



HAL
open science

Un laser pour la ré-intervention en endodontie chirurgicale: lequel? Pourquoi?

Amandine Latil

► **To cite this version:**

Amandine Latil. Un laser pour la ré-intervention en endodontie chirurgicale: lequel? Pourquoi?. Chirurgie. 2019. dumas-02163473

HAL Id: dumas-02163473

<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-02163473v1>

Submitted on 24 Jun 2019

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

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



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

Un laser pour la réintervention en endodontie chirurgicale : Lequel ? Pourquoi ?

THESE

Présentée et publiquement soutenue devant la
Faculté d'Odontologie de Marseille
(Doyen : Monsieur le Professeur Jacques DEJOU)

Aix Marseille Université
(Président : Monsieur le Professeur Yvon BERLAND)

Le : Lundi 20 mai 2019

par

LATIL Amandine

Né(e) le : 21 janvier 1991

à : MARSEILLE

Pour obtenir le Diplôme d'Etat de Docteur en Chirurgie Dentaire

EXAMINATEURS DE LA THESE :

Président : Monsieur le Professeur BUKIET Frédéric

Assesseurs : Monsieur le Docteur POMMEL Ludovic

Monsieur le Docteur GIRAUD Thomas

Monsieur le Docteur CAMPANA Fabrice

Un laser pour la réintervention en endodontie chirurgicale : Lequel ? Pourquoi ?

THESE

Présentée et publiquement soutenue devant la
Faculté d'Odontologie de Marseille
(Doyen : Monsieur le Professeur Jacques DEJOU)

Aix Marseille Université
(Président : Monsieur le Professeur Yvon BERLAND)

Le : Lundi 20 mai 2019

par

LATIL Amandine
Né(e) le : 21 janvier 1991
à : MARSEILLE

Pour obtenir le Diplôme d'Etat de Docteur en Chirurgie Dentaire

EXAMINATEURS DE LA THESE :

Président : Monsieur le Professeur BUKIET Frédéric

Assesseurs : Monsieur le Docteur POMMEL Ludovic

Monsieur le Docteur GIRAUD Thomas

Monsieur le Docteur CAMPANA Fabrice

ADMINISTRATION

Mise à jour : février 2019

DOYENS HONORAIRES	Professeur	R. SANGIUOLO†
	Professeur	H. ZATTARA
	Professeur	A. SALVADORI
DOYEN	Professeur	J. DEJOU
VICE – DOYEN CHARGE DES ENSEIGNEMENTS DIRECTEUR DU DEPARTEMENT DE FORMATION INITIALE	Professeur	J.D. ORTHLIEB
VICE – DOYEN CHARGE DE LA RECHERCHE DIRECTEUR DU DEPARTEMENT DE LA RECHERCHE	Professeur	C. TARDIEU
DIRECTEUR DU DEPARTEMENT DE FORMATION CONTINUE	Professeur	V. MONNET-CORTI
CHARGES DE MISSION RELATIONS INTERNATIONALES	Professeur	A. RASKIN
RESPONSABLE DES SERVICES ADMINISTRATIFS ET TECHNIQUES	Madame	K. LEONI

LISTE DES ENSEIGNANTS

56^{ème} SECTION : DEVELOPPEMENT, CROISSANCE ET PREVENTION

56.01 ODONTOLOGIE PÉDIATRIQUE ET ORTHOPÉDIE DENTO-FACIALE

ODONTOLOGIE PÉDIATRIQUE

<i>Professeur</i>	C. TARDIEU *	<i>Assistant</i>	H. AL AZAWI
<i>Maître de Conférences</i>	D. BANDON	<i>Assistant</i>	E. CASAZZA
<i>Maître de Conférences</i>	A. CAMOIN		
<i>Maître de Conférences</i>	A. CHAFAIE		
<i>Maître de Conférences associé</i>	I. BLANCHET		

ORTHOPÉDIE DENTO-FACIALE

<i>Maître de Conférences</i>	M. LE GALL *	<i>Assistant</i>	M. BARBERO
<i>Maître de Conférences</i>	J. BOHAR	<i>Assistant</i>	I. CAMBON
<i>Maître de Conférences</i>	J. GAUBERT	<i>Assistant</i>	D. DORISON-BACHET
<i>Maître de Conférences</i>	C. PHILIP-ALLIEZ	<i>Assistant</i>	L. LEVY
		<i>Assistant</i>	R. MATTERA
		<i>Assistant</i>	M. VINAÏ

56.02 PRÉVENTION - ÉPIDÉMIOLOGIE - ÉCONOMIE DE LA SANTÉ - ODONTOLOGIE LÉGALE

<i>Professeur</i>	B. FOTI *	<i>Assistant</i>	T. DRAUSSIN
<i>Professeur</i>	D. TARDIVO		

57^{ème} SECTION :

CHIRURGIE ORALE ; PARODONTOLOGIE ; BIOLOGIE ORALE

57.01 CHIRURGIE ORALE ; PARODONTOLOGIE ; BIOLOGIE ORALE

CHIRURGIE ORALE

<i>Maître de Conférences</i>	P. ROCHE-POGGI*	<i>Assistant</i>	R. CASTRO
<i>Maître de Conférences</i>	J. H. CATHERINE	<i>Assistant</i>	M. HADJ-SAÏD
<i>Maître de Conférences</i>	D. BELLONI	<i>Assistant</i>	Y. ROMANET
<i>Maître de Conférences</i>	F. CAMPANA		
<i>Maître de Conférences associé</i>	R. LAN		

PARODONTOLOGIE

<i>Professeur</i>	V. MONNET-CORTI *	<i>Assistant</i>	A. BOYER
		<i>Assistant</i>	C. DUMAS
		<i>Assistant</i>	S. MELLOUL
		<i>Assistant</i>	L. THOLOZAN

BIOLOGIE ORALE (Responsable Pr. Imad ABOUT)

<i>Maître de Conférences</i>	P. LAURENT	<i>Assistant</i>	C. LE FOURNIS
------------------------------	------------	------------------	---------------

58^{ème} SECTION :

REHABILITATION ORALE

58.01 DENTISTERIE RESTAURATRICE, ENDODONTIE, PROTHESES, FONCTION-DYSFONTION, IMAGERIE, BIOMATÉRIAUX

DENTISTERIE RESTAURATRICE, ENDODONTIE

<i>Professeur</i>	F. BUKIET *	<i>Assistant</i>	B. BALLESTER
<i>Professeur</i>	H. TASSERY	<i>Assistant</i>	H. DE BELENET
<i>Maître de Conférences</i>	G. ABOUDHARAM	<i>Assistant</i>	A. DEVICTOR
<i>Maître de Conférences</i>	M. GUIVARC'H	<i>Assistant</i>	S. MANSOUR
<i>Maître de Conférences</i>	C. PIGNOLY	<i>Assistant</i>	L. MICHEL-ROLLET
<i>Maître de Conférences</i>	L. POMMEL	<i>Assistant</i>	V. PILLIOL
<i>Maître de Conférences</i>	E. TERRER		

PROTHÈSE

<i>Professeur</i>	M. RUQUET *	<i>Assistant</i>	N. CHAUDESAYGUES
<i>Maître de Conférences</i>	G. LABORDE	<i>Assistant</i>	M. DODDS
<i>Maître de Conférences</i>	M. LAURENT	<i>Assistant</i>	C. MANSUY-DALMAS
<i>Maître de Conférences</i>	G. MAILLE	<i>Assistant</i>	C. MENSE
<i>Maître de Conférences</i>	B.E. PRECKEL	<i>Assistant</i>	A. REPETTO
<i>Maître de Conférences</i>	G. STEPHAN	<i>Assistant</i>	A. SETTE
<i>Maître de Conférences</i>	P. TAVITIAN	<i>Assistant</i>	F. SILVESTRI
<i>Maître de Conférences</i>	A. TOSELLO		

FONCTION-DYSFONTION, IMAGERIE, BIOMATÉRIAUX

<i>Professeur</i>	J. DEJOU	<i>Assistant</i>	M. JEANY
<i>Professeur</i>	J. D. ORTHLIEB *		
<i>Professeur</i>	A. RASKIN		
<i>Maître de Conférences</i>	T. GIRAUD		
<i>Maître de Conférences</i>	A. GIRAUDEAU		
<i>Maître de Conférences</i>	B. JACQUOT		
<i>Maître de Conférences</i>	J. P. RÉ		

65^{ème} SECTION : BIOLOGIE CELLULAIRE

PROFESSEUR

I. ABOUT

RESPONSABLE PROFIL BIOLOGIE ORALE

A Monsieur le Professeur Frédéric BUKIET

Merci d'avoir accepté de présider cette thèse. Merci pour l'enseignement passionné et rigoureux que vous nous avez dispensé tout au long de ces cinq années. Vous avez toujours su m'apporter l'aide et les réponses dont j'avais besoin et je vous en remercie. J'ai eu la chance de vous assister dans votre travail et cela m'a beaucoup apporté.

Un grand merci.

A Monsieur le Docteur Ludovic POMMEL

Merci d'avoir accepté de diriger cette thèse. Je vous remercie pour votre sympathie et la qualité de votre enseignement tout au long de mon apprentissage clinique. Toujours juste, à l'écoute et rassurant, vous avez su au fil de ces années apaiser mes craintes en endodontie et me donner confiance en moi. Votre pratique de la dentisterie est un exemple pour moi.

Enfin merci de m'avoir guidé tout au long de ce travail, vos conseils m'ont été précieux.

