M, «Effectiveness of lasers in the treatment of dentin hypersensitivity», J Lasers Med Sci. 2013;4(1):1-7. Canadian Advisory Board on Dentin Hypersensitivity. Consensus-based recommendations for the diagnosis and management of dentin hypersensitivity, J Can Dent Assoc, Vol (4):221-6, 2003.
- [35] GroupIMD, «Composition et fonctionnement du laser», Disponible sur: <https://www.laserdentaire.net/principes-physiques/#14861182377037d9c6764d74f0a35-4f20>, 1 Janvier 2018.
- [36] Kasparian J, «Le principe du laser», Disponible sur : <https://www.futurasciences.com/sciences/dossiers/physique-lasers-puissance-impulsionsultracourtes764/page/2/>, 1 Janvier 2018.
- [37] Laura Kvot, «L'hyperesthésie dentinaire: mécanismes et traitements», 2012, Thèse Chi dent, 20 Mar 2018.
- [38] Azevedo C, «LES Polymères de collage, réalité chimiques», Vol 16, (4) : 351-364, 2005.
- [39] Chéronk R, Dérange.M, «Colles et ciments s'y retrouver et choisir», Information Dentaire, n°4_24, janvier 2007.
- [40] Degrange L, Pourreyron, «Les systèmes adhésifs amérodentinaire », Société Francophone de Biomatériaux Dentaires, 2010.

- [41] Etienne D , Tolence C, «Le collage auto-adhésif auto-mordançant Solution Universelle ? », Information Dentaire , n°16, 18 Avril 2007.
- [42] Gvastalla O, Viennot S, Allard Y, «Collage en odontologie », 2005.
- [43] Hibst R , Keller U, «Expérimental studies of the application of the Er : YAG Laser on dental hard substances : I. Measurement of the ablation rate», Vol (9) :338_44, Lasers Surg Med, 1989.
- [44] [Article], Mansouri R, «Les lasers Erbium et Nd-YAP en omnipratique quotidienne», Disponible sur : <https://www.aonews-lemag.fr/lasers-erbium-ndyap-reda-mansouriao18/>, Consulté en avril 2022.
- [45] Jean Paul Rocca, «Les lasers en odontologie», Edition Cdp, France, 2008.
- [46] Pandey V, «Lasers in Operative Dentistry and Endodontics», First eBook Edition. 2018.
- [47] [Article], «Laser en dentisterie», Disponible sur : <https://www.dentistmanila.com/fr/lasers-in-dentistry/>, Consulté en Février 2022.
- [48] Gérard Rey, Patrick Missika, «Les lasers et la chirurgie dentaire Innovation et stratégies cliniques», Edition Cdp, France, 2010.
- [49] «Le laser CO2 – Utilisation en stomatologie», Swiss Dental Journal SSO, Vol (1293), 2019.
- [50] [Article], «Comparison Between Er:Yag Laser And Conventional Technique For Root Caries Treatment In Vitro», Disponible sur : <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/9649169/>, Consulté le 18 février 2022.
- [51] [Article], «Les lasers en odontologie», Disponible sur : www.lefildentaire.com, Consulté en janvier 2022.
- [52] Alamarguy C, «Le laser et ses utilisations en Odontologie conservatrice», Sciences Du Vivant, 2011.
- [53] [Article], «Intérêts et indications des lasers en odontologie pédiatrique», Disponible sur : www.lefildentaire.com, Consulté le 12 Mars 2022.
- [54][Article], «Contre-indications d'un traitement laser», Disponible sur: <https://www.nutriesthetic.be/les-contre-indications>, Consulté en Février 2022.
- [55] Nicolas Codin, «Eclairssicement des dents pulpées : indications-protocole et risques», 2010, THÈSE Chir Dent, 2010.
- [56] [Article] , «Indications des lasers en dentisterie esthétique», Disponible sur :
 - www.lefildentaire.com, Consulté en Mars 2022.