Merci pour tout.

A Monsieur le Docteur Thomas GIRAUD

Merci d'avoir accepté de juger ce travail. Merci pour votre sympathie, la qualité de votre enseignement et votre bienveillance au cours de mes années au centre. Merci pour votre patience et vos conseils en endodontie qui m'ont permis de m'améliorer et de me sentir plus sereine dans ce domaine.

Merci pour ces années.

A Monsieur le Docteur Fabrice CAMPANA

Merci d'avoir accepté de participer à cette thèse. Je regrette de ne pas avoir pu davantage travailler à vos côtés durant mes années au pavillon, cependant les quelques chirurgies que nous avons partagées se sont toujours déroulées dans la bonne humeur et je vous en remercie. Il est agréable pour un étudiant de travailler avec des personnes telles que vous, toujours accessible et enthousiaste.

Un grand merci.

Table des matières	
Introduction.....	1
1 Le Laser	2
1.1 Principe de fonctionnement	2
1.1.1 Emission stimulée, cavité résonnante et pompage.....	2
1.1.2 Principes de fonctionnement des lasers utilisés en chirurgie dentaire	3
1.1.3 Caractéristiques Générales des lasers.....	3
1.1.4 Propriétés de la lumière laser	5
1.2 Les différents types de laser utilisés en odontologie	5
1.2.1 Laser hélium-néon.....	5
1.2.2 Laser diodes ou à semi-conducteurs	6
1.2.3 Laser Nd:YAP.....	6
1.2.4 Laser Nd:YAG	7
1.2.5 Laser Er:YAG	7
1.2.6 Laser CO2	8
1.3 Effets principalement recherchés des lasers	9
2 L'endodontie chirurgicale.....	10
2.1 Indications.....	10
2.1.1 Présence d'une lésion suite à un traitement ou à un retraitement satisfaisant	11
2.1.2 Présence d'une lésion suite à un traitement ou à un retraitement insatisfaisant	11
2.1.3 Échec d'une précédente chirurgie.....	12
2.1.4 Traitement de première intention uniquement par voie chirurgicale	12
2.2 Contre-indications.....	13
2.2.1 Contre-indications médicales	13
2.2.2 Contre-indications locales	14
2.2.3 Contre-indications parodontales.....	15
2.3 Temps opératoires.....	15
3 Apport du laser en endodontie chirurgicale	17
3.1 Evolution des techniques de chirurgie endodontique	17
3.2 Tracé d'incision	18
3.2.1 Etudes <i>in vitro</i>	19
3.2.2 Etudes cliniques	20
3.3 Ostéotomie.....	21
3.4 Curetage	22
3.5 Résection Apicale	23
3.5.1 Vitrification dentinaire	23
3.5.1.1 Etudes <i>in vitro</i>	23
3.5.1.2 Limites des études <i>in vitro</i>	25
3.5.1.3 Vittrification seule, sans obturation à rétro ?	25
3.5.1.4 Applications futures	26
3.5.2 Durée.....	27
3.6 Hémostase.....	27
3.7 Préparation apicale.....	28
3.8 Période Post opératoire	28
4 Low Level Laser Therapy (LLLT)	29
4.1 Définition	29
4.2 Etudes <i>in vitro</i> sur les tissus mous	30
4.3 Etudes <i>in vitro</i> sur les tissus durs	30
4.4 Etude clinique	31
5 Discussion	33
Conclusion	36
Bibliographie.....	A

Introduction

Depuis sa création en 1960 par Theodore Maiman, le laser (Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation (1)) a trouvé de nombreuses applications dans le domaine militaire, l'industrie, le transfert d'information, mais également le domaine médical.

L'odontologie a toujours évolué de façon importante sur le plan technologique et s'est donc naturellement intéressée à ce nouveau dispositif. Les premiers lasers furent utilisés en chirurgie orale dans les années 1970. Les indications sont restées pendant longtemps restreintes et l'investissement financier demandé était souvent trop conséquent pour peu de bénéfices.

En 40 ans, d'importantes évolutions techniques ont permis la multiplication des applications possibles au sein des cabinets d'omni-pratique dentaire (1).

Les traitements assistés par laser sont extrêmement appréciés par une grande majorité de patients pour lesquels le mot laser évoque un traitement moderne, voire d'avant garde, peu douloureux et très efficace.

Nous allons décrire ci-dessous les différents types de laser, leurs utilités dans le domaine de l'endodontie et plus précisément de l'endodontie chirurgicale.

1 Le Laser

1.1 Principe de fonctionnement

1.1.1 Emission stimulée, cavité résonnante et pompage

Comme l'indique la définition de l'acronyme LASER, le processus d'émission sera stimulé (2). Ce processus, décrit par Albert Einstein en 1917, montre qu'un atome excité par une première absorption d'énergie, peut absorber une énergie supplémentaire. Il va alors passer à un niveau d'énergie très élevée mais très instable et va donc restituer toute l'énergie absorbée en retournant à son état d'énergie initial. Ce transfert d'énergie est quantifié par la plus petite quantité d'énergie indivisible : le photon. Le photon est une particule sans masse mais dont l'énergie peut être très importante.

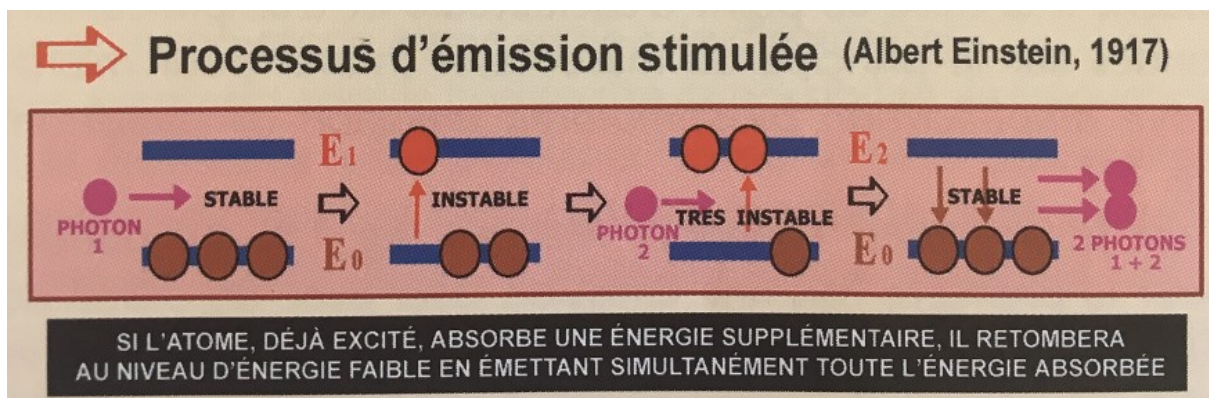


Fig 1 : schéma du processus d'émission stimulée (2)

L'émission de photon ne permet pas à elle seule de créer une réelle émission de rayon laser, il faudra y associer une cavité résonnante (2) constituée de deux surfaces réfléchissantes qui permettent à la lumière d'effectuer de multiples allers retours à l'intérieur de la cavité.

Afin d'entretenir l'émission de lumière laser, il faudra également que le nombre des atomes à l'état d'énergie élevée soit plus important que celui des atomes à l'état d'énergie faible à l'intérieur du milieu actif émettant la lumière (inversion de population). Cela nécessite un apport constant d'énergie pour stimuler le milieu actif : il s'agit du pompage.

1.1.2 Principes de fonctionnement des lasers utilisés en odontologie

Le milieu actif du laser doit être excité par la source de pompage qui, elle-même, est alimentée par une source d'énergie extérieure (l'électricité). Le milieu actif peut être liquide, solide, gazeux, ou encore à semi conducteur (2). Son excitation produit l'inversion de population qui engendre l'émission stimulée de photons à l'intérieur de la cavité résonnante. Les photons entre les deux miroirs de la cavité résonnante font de nombreux allers retours, ce qui amplifie l'énergie lumineuse de la source laser et un miroir avant laisse sortir les photons de façon strictement parallèle. Ils sont dirigés sur une lentille focalisante afin d'être concentrés à l'intérieur d'un système de transmission et peuvent alors être appliqués grâce à des fibres de différents diamètres, sur les tissus cibles.

Le schéma suivant résume ce fonctionnement :

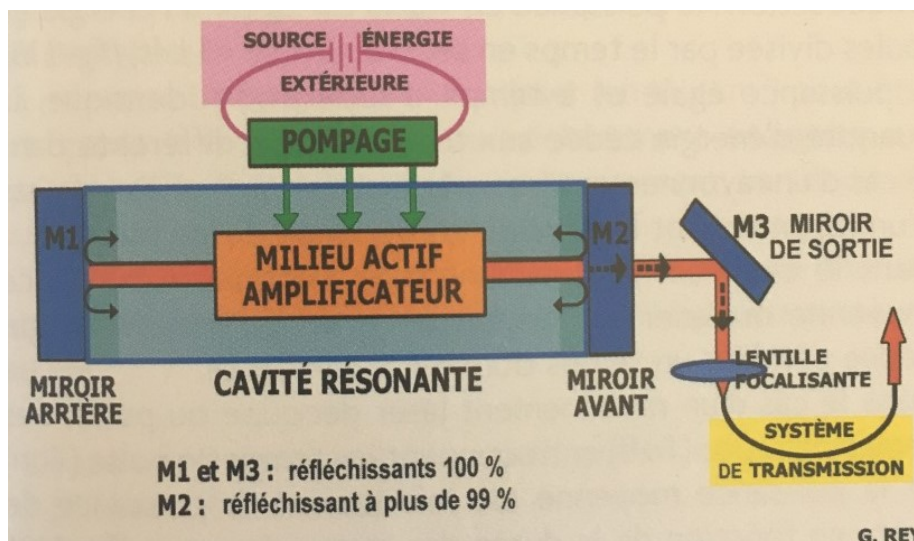


Fig 2 : Schéma d'une source de rayonnement laser (2)

1.1.3 Caractéristiques générales des lasers

Le faisceau laser à la sortie du système de transmission peut apparaître invisible ou visible. Dans ce cas il nous apparaît unidirectionnel avec une seule couleur et très concentré. En général le faisceau efficace des lasers médicaux est invisible et le rayonnement visible est en réalité un second laser de visée qui permet de diriger le faisceau vers la cible.

Cette lumière laser que nous pouvons parfois apercevoir parfaitement rectiligne se déplace en réalité à la manière d'une onde : les photons suivent une sinusoïde extrêmement précise qui va différencier les résultats obtenus avec chaque type de laser.

La distance entre les deux crêtes s'appelle la longueur d'onde et est calculée en micromètre (10^{-6}m) ou nanomètre (10^{-9}m).

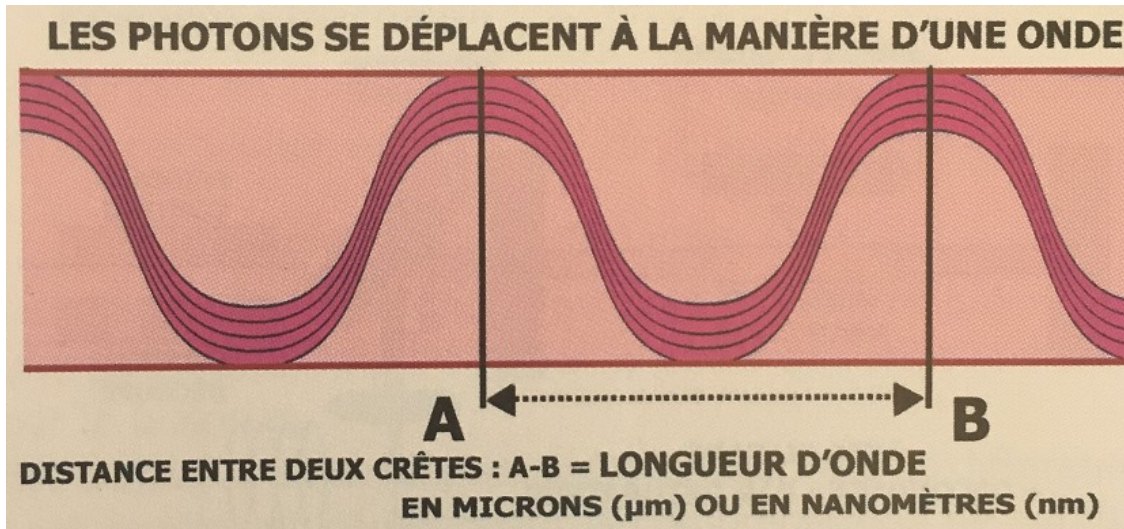


Fig 3 : Onde laser et longueur d'onde (2)

La puissance émise par un laser peut être constante si le laser émet en continu ; elle varie dans le temps s'il émet en mode pulsé. Elle peut se mesurer en Watts (1) :

$$\text{Puissance (W)} = \text{taux d'Énergie (J)} / \text{Temps (s)}$$

Son énergie se mesure en Joules et peut se calculer des deux façons suivantes (3) :

$$\text{E (en joules)} = \text{H} \times \text{Fréquence (en Hertz)}$$

avec H (la Constante de Planck) = $6,626068 \times 10^{-34} \text{ J} \times \text{s}$

$$\text{E (J)} = \text{Puissance (W)} \times \text{Temps (s)}$$

Sa fluence (ou irradiance) correspond à l'énergie délivrée par unité d'aire, elle se mesure en Joules par cm^2 et se calcule de telle façon (1) :

$$\text{Fluence (J/cm}^2\text{)} = (\text{puissance (W)} / \text{surface impact (cm}^2\text{)}) \times \text{temps (s)}$$

- Chaque laser possède donc sa propre :
- longueur d'onde
 - puissance
 - énergie
 - énergie par cm^2
 - durée d'impulsion ou pulse (de 10^{-3} à 10^{-15} secondes) si l'émission est discontinue

1.1.4 Propriétés de la lumière laser

La lumière laser est une forme d'énergie très intéressante (3) :

- Elle est monochromatique : en général, les lasers émettent sur une seule longueur d'onde, ce qui est très différent de la lumière solaire qui émet un spectre très large.
- Sa divergence est très faible alors que la lumière solaire ou artificielle émet dans toutes les directions.
- Elle possède une cohérence spatiale, c'est la propriété du laser : tous les points rayonnants élémentaires de sa surface émissive émettent en phase, en raison du principe de l'émission stimulée associée à la présence d'une cavité résonnante.
- Elle possède également une cohérence temporelle : pour une source classique, la cohérence est d'environ 1mm pendant lesquels les photons peuvent être en phase. Dans le cas d'un laser, la cohérence peut atteindre des centaines de centimètres, voire des centaines de mètres.

De par ces caractéristiques, la lumière laser peut engendrer des puissances énormes de l'ordre de plusieurs MégaWatts sur une faible surface.

2.2 Les différents types de laser utilisés en odontologie (1)

1..2.1 Laser hélium-néon

Il s'agit d'un des premiers lasers créé (1960). Leur utilisation dans le domaine de la dentisterie a débuté dès les années 1980. Il s'agit d'un laser à gaz mélangeant de l'hélium et du néon, enfermé à basse pression dans une ampoule de verre et excité par une décharge électrique

agissant sur un gaz intermédiaire. Ils sont de petite taille et sont utilisés à faible puissance : de 1 à 100 mW. Leur longueur d'onde est de 633 nm. Ils peuvent émettre dans la lumière visible rouge, mais aussi dans le vert ou dans le jaune grâce à des adaptations de la cavité optique. Aujourd'hui d'autres lasers ayant des longueurs d'onde plus élevées lui sont préférés. Les lasers hélium-néon sont surtout utilisés en tant que laser de visée dans les lasers médicaux dont le rayonnement est invisible.

1.2.2 Laser diodes ou à semi-conducteurs

Ils émettent dans le proche infrarouge (entre 800 et 1000nm de longueur d'onde) et sont constitués de deux semi-conducteurs de nature différente. Ces lasers sont fabriqués en grande série et miniaturisés à l'extrême. Une « barrette » de diode laser est un ensemble d'éléments semi-conducteurs qui mesure 10mm ou moins. En empilant ces barrettes on pourra obtenir des puissances très élevées (1000W ou plus). Le rayonnement est propagé par une fibre optique associée ou non à des tips (embouts) interchangeable et stérilisables à l'autoclave après utilisation, de différents diamètres (200micromètres pour l'endodontie, 300micromètres pour la chirurgie, 400micromètres pour la parodontologie).

Ce laser est utilisé en endodontie pour son effet photodynamique décontaminant. L'élimination de tout foyer infectieux et la prévention des récurrences est possible par une action mécanique grâce aux instruments endodontiques habituels, ainsi qu'une action chimique par l'utilisation d'antiseptiques. L'action conjuguée des antiseptiques et du rayonnement laser diode permet une élimination complète des bactéries pathogènes et de leurs toxines (2). L'irradiation des canalicules les plus inaccessibles serait possible par l'action des rayonnements qui pénètrent les tissus durs dentaires.

1.2.3 Laser Nd:YAP

Il s'agit d'un laser solide utilisant un cristal yttrium aluminium perovskite, dopé au néodyme. Sa longueur d'onde est de 1340nm, son absorption est plus importante dans les tissus mous que les deux lasers précédemment cités et la pénétration de son rayonnement est inférieure à 1mm. Il est réglable sur trois fréquences, avec trois réglages par fréquence et il est muni de deux fibres (320 et 200 micromètres), ce qui en fait un instrument d'omnipratique, aussi bien adapté aux traitements parodontaux qu'aux traitements endodontiques sur canaux très fins (4).

Ce laser présente de nombreux avantages au cours des traitements endodontiques (2) : il possède un effet de :

- vaporisation entraînant une éviction gingivale et pulpaire, un assèchement des canaux
- coagulation pulpaire
- décontamination
- éclaircissement sélectif du plancher caméral et des colorations d'origine endodontique, mise en évidence des entrées canalaires
- destruction de calcifications et obstacles
- cathétérisme
- remaniement de la surface dentinaire par fonte superficielle (vitrification dentinaire)
- stimulation de la cicatrisation

1.2.4 Laser Nd:YAG

Il est composé d'un barreau de cristal de grenat yttrium aluminium garnet également dopé au néodyme. Celui-ci est très utilisé en médecine depuis les années 1970. Il émet dans l'infrarouge (1064nm). Son système d'émission se fait par fibres optiques montées sur pièce à main. Les fibres optiques sont de trois diamètres différents : 200, 300 et 600micromètres. Son rayonnement, peu absorbé par l'eau est, avec les lasers diodes, un des plus pénétrants dans les tissus mous, ce qui lui permet une action hémostatique sur les vaisseaux sanguins de faible diamètre et une action décontaminante en profondeur (au-delà de 10mm). Il combine des effets antibactériens et mécaniques. Ce laser peut être utilisé en endodontie, après la mise en forme canalair pour son effet bactéricide et pour sa capacité à évacuer la boue dentinaire (5). C'est une option attractive en endodontie bien que moins efficace que le Nd:YAP.