- [57] Chantal Naulin-IFI, «Odontologie pédiatrique clinique», Edition Vdo, 2011.
- [58] Delfosse C/T, Trentesqux, «La carie précoce du jeune enfant» , Edition Cdp, 2015.
- [59] Giovanni Olivi, Matteo Olivi, Maria Daniela Genovese, « Les lasers Erbium en odontologie pédiatrique», Décembre 2014.
- [60] Haute Autorité de santé, «Les recommandations pour la pratique. Appréciation du risque carieux et indications du scellement prophylactique des sillons des premières et deuxièmes molaires permanentes chez les sujets de moins de 18 ans».
- [61] [Article], WBRICE SAVARD, ANA-SOFIA CABECADAS COELHO DE SOUSA, «Intérêts et indications des lasers en odontologie pédiatrique», Disponible sur : www.lefildentaire.com, Le 9 Août 2010.
- [62] Pierre Wohlgemuth, «Le coiffage pulpaire : techniques actuelles» , 2018, Thèse Chi dent, 14 Mar 2018.
- [63] [Article], «Protocole d'application du vernis fluoré», Disponible sur :
 - ,<https://www.colgatetalks.com/protocole-de-fluoration>, Juin 2019.
- [64] Mejare I, Lingström P, Peterson LG, Holm AK, Twetman S, Kallestal C, «Cariespreventive effect of fissure sealants: a systematic review», Acta Odontol Sacnd, Vol 61(6):321-30, 2003.
- [65] Muller-Bolla M, Lupi-Pégurier L, «SCELLEMENT PROPHYLACTIQUE DES PUIITS ET FISSURES», Nice, 2014.
- [66] Rudolf Beer, Micheal A, Bauma N.N, Andrej M, Kielbassa, «Atlas de poche d'endodontie», France.
- [67] BERGE M, «Le DIAGNOdent, détecteur de carie à la fluorescence laser : Apport d'un nouveau moyen de détection dans la dans le diagnostic des lésions carieuses», 2001, Thèse Chir dent : Metz, Nancy, 2001.
- [68] Roy E, «Etude de la fluxmétrie laser Doppler dans l'évaluation de la vitalité pulpaire en odontologie», Th.D: Odontologie, Nantes, 2010.
- [69] Rizcalla N, Bortolotto T, Krejci I, «Améliorer l'efficacité d'un laser Er:YAG sur l'émail et la dentine», Quintessence International, Vol(2): 153-160, 2012.
- [70] LONGBOTTOM C, PITTS N.B, LUSSI A, REICH E, «Mesure de validation histologique in vivo à l'aide de l'appareil DIAGNODENT», Une étude à trois centres, Caries Res, Vol(33): 281-330, 1999.
- [71] Richard M, Foxton et Junji Tagami, «Effet de la durée d'impulsion de Er : laser Yag sur la dentine», Ablation Dental Materials Journal, Vol (3): 433-439, 2008.

- [72] Pinelli C, Campos Serram, Monteiro Loffredol, «Validity and reproductibility of laser fluorescence system for detecting the activity of white spot lesions on free smooth srface in vivo», Caries Res, Vol (36): 19-24, 2002.
- [73] Chala S, Bouamara R, Abdallaoui F, «Les méthodes de diagnostic des lésions carieuses initiales», Rev Odont Stomat, Vol (33) : 297-310, 2004.
- [74] Gérard REY « Utilisation des lasers en endodontie », Principes physiques et protocoles opératoire, Edition CdP © Initiatives Santé, 2014.
- [75] Stéphan Simon, Pierre MACHTOU, Wilhelm-joseph PERTOT, « Endodontie», Edition CdP, 2020.
- [76] Stéphan Simon, « L'endodontie de A à Z », 2^{ème} édition, Paris, 2018. ● [77] WWW.dumas.ccsd.cnrs.fr.
 - [78] «Wash The Current Status of Laser Applications », Laser Dentistry vol (17), n°12, Décembre, 1998.
- [79] « Le laser en odontologie pédiatrique», 2014, Thèse Chir Dent, 2014.
- [80] « Matthieu Barenger Laser et odontologie pédiatrique», 2015, Thèse Chir Dent, 2015.
- [81] Clémence Discher, « Le laser en odontologie pédiatrique », Université Toulouse III – PAUL SABATIER, Jeudi 22 mai 2014.
- [82] Muller-Bolla M, Lupi-Pégurier L, Tardieu C, Velly AM, Antomarchi C. Retention of resin-based pit and fissure sealants. Systematic review. Community Dent Oral Epidemiol.
- [83] Cléa Wagner, Jean-François Chouraqui, «L'utilisation du laser Er: YAG dans l'éviction carieuse», magazine, Réalités Cliniques n°1, Le 15 mars 2019.
- [84] «Tests de vitalité pulpaire », Disponible sur : <http://thanatologie.free.fr>, Consulté en Mars 2022.
- [85] Rey G, Missika P, «Les lasers et la chirurgie dentaire: innovations et stratégies cliniques», Edition Cdp,2010.
- [86] Asirifi J.K, Ouali Merabat Y, Benkanoun F, Guellouz N, «Intérêt du Laser en Médecine Dentaire», 2020.
- [87] Kuhn J, «Les indications des lasers en médecine dentaire», UHP-Université Henri Poincaré, 2010.
- [88] «Les lasers en dentisterie», Disponible sur : <https://dr-luc-saladin.chirurgiensdentistes.fr/le-laser-en-dentisterie>, 2021.

- [89] Introduction, historique des lasers et de la production de lumière laser, Journal dentaire britannique, Disponible sur : <https://fr.intermediapub.com/introduction-historylasers-661792>, 2021
- [90] YAG K, «Les lasers en odontologie », 2013.
- [91] «Différence entre la lumière ordinaire et la lumière laser», Disponible sur : <https://fr.sawakinome.com/articles/science/difference-between-ordinary-light-and-laserlight.html>, 2021.
- [92] «Le Principe de Fonctionnement des Lasers», Disponible sur : <HTTPS://WWW.MAKERSLIDEMACHINES.XYZ/FR/2019/07/22/PRINCIPEFONCTIONNEMENT-LASERS/>, 2021.
- [93] Lages KDS, «Toute la lumière sur les lasers», Disponible sur : <HTTP://WWW.INDESCIENCES.COM/TOUTE-LA-LUMIERE-SUR-LES-LASERS/>, 2015.
- [94] «Introduction à la physique quantique», Disponible sur : <https://beatricepresson.weebly.com/16-physique-quantique.html>, Consulté en 2021.
- [95] «Qu'est-ce qu'un rayon laser ? », Disponible sur : <https://www.science.lu/fr/optique/quest-ce-quun-rayon-laser>, Consulté en 2021.
- [96] Yann, «Tout ce qu'il faut savoir sur le laser», 2018, Disponible sur : <https://www.superprof.fr/ressources/scolaire/physique-chimie/terminales/optique/laser.html>, Consulté en 2021.
- [97] «Principes fondamentaux des laser», Disponible sur : <https://www.keyence.fr/ss/products/marketing/lasermarker/knowledge/principle.jsp>, Consulté en 2021.
- [98] L'interaction lasers - tissus vivants;. Consulté: 2021-04-25. http://www3.univlille2.fr/safelase/french/tiss_fr.html
- [99] «Le principe du Laser en dentisterie Consulté», Disponible sur : <https://dr-boucobsamar.cirurgiens-dentistes.fr/content/le-principe-du-laser-en-dentisterie>, Consulté en 2021.
- [100] «Prévention des risques professionnels des rayons laser», Disponible sur : <https://www.officiel-prevention.com/dossier/protections-collectives-organisationergonomie/rayonnements/prevention-des-risques-professionnels-des-rayons-laser>, Consulté en 2021.
- [101] Mordon S, «Les risques des lasers», Dermagazine, Disponible sur : <http://www.dermagazine.fr/les-risques-des-lasers/>, Consulté en 2021. ➤[102] «Lasers - Soins de santé», Consulté en 2021.