1.2.5 Laser Er:YAG

Dans ce cas, le cristal d'yttrium aluminium garnet est dopé à l'erbium. La longueur d'onde de son rayonnement est élevée (2940nm) : elle se trouve à un pic maximum d'absorption de l'eau et de l'hydroxyapatite. L'émission du rayonnement se fait par des impulsions discontinues (pulses) très courtes entre 150 et 240 microsecondes entre coupées de période de repos ; l'énergie et la fréquence de chaque impulsion peuvent être réglées par l'opérateur. Son rayonnement a une pénétration très faible (quelques microns), ce qui lui permet d'éviter tout échauffement des tissus périphériques. Son absorption tissulaire immédiate, elle, est très élevée. Le système de transmission se fait par une fibre optique souple montée sur pièce à

main. Il fonctionne par le principe de la vaporisation explosive due à l'absorption de l'énergie par les molécules d'eau, qui en s'évaporant, provoquent des micro-explosions. C'est l'effet photo-ablatif. Son pouvoir de pénétration cellulaire est faible (entre 2 et 15 microns) (4). Lors de la chirurgie, un spray d'eau stérile accompagne toujours ce rayonnement extrêmement énergisant, de ce fait il n'y a aucune carbonisation du tissu cible, aucun effet thermique à distance, donc aucun risque de nécrose tissulaire.

En endodontie, ce laser ne présente pas la meilleure longueur d'onde pour décontaminer un delta apical inaccessible ou une lésion osseuse loin du réseau canalaire, de par sa pénétration de seulement quelques microns (2). Ce rayonnement extrêmement énergisant est absorbé très rapidement et peut créer des cratères sur de la dentine intracanaire, voire des puits dentinaires de 1mm ou plus, pouvant mener à une perforation et un faux canal. Si utilisé lors de traitements endodontiques, il est conseillé de régler ce laser sur une énergie par cm² faible afin de minimiser ce risque.

En revanche, son effet photomécanique améliore la décontamination, l'élimination de la boue dentinaire et l'ouverture des canalicules dentinaires. Enfin il possède un effet de décontamination physique en présence d'EDTA : il provoque une poussée des antiseptiques dans le réseau secondaire puis une aspiration des débris décollés de la paroi dentinaire vers l'ouverture camérale.

En comparaison aux lasers précédemment décrits, Er:YAG trouve cependant son utilité maximale dans le domaine des résections apicales comme nous le décrirons ci-dessous (3). Il sera très efficace sur les tissus mous (l'ablation étant très localisée, nous obtiendrons des incisions extrêmement fines), les tissus durs (chirurgie osseuse) et permettra l'élimination des tissus dentinaires cariés.

1.2.6 Laser CO₂

Il s'agit du plus important laser à gaz. Le milieu actif de ce laser est le dioxyde de carbone mais le milieu amplificateur est en réalité constitué d'un mélange de dioxyde de carbone, d'azote, d'hydrogène, de xénon et d'hélium. Sa longueur d'onde peut varier en fonction des isotopes du carbone et de l'oxygène mais reste très élevée (de 9 300nm à 10 600nm). Il se place dans l'infrarouge le plus lointain. C'est un laser de choix pour la chirurgie des tissus mous à visée esthétique ou fonctionnelle (papilles gingivales, éviction du capuchon muqueux des dents de sagesse, élongation coronaire par gingivectomie) d'où son surnom de « bistouri optique ». Les effets sur les tissus traités sont surtout fonction de la proportion d'eau intra tissulaire. Ce laser permet des traitements sans contact, hémostatiques, aseptiques, avec un effet de carbonisation sur les tissus environnants minime.

En endodontie conventionnelle, les lasers joueront majoritairement un rôle après la préparation canalaire conventionnelle à l'aide d'instruments rotatifs, la désinfection et le

séchage à l'aide de pointes de papier (6). Le diamètre et la flexibilité des fibres utilisées devront permettre une action jusqu'au tiers apical (7).

Les lasers répondant le mieux à un exercice d'omnipratique sont les lasers Nd:YAP et Er:YAG (3).

1.3 Effets principalement recherchés des lasers

L'absorption d'un rayonnement laser par les tissus cibles peut provoquer cinq différents effets qui dépendront de la qualité du rayonnement, de l'interaction de celui-ci avec la cible et des paramètres de réglages de l'appareil choisi (2). Ces cinq effets sont (1) :

- Effet photo ablatif : ou effet « bistouri » : cet effet varie en fonction de l'absorption dans l'eau de la longueur d'onde. Les lasers CO₂ et Er:YAG ont d'excellents effets photo ablatif.

- Effet photo-thermique : cette action produit à son tour trois effets intéressants :

- * la vasodilatation : en dessous de 50°C : vasodilatation entraînant un saignement des alvéoles lorsque l'on souhaite un apport de sang et de facteurs de croissance naturels.

- * la coagulation : échauffement des tissus entre 55 et 70°C : la protéine plasmatique dénaturée entraînant une viscosité du sang.

- * la carbonisation : entre 75 et 85°C : entraîne une rétraction tissulaire, une déshydratation et donc la mort des cellules.

- Effet de photothérapie dynamique : décontamination des tissus infectés gingivaux, dentaires ou osseux.

- Effet de photo stimulation : pour la biostimulation, la cicatrisation, la réduction de l'inflammation et éventuellement pour l'éclaircissement dentaire.

- Effet mécanique : ne s'observe que pour les lasers produisant des impulsions extrêmement brèves et ayant une puissance élevée.

Les lasers que nous avons énumérés ci-dessus possèdent tous, à différent degrés, ces effets.

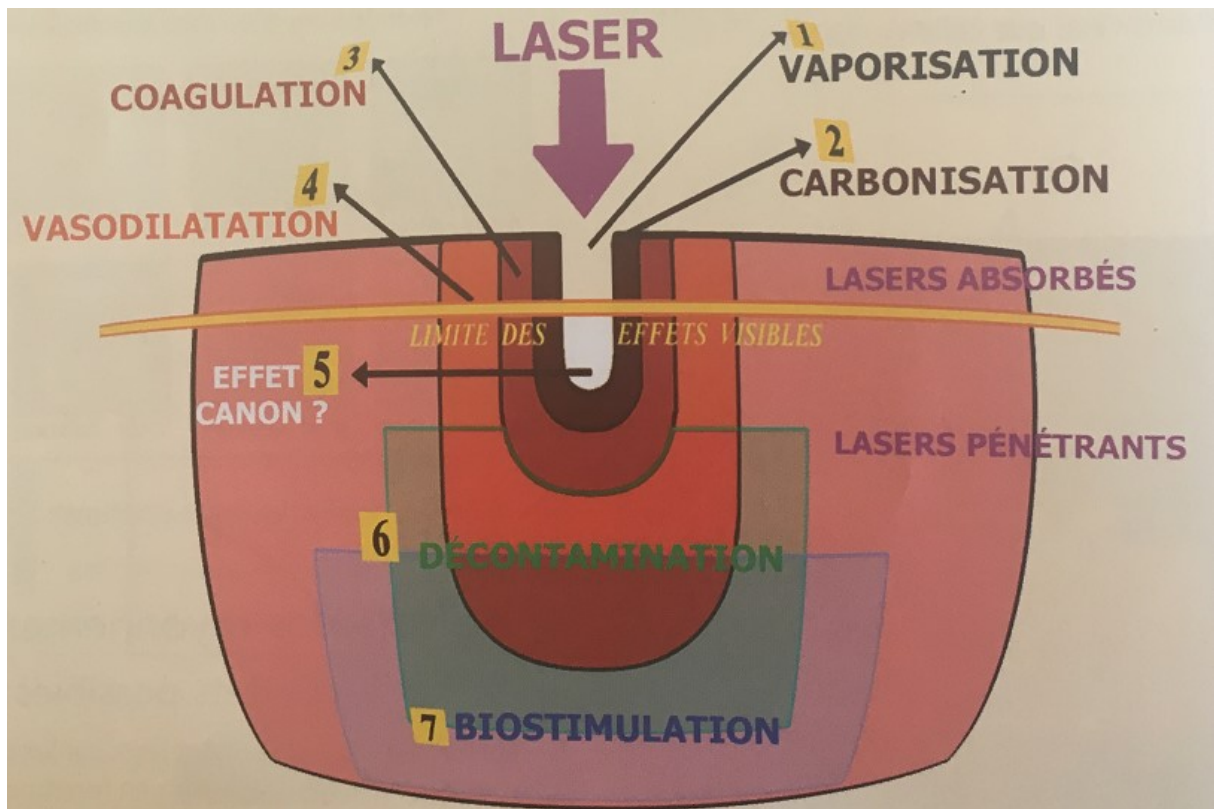


Fig 4 : Schéma simplifié des différents effets des rayonnements lasers (2)

2 L'endodontie chirurgicale

Face à la découverte d'une lésion d'origine endodontique, l'examen clinique, radiologique et l'anamnèse apporteront des informations essentielles à la décision du plan de traitement. Plusieurs points sont décisifs et nous guideront vers le choix d'un traitement rétrograde (8). Nous décrivons ci dessous les indications et contre indications de la chirurgie endodontique conventionnelle, non assistée du laser.

2.1 Indications

Face à la découverte d'une lésion d'origine endodontique, l'examen clinique, radiologique et l'anamnèse apporteront des informations essentielles à la décision du plan de traitement. Plusieurs points sont décisifs et nous guideront vers le choix d'un traitement rétrograde (8).

2.1.1 Présence ou persistance d'une lésion suite à un traitement ou à un retraitement satisfaisant

Un traitement est considéré comme radiologiquement satisfaisant si tous les canaux sont obturés jusqu'à l'extrémité canalaire. Un examen Cone Beam peut s'avérer utile pour découvrir des canaux difficilement visibles sur des radiographies rétroalévolaires. Bien que l'obturation paraisse être dense, homogène, homothétique et se terminer dans la zone apicale, des images apicales peuvent être mises en évidence et sont dues :

- aux limites du traitement endodontique conventionnel : zones canalaires parfois inaccessibles.
- Aux infections extra radiculaires : les bactéries se développent à la surface apicale externe et sont donc hors d'atteinte des traitements orthogrades.
- À des lésions kystiques : dans le cas d'un kyste vrai, sans communication avec le canal

2.1.2 Présence d'une lésion suite à un traitement ou à un retraitement insatisfaisant.

Des erreurs de procédure opérateur-dépendant peuvent rendre impossible l'accès à la totalité du système canalaire. Différents cas de figure existent (8) :

- Traitements ou retraitements orthogrades impossibles : lié à la complexité de l'anatomie canalaire (canaux en C), racine très courbée.

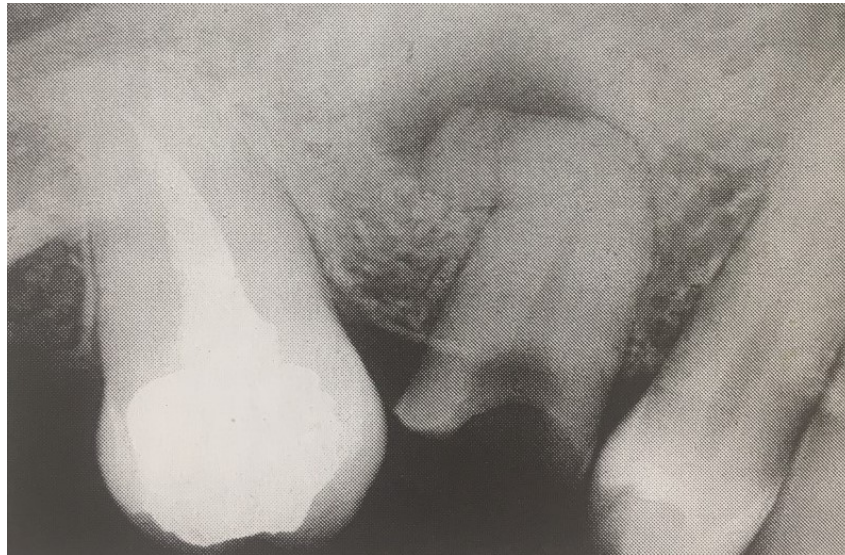


Fig 5 : double courbure sur 15, racine en baïonnette difficilement accessible par un traitement orthograde (9)

- Retraitement conventionnel aléatoire : présence d'un début de fausse route, voire d'une perforation ; instrument fracturé avec impossibilité de le retirer ou de passer à côté ; butées.

- Accès au canal difficile : démontage très mutilant des reconstructions prothétiques pouvant compromettre la conservabilité de la dent ; présence de bridge de grande étendue, prothèses bien adaptées et esthétiquement satisfaisantes, reconstitution corono-radicaire satisfaisante.

2.1.3 Échec d'une précédente chirurgie (8)

- chirurgie incomplète
- chirurgie endodontique sans guérison

2.1.4 Traitement de première intention uniquement par voie chirurgicale (8)

- canaux minéralisés : après un traumatisme, la pulpe restée vivante peut se minéraliser et se nécroser laissant apparaître une lésion (souvent de manière corono-apicale).
- dens in dente : l'approche chirurgicale sera quelques fois la plus simple.



Fig 6 : dens in dente sur 11 empêchant une obturation correcte (9)

- dents immatures nécrosées ayant atteint au moins deux tiers de leur longueur définitive.

2.2 Contre indications

2.2.1 Contre indications médicales

- Contre-indications liées à un risque infectieux : Patient à risque d'endocardite infectieuse : c'est une contre-indication absolue (8) ; patients immuno-déprimés (VIH : antibioprophylaxie si le taux de CD4 est inférieur à 500 ; antibioprophylaxie si diabète non équilibré ou bien reporter le soin si il n'y a pas d'urgence ; patients sous anti TNF : arrêt 15 jours avant l'intervention et antibioprophylaxie recommandée).

- Contre indications liées à un risque hémorragique :

* absolues en cabinet dentaire : Les patients présentant une pathologie cardiovasculaire non stabilisée, des anomalies de l'hémostase, un traitement à base d'anti vitamine K – agents anti plaquettaires devront être traités en milieu hospitalier et nécessitent une concertation pluridisciplinaire.

* relatives en cabinet dentaire : traitement par AVK : il faudra connaître la valeur de l'INR 24h avant l'intervention. L'INR doit être stable et inférieur à 3 ; traitement par agents anti plaquettaires : il faudra utiliser une technique d'hémostase rigoureuse afin de limiter le saignement. Il est important de souligner que dans le cas d'une chirurgie endodontique, le saignement n'est pas un risque chirurgical au sens propre, mais va poser un problème de visibilité et d'étanchéité au cours de l'obturation à rétro.

- Contre-indications liées à un risque d'ostéonécrose (8) : Chez les patients ayant subi une radiothérapie dans la zone où se situe la dent à traiter, la chirurgie endodontique est contre indiquée si la dose moyenne reçue est supérieure à 35Gy. Chez les patients recevant ou ayant reçu un traitement par biphosphonates, différents cas existent :

* biphosphonates par voie intraveineuse ou médicaments anti-angiogéniques dans le cadre de la prise en charge d'un cancer : chirurgie contre indiquée.

* biphosphonates par voie orale depuis plus de 4ans pour le traitement de l'ostéoporose : en accord avec le médecin traitant : l'arrêt des biphosphonates deux mois avant la chirurgie est recommandé.

* biphosphonates par voie orale depuis moins de 4ans pour le traitement de l'ostéoporose : en accord avec le médecin traitant, il est recommandé d'arrêter le traitement deux mois avant l'intervention.

- Contre indications liées à un risque cardiovasculaire : la chirurgie est contre indiquée si la pression artérielle systolique est supérieure à 150mmHg et la pression artérielle diastolique est supérieure à 1200mmHg.

2. 2. 2 Contre-indications locales (8)

- épaisseur osseuse trop importante

- proximité du foramen mentonnier ou du canal mandibulaire : contre-indication absolue.

- racine palatine de la seconde molaire maxillaire : l'artère grande palatine sort du canal palatin à proximité de l'apex de la deuxième molaire. Sa section entraîne un risque hémorragique important.

- Limitation d'accès aux secteurs postérieurs : la capacité à écarter les tissus mous est essentielle.

2. 2. 3 Contre indications parodontales (8)

Les dents mobiles ou bien présentant un support parodontal faible représentent une contre-indication à la chirurgie endodontique. Un rapport couronne/racine favorable doit être préservé. La présence d'une inflammation parodontale importante constitue également une contre-indication au traitement rétrograde.

2. 3 Temps opératoires

Après avoir déterminé si l'intervention est réalisable, le traitement rétrograde pourra être programmé. Une ordonnance de prémédication antibiotique pourra être remise au patient. Les temps opératoires de la chirurgie endodontique conventionnelle (non assistée du LASER) sont décrits dans la littérature (9) :

Après avoir déterminé si l'intervention est réalisable, le traitement rétrograde pourra être programmé. Une ordonnance de prémédication antibiotique pourra être remise au patient. Le jour de la chirurgie, différents temps opératoires devront être respectés. Ils sont décrits dans la littérature (9) :

* Préparation du plateau technique : microscope opératoire, désinfection du site opératoire, champs opératoires stériles, matériel pour anesthésie, plateau chirurgical (bistouri à usage unique lame 11 ou 15, décolleur, écarteur, pièce à main sous spray, fraise chirurgicale, curette de Gracey, inserts à ultrasons, matériau d'obturation, suture)

* Anesthésie locale : de type para apicale avec vasoconstricteur, suffisante pour toute la durée de l'intervention.

* Incision et élévation d'un lambeau muco-périosté: incision de pleine épaisseur intrasulculaire ou sous marginale ; lambeau de dimension suffisante afin de permettre la vascularisation suffisante pendant l'intervention et proprement récliné.

* Trépanation osseuse : à l'aide d'une fraise boule montée sur pièce à main sous irrigation de sérum physiologique stérile. La détermination du point d'impact est importante, elle permettra de limiter le délabrement et de diminuer les suites post opératoires.

* Curetage apical : va permettre d'ôter le tissu granulomateux à l'aide d'un excavateur et ainsi entraîner une la cicatrisation osseuse post opératoire (10).

* Résection apicale : elle est réalisée à la fraise à os chirurgicale, l'extrémité apicale sera légèrement biseautée en direction de l'opérateur afin d'avoir une meilleure visibilité du canal. Un surfaçage de la partie restante de la racine sera réalisé afin d'éliminer le ciment imprégné de substances bactériennes. On pourra compléter le curetage apical et on assurera une hémostase satisfaisante.