- [103] «Utilisation sécuritaire de lasers sur le lieu de travail», Disponible sur :
- <https://www.ontario.ca/fr/page/utilisation-securitaire-de-lasers-sur-le-lieu-de-travail>, Consulté en 2021.
- [104] «Laser: quels risques pour les yeux et la peau? », 2017. Disponible sur : <https://www.uvex-safety.com/blog/fr/laser-risques-yeux-peau/>, Consulté en 2021.
- [105] Lura Kvot, «L'hyperesthésie dentinaire : mécanismes et traitements», 2012, Thèse Chir Dent; Nancy, Metz, 2012.
- [106] Bruno Abehassera, «Intérêt des lasers dans le traitement des hypersensibilités dentinaires», 2018, Thèse Chir Dent ; Paris, 2018.
- [107] Buxeraud J, « Colorations et taches dentaires, comment les atténuer ? », Actual Pharm, Mai 2012.
- [108] Aboudharam G, Fouque F, Pignoly C et coll, «Eclaircissement dentaire», Encycl Méd Chir, Médecine buccale, Vol (10):28-745, Paris, 2008.
- [109] Koen Over Loop, Romain Bum, « Esthetic dentistry with smartbleach », an overview of clinical cases, Journal laser application, Vol (2): 129-134, 2002.
- [110] «Le laser Er :Yag dans les phases de collage et de dépose des brackets lors du traitement orthodontique», Disponible sur : <https://fr.dental-tribune.com/news/le-laser-eryag-dans-les-phases-de-collage-et-de-depose-des-brackets-lors-du-traitement-orthodontique/>

Résumé

Actuellement les chirurgiens-dentistes sont de plus en plus nombreux à s'équiper de lasers. Cet appareil innovant apporte un réel gain en termes de confort de soin. En aidant à 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.

A travers ce mémoire , Vous serez informer sur les applications cliniques des différents types de laser en odontologie conservatrice endodontie et pédiatrique, d'étudier avec discernement toutes les longueurs d'ondes qui nous sont proposées afin de comprendre leur fonctionnement en se basant sur la notion d'interaction lumière –tissu cible, on souligne la détection carieuses, la prévention ,l'éclaircissement dentaire, le traitement des hypersensibilités dentinaire, ainsi qu'à l'évection carieuse et à l'endodontie , néanmoins il est important d'évaluer les réels bénéfices de cet appareil face aux techniques conventionnelles afin d'y recourir de façon optimale.

Le nombre de laser disponible, l'investissement financier ainsi que l'investissement en termes de 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 laser multifonctions et la mise en place de protocole fiables pour que l'accès à tous les praticiens soit plus facile.

Mots clés : laser, facteurs de stress, diagnostic, odontologie conservatrice endodontie et pédiatrique, les longueurs d'ondes, lumière –tissu cible.

Abstract

Currently, more and more dental surgeons are equipped with lasers. This innovative device provides a real gain in terms of care comfort. By helping to eliminate certain stress factors such as anesthesia or the noise of instruments as well as improving the diagnosis and treatment of many pathologies, is the strength point of this new technology.

Through this memoir, you will be informed about the clinical applications of the different types of laser in conservative odontology and pediatric odontology and in endodontics , to study with discernment all the wavelengths which are proposed to us in order to understand their functioning based on the notion of light-target tissue interaction, emphasis is placed on carious detection, prevention, dental whitening, treatment of dentine hypersensitivity, as well as carious evection and endodontics, nevertheless it is important to evaluate the benefits of this device compared to conventional techniques in order to use them in an optimal way.

The number of laser available, the financial investment as well as the investment in terms of training time is a brake on their development. Indeed, you have to adapt to working with a contactless instrument but also to make adjustments according to use. The development of technology will allow the creation of multifunction lasers and the implementation of reliable protocols so that access to all practitioners is easier.

Keywords: laser, stress factors, diagnosis, endodontic and pediatric conservative odontology, the wavelengths, light-target tissue.