* Hémostase : elle doit être parfaite. Elle est indispensable pour obtenir une bonne visibilité de la zone de travail et permet la préparation et obturation dans de bonnes conditions. Elle est assurée tout d'abord par l'utilisation d'anesthésique local avec vasoconstricteur. On utilise également pour la compléter des boulettes de coton adrénalinées (2-3min au fond de la crypte) ou bien imprégnées de sulfate ferrique. La crypte osseuse devra être soigneusement rincée et légèrement curetée en fin d'intervention afin d'éliminer les résidus.



a) Application de sulfate ferrique sans pression dans la crypte osseuse



b) Hémostase obtenue après utilisation de sulfate ferrique

Fig 7 : hémostase après application de sulfate ferrique pendant 2-3min (8)

* Préparation de la cavité apicale et obturation à rétro : inserts à ultrasons sous irrigation, sur une longueur d'au moins 3mm de profondeur. Après vérification de la cavité et

séchage à la pointe de papier stérile, le matériau d'obturation sera mis en place à l'aide d'un porte amalgame et de fouloirs. Une radio rétro alvéolaire per opératoire pourra être réalisée.

* Fermeture du site opératoire : rinçage et curettage des parois de la cavité afin de favoriser la constitution d'un caillot sanguin. Le lambeau est repositionné. On fixera d'abord les papilles par des points interdentaires, puis les incisions de décharge.

* Soins post opératoires : compression du lambeau sur l'os avec une compresse stérile, vessie de glace, conseils post opératoires, prescription post opératoire, suivi à 8 jours pour dépose des points et vérification de la cicatrisation muqueuse.

3 Apport du laser en endodontie chirurgicale

3.1 Evolution des techniques de chirurgie endodontique

La chirurgie endodontique a longtemps consisté en une simple résection apicale avec ou sans obturation à retro, conduisant à de nombreux échecs thérapeutiques. L'avènement de nouvelles techniques a permis d'améliorer considérablement le pronostic des dents traitées (11). L'outil essentiel est le microscope opératoire. Il permettra un contrôle visuel permanent en grossissant jusqu'à trente fois la zone de travail. Le niveau de grossissement sera réglé en fonction des différentes étapes de la chirurgie.

Gary Carr a introduit en début des années 1990 les inserts à ultra-sons. Aujourd'hui, en plus du microscope, le développement de nouveaux inserts à ultrasons a révolutionné la pratique de la chirurgie endodontique. Grâce aux micros inserts à ultrasons, il est désormais possible de préparer le système canalaire à rétro sur une longueur d'au moins 3mm. Les isthmes entre les canaux et les canaux latéraux peuvent être préparés et nettoyés. Des micros inserts plus longs et présentant deux courbures dans deux plans différents sont également désormais disponibles (kit comprenant des inserts de 3mm, 6mm, 9mm) afin de préparer et d'obturer à rétro les canaux sur la portion la plus large possible. Sur des racines droites, ils permettront d'assurer une désinfection et une obturation canalaire similaire à un traitement endodontique orthograde : la plus grande partie du système canalaire dans sa partie rectiligne pourra désormais être préparée, désinfectée, obturée par la voie chirurgicale. De même, certains inserts seront dotés d'une partie travaillante diamantée pour plus d'efficacité. Il faudra toutefois veiller à travailler en respectant l'axe du canal à puissance modérée pour éviter les micro-fêlures qui peuvent être à l'origine d'échecs thérapeutiques.

Depuis l'apparition des lasers dans le domaine de la chirurgie, une nouvelle approche des techniques de chirurgie endodontique a vu le jour.

3.2 Tracé d'incision

Au niveau des tissus mous, trois lasers sont recommandés. Il s'agit des lasers CO₂, Nd:YAG, Er:YAG (12).

Le CO₂, utilisé en mode pulsé ou continu, est très bien absorbé par l'eau, il entraînera une très faible contraction de la plaie et donc une cicatrice minimale (13). Il sera spécialement recommandé pour les chirurgies de tissus mous, à visée esthétique : gingivectomie en zone antérieure, freinectomie.

Le Nd:YAG, utilisé en mode pulsé, est très peu absorbé par l'eau, son énergie se dispersera ou pénétrera dans les tissus biologiques, avec une profondeur de 2 (+ ou -) mm (13). Il pourra coaguler des vaisseaux sanguins jusqu'à 1 mm de diamètre. Il sera de ce fait idéal pour l'ablation des lésions tissulaires hémorragiques.

Er:YAG en mode pulsé, possède un coefficient d'absorption pour l'eau très supérieur à celui du CO₂ et du Nd:YAG. Il est très bien absorbé par tous les tissus biologiques dont les tissus contiennent de l'eau et n'entraîne pas d'élévation de température sur les tissus environnants. Il ne permet pas une hémostase aussi efficace que les deux précédents lasers mais reste tout à fait indiqué en cas de freinectomie, élongation coronaire (12).

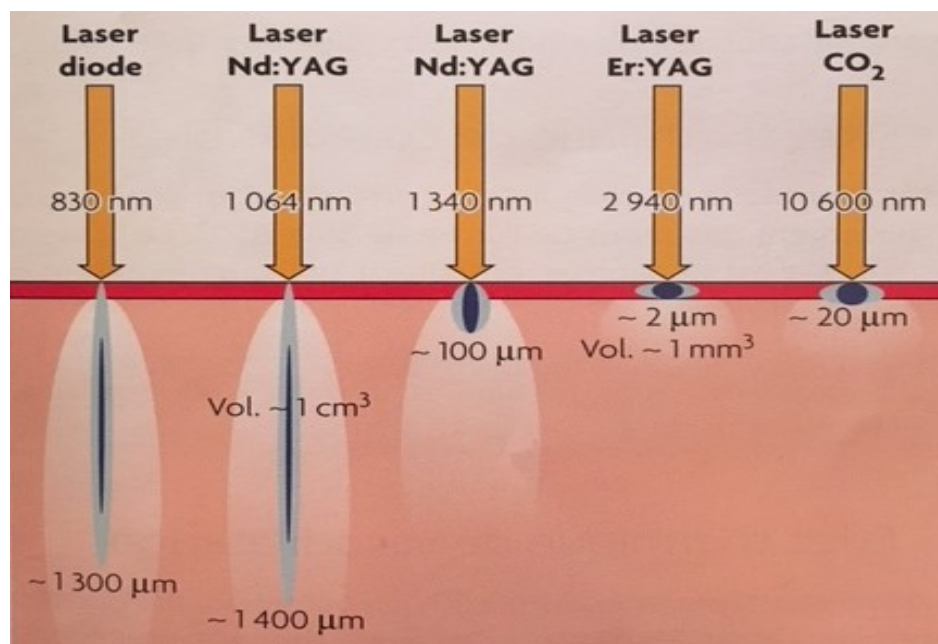


Fig 8 : Pénétration relative de l'énergie laser dans les tissus mous (1)

3.2.1 Etudes in Vitro

Une étude de 2004 a comparé les effets des lasers CO₂ et Er:YAG sur les tissus mous de la cavité buccale (14). Les biopsies réalisées sur 40 patients et analysées au microscope électronique ont montré qu'avec l'utilisation du laser CO₂, l'épithélium présente une dégradation, des fentes, boursouffures ainsi que certains marqueurs de l'apoptose. Avec l'utilisation du laser Er:YAG, les biopsies montrent une prolifération du cycle cellulaire. Ce dernier semble provoquer moins de dommage sur les tissus épithéliaux ainsi qu'une réaction inflammatoire moindre (14).

Une autre étude de 2007 in vitro, a comparé les effets des lasers Erbium, Nd:YAG sur les tissus mous de la sphère orale afin de déterminer la présence ou non de dommages périphériques thermiques. Les tissus, issus de langues de cochons (histologiquement, ces cellules sont similaires à la muqueuse orale humaine) ont été irradiés par rayonnement laser, analysés, et comparés à un groupe témoin incisé au scalpel. Il en est ressorti que les deux lasers provoquent des dommages thermiques par rapport au groupe témoin (liés à leur effet photothermique). Les lasers Erbium provoquent des dommages périphériques sur moins de 1mm autour du tissu cible, alors que Nd:YAG provoque des dommages périphériques jusqu'à 5mm. (15).

Er:YAG apparaît comme étant le laser de choix afin de réaliser le tracé d'incision lors d'une chirurgie endodontique.

Pour l'incision de tissus mous au laser Er:YAG, il faudra que le niveau d'énergie soit faible et la fréquence soit haute : 150mJ à 30Hz.

Un tip (embout) biseauté sera utilisé, permettant une incision extrêmement fine de la gencive. Le tip doit toujours avoir une angulation comprise entre 45° et 60° par rapport à la surface et sera utilisé en pré-contact. Il faut éviter de toucher la gencive (16).



Fig 9 : Incision au laser Er:YAG lors d'une chirurgie endodontique sur la 11, fibre de 600microns tenue oblique et à distance de la gencive (17)

3.2.2 Etudes cliniques

Il est important souligner le fait que les résultats de l'étude précédente ont été obtenus in vitro et à partir d'une muqueuse saine. Les dommages thermiques pourraient être plus importants au niveau de tissus pathologiques inflammatoires. A ce jour, aucune étude clinique ne semble avoir été réalisée au sujet de l'utilisation de laser pour l'incision lors de chirurgie endodontique.

Une seule étude clinique menée en 2017 se rapproche de ce sujet (18). Elle s'est penchée sur l'utilisation du laser Er:YAG au cours d'une chirurgie d'élongation coronaire ainsi que sur la cicatrisation gingivale et osseuse à 6mois. Trente deux dents postérieures atteintes de caries sous gingivales ou fractures coronaires ont été traitées sur 26 patients par le laser Er:YAG avec spray d'eau (utilisé à la fois sur les tissus mous et au niveau de la crête osseuse). La cicatrisation à 3mois et 6mois n'a montré aucune profondeur de sondage, aucun tissu nécrotique et aucune lésion au niveau des surfaces dentaires voisines. L'utilisation du laser a permis de réduire le saignement pendant l'acte chirurgical, a diminué le temps de cicatrisation et n'a pas laissé de cicatrice visible. Ces résultats semblent donc prometteurs concernant les tissus mous sains mais aucune donnée ne permet d'en dire de même sur des tissus inflammatoires présents lors d'une chirurgie endodontique : les tissus inflammatoires sont susceptibles de provoquer davantage de saignement lors de l'incision, ce qui peut modifier l'absorption du rayonnement laser sur les tissus cibles et environnants.

3.3 Ostéotomie

Le laser Er:YAG de par l'effet ablatif de son rayonnement, trouve son utilité maximale lors de chirurgie osseuse. Il est à ce jour, le seul laser en odontologie permettant une action chirurgicale sur les tissus durs (16).

Une fois l'incision horizontale et de décharge au laser Er:YAG réalisée, un lambeau de pleine épaisseur sera décollé. Le lambeau doit permettre une visibilité parfaite du site opératoire. Il est maintenu récliné par la partie large d'un décolleur. La trépanation osseuse peut avoir lieu.

Pour les tissus durs il est souhaitable de régler une énergie forte et une fréquence basse : il est recommandé de le régler sur une énergie de 200mJ et une fréquence 20Hz. Le réglage de l'eau sera élevé pour limiter l'échauffement.

Ce rayonnement permettra de créer un volet osseux ou bien de l'agrandir en cas de fenestration déjà existante.

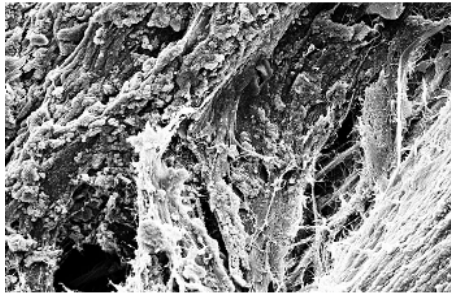
Une étude de 2015 ex vivo compare des effets immédiats post opératoires du laser Er:YAG avec ceux d'un ostéotome piézoélectrique sur des mandibules de 6 cochons (19). L'ostéotome piézoélectrique est un outil mécanique coupant directement au contact de l'os. Différentes formes d'ostéotomies sont réalisées (en S, lignes droites, défauts en selle) sur la partie droite des mandibules avec l'ostéotome piézoélectrique, sur la partie gauche avec le laser. Les mâchoires sont ensuite analysées au microscope SEM (Scanning Electron Microscopy).

Les résultats ont montré que l'ostéotomie par piézotome a entraîné un saignement minimal lors de l'intervention et une surface osseuse typique étirée, fermée, avec des cracks de tension. L'ostéotomie par laser a entraîné un saignement plus important chez les 6 animaux, une surface ouverte des canaux de Havers et une structure tissulaire intacte (19).

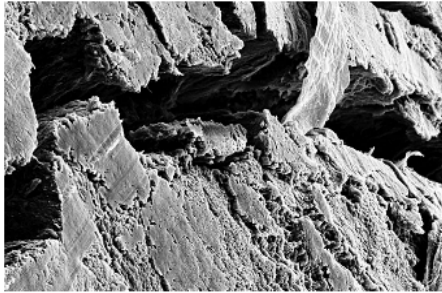
Les images du microscope SEM ont montré une grande similarité structurelle entre la surface de l'os naturel et les surfaces traitées au laser Er:YAG.

La trépanation osseuse sans contact osseux à l'aide du laser semble moins iatrogène qu'une ostéotomie avec piézotome. En revanche, elle provoque l'ouverture des canaux de Havers du tissu osseux et donc davantage de saignement (contrairement lors de l'incision où le laser Er:YAG entraîne une légère coagulation des vaisseaux sanguins des tissus mous) . Il faut relever que ce saignement pourra poser problème lors de la préparation à rétro où une stricte hémostase doit être respectée.

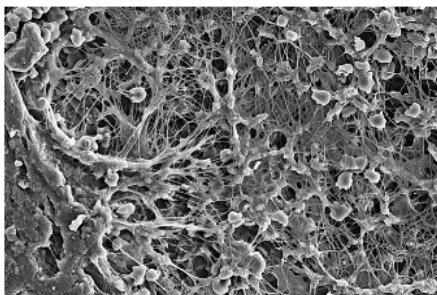
En revanche, l'Erbium-Yag assure une ostéotomie sans contact, une coupe ciblée des tissus durs, sans carbonisation ni échauffement thermique grâce à son spray de refroidissement et également une diminution de l'inconfort lié aux vibrations (20).



a) Surface de l'os naturel, grossissement x1000



b) Surface de l'os coupé à l'ostéotome piézo électrique, grossissement x1000



c) Surface de l'os coupé au laser Er:YAG, grossissement x1000

Fig 10 : Comparaison au microscope SEM de l'os naturel, os coupé au piézotome, os coupé au laser Er:YAG (19)

3.4 Curetage

Une fois la trépanation osseuse réalisée, l'accès à la lésion et aux tissus granulomateux doit être possible. Le curetage de la lésion sera fait dans un premier temps à la curette de Lucas, bord tranchant et face concave dirigée vers les parois de la crypte osseuse afin de décoller la membrane, puis dans le sens de la curette inversée pour collecter les fragments de kyste décollés. Par la suite, le débridement des tissus de granulation pourra être réalisé par l'utilisation des lasers CO₂, diode, Nd:YAG et Er:YAG.

Une mini revue, issue du Journal of Periodontal Research de 2004 met en avant les applications potentielles de Er:YAG dans les traitements parodontaux et notamment pour l'ablation de tissus de granulation grâce à son effet photo ablatif (21). L'irradiation de ce laser a en plus un effet hautement bactéricide en induisant une réduction des lipopolysaccharides et

élimine les endotoxines. Cet effet bactéricide a été prouvé sur des bactéries parodontales, sur des bactéries présentes dans le système canalaire ainsi que sur des bactéries présentes à la surface d'implants. Le laser Er:YAG produit également un effet bio stimulant sur les tissus parodontaux entraînant une cicatrisation plus rapide et des suites opératoires moins importantes.

Le curetage pourra également être complété après la résection apicale.

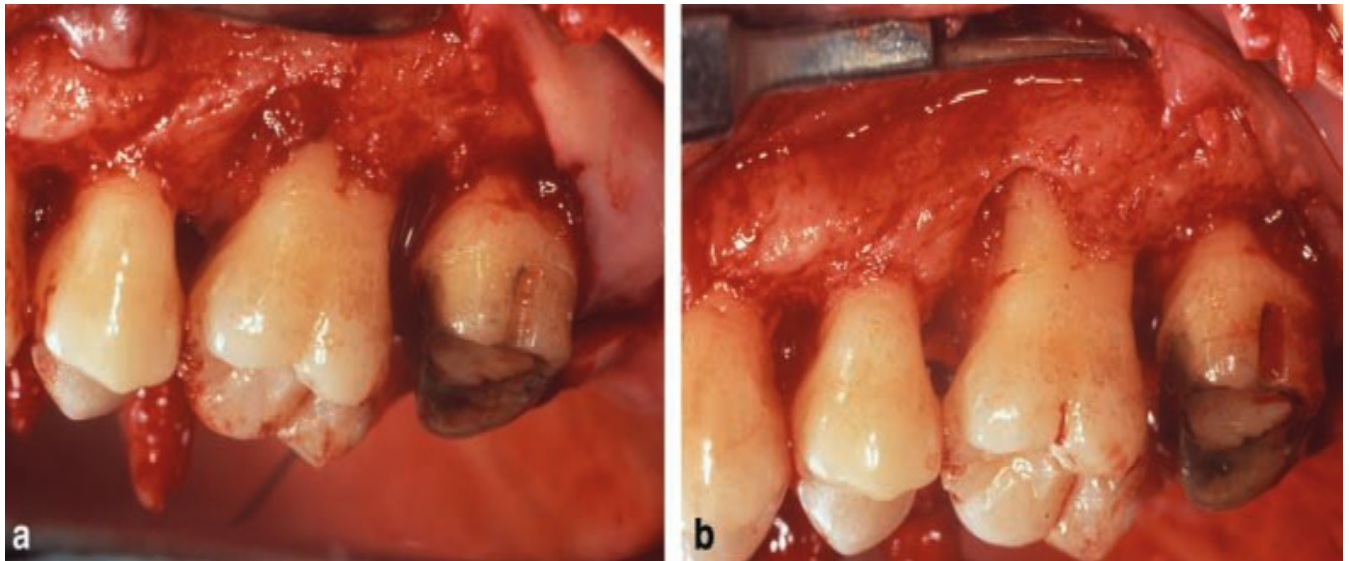


Fig 11 : Débridement du tissu granulomateux dans les poches parodontales utilisant le laser Er:YAG sous irrigation d'eau stérile au cours d'un lambeau d'assainissement parodontal. (a) Présence de tissu de granulation au niveau des défauts verticaux. (b) Suppression des tissus de granulation après débridement au laser Er:YAG réglé à une énergie de 100mJ et une fréquence de 10Hz (21)

3.5 Résection Apicale

3.5.1 Vitrifaction dentinaire

3.5.1.1 Etudes *In Vitro*

De nombreuses études concernant l'effet des lasers lors des résections apicales ont été réalisées et mettent en avant le phénomène de vitrification dentinaire.

Etude de 2009 : Celle ci compare la résection apicale de racines obturées avec un cône de gutta percha par compactage latéral, au laser Er:YAG (vitrification) et à la fraise en carbure de tungstène (22). L'étude porte sur 120 incisives maxillaires saines, extraites. Suite à leur mise en forme canalaire, elles ont été obturées grâce à trois ciments d'obturation différents par groupe de 40 (Roeko Seal, AH-Plus, PulpCanalSealer). Soixante de ces dents ont été réséquées à la fraise en carbure et les 60 autres au laser Er:YAG. La résection a concerné les 3mm apicaux.

Il en est ressorti que les deux méthodes de résection apicale présentées ont une efficacité équivalente et engendrent toutes les deux l'apparition de micro-cracks à l'interface dentine – matériau de scellement (quelque soit le matériau de scellement). Il n'existe donc pas de différence significative d'efficacité entre la résection au laser ou la résection à la fraise conventionnelle. Cependant deux points sont à relever :

- * le laser produit un effet anti microbien et engendre un environnement stérile (22).

- * le laser entraîne une forme d'obturation des canalicules dentinaires ouverts après la résection apicale et laisse apparaître une surface réséquée lisse (22) apparentée à une « vitrification ».

Deuxième étude : Elle date de 2007 et cherche à savoir avec quel réglage le laser Er:YAG peut provoquer ce lissage et donc cette obturation naturelle des tubulis dentinaires (23). De la dentine humaine a été irradiée au laser Er:YAG avec les paramètres suivants : Energie : 200mJ, 250mJ, 300mJ, 350mJ, 400mJ ; Fréquence : 5Hz et 10 Hz. La morphologie et les altérations de surface de la dentine ont alors été observées au microscope SEM (Scanning Electron Microscopy). Il en ressort que des changements de paramètres du laser provoquent bien des changements micro-morphologiques au niveau de la dentine. Les premiers signes de vitrification de la dentine apparaissent pour une énergie de 300mJ. Le changement de fréquence quant à elle, n'a pas entraîné de changement morphologique (23).

La vitrification résulte de la fonte de la dentine par le passage du laser. Celle ci augmente la dureté intrinsèque de la partie irradiée de la dent et protège des attaques acides et des bactéries présentes dans le milieu (24). La vitrification peut exister aussi au niveau coronaire : fonte de l'émail et de la dentine (on utilise cette méthode notamment pour diminuer des sensibilités au froid au collet des dents). Lors de la résection apicale, la dentine radiculaire va fondre et se recristalliser en une surface lisse et non poreuse. Cet effet de « vitrage » entraîne une réduction de la perméabilité aux fluides, et donc aux bactéries. Il va améliorer le scellement apical et limiter la propagation des bactéries vers le canal principal (24).

3.5.1.2 Limites des études *in vitro*

Ces études indiquent que le passage du laser sur la surface de la racine réséquée entraîne une fonte de la dentine et un scellement hermétique des tubulis qui deviennent donc étanches face aux bactéries extérieures.

Or le fait que les tubulis soient scellés ne permet pas d'affirmer que toute la partie apicale soit également hermétique aux bactéries. Cette nuance est capitale.

En effet aucune étude ne prouve qu'une vitrification existe au niveau des différentes interfaces présentes dans la zone apicale : interface dentine – ciment d'obturation ; ciment – gutta percha ; dentine - gutta percha. La première étude présentée indique d'ailleurs l'existence de micro-cracks suite à la résection. Cela sous entend que le scellement apical peut ne pas être étanche et de fait, il peut ne pas répondre à l'étiologie de la lésion.

3.5.1.3 Vitrification seule, sans obturation à rétro ?

Certains auteurs décrivent la réalisation de retraitements par voie orthograde suivis de chirurgies endodontiques sans obturation à rétro et considèrent que la vitrification procure une étanchéité suffisante au niveau apical (17). En fonction de l'anatomie endodontique de la racine et de sa complexité spatiale, l'obturation orthograde ne peut prétendre réaliser ce scellement de façon itérative.

En théorie, si un traitement ou retraitement orthograde a été réalisé sur une racine droite, de section ronde, obturée grâce à un cône de gutta percha parfaitement adapté au canal et sans aucune vacuité, nous pourrions imaginer effectuer une simple vitrification de la racine réséquée. Ce serait d'ailleurs un gain de temps très important et l'utilité du laser serait maximale.

En pratique, rien ne permet d'affirmer que lors du traitement orthograde, l'application de ciment de scellement sur les parois canalaires ait été totalement homogène, ou bien que l'adaptation des cônes de gutta soit parfaite. Il peut ainsi exister, en fonction du niveau de résection, d'autres interfaces rendant le scellement apical plus délicat et imprévisible : interface dentine – espace vide ; ciment de scellement – espace vide ; gutta percha – espace vide.

Se contenter d'un scellement apical par seule vitrification dentinaire au laser semble donc très peu recommandé.

De plus, tant que des études cliniques ne sont pas menées à ce sujet, nous ne pouvons affirmer qu'une vitrification totale existe (recouvrement total de la surface réséquée par de la dentine vitrifiée). A ce jour, aucun laser ne peut donc nous affranchir de l'obturation à rétro. Elle est la seule à nous assurer une obturation radiculaire tridimensionnelle étanche.

3.5.1.4 Applications futures

Toutefois, à l'avenir, après résection apicale avec ou sans laser, il pourrait être envisagé d'éliminer de l'ancienne obturation canalaire à l'aide du laser ou des inserts US puis une vitrification de toute la surface dentinaire exposée (surface apicale de résection et dentine intra cavitaire afin d'obturer la cavité avec la dentine vitrifiée). Des études *in vitro* de faisabilité et d'étanchéité seraient nécessaires et complétées d'études *in vivo* puis cliniques comparatives pour apprécier le résultat.

Zone non vitrifiée non étanche

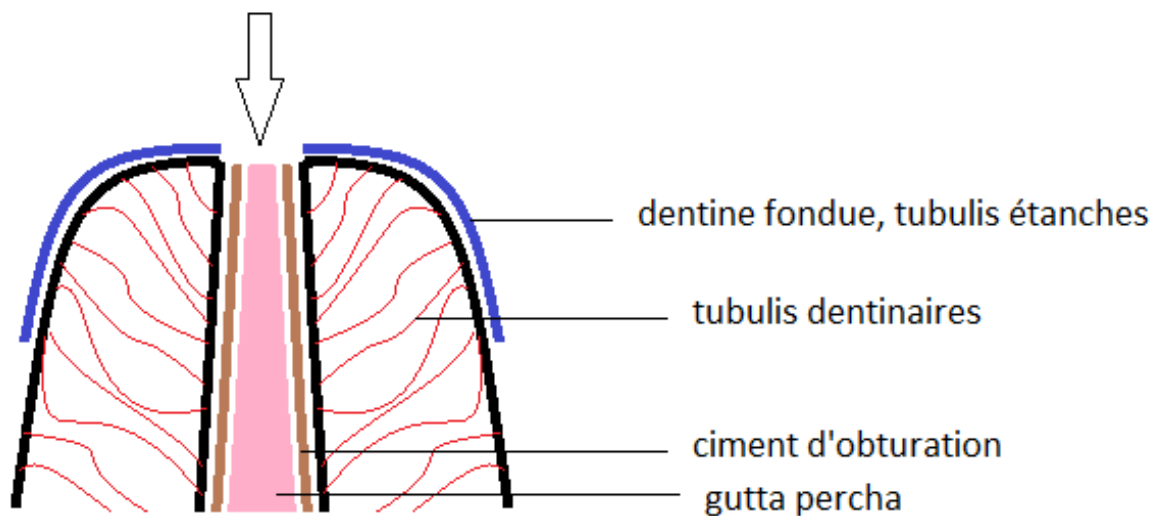


Fig 12 : Schéma de la partie apicale d'une dent après résection apicale au laser Er :YAG montrant les différentes interfaces.

Si la partie apicale n'est pas étanche, il s'en suivra un phénomène de percolation des fluides tissulaires périradiculaires vers le milieu endo canalaire et une diffusion bactérienne.

3.5.2 Durée

Un point intéressant à relever lors d'un traitement rétrograde est la durée globale de l'acte et plus précisément la durée de la résection apicale par laser. Si le temps mis pour réséquer un apex est beaucoup plus long que par la méthode conventionnelle, l'intérêt du laser sera limité. Une étude ex vivo publiée en 2008 dans le Journal Of Oral Laser Applications, compare les durées de réalisation de l'étape de la résection apicale avec le laser Er:YAG ou avec une fraise fissure à partir de 48 dents extraites (premières et deuxième prémolaires mandibulaires) (25). Lors de la section des 3 derniers millimètres apicaux, il est apparu des différences de durée significatives :

- * à une puissance de 3W (soit une énergie de 180mJ) : 46,06s
- * à une puissance de 5W (soit une énergie de 300mJ) : 18,86s
- * à une puissance de 7W (soit une énergie de 420mJ) : 9,5s
- * à la fraise : 51,54s

L'utilisation du laser Er:YAG, même à faible puissance, ne va donc pas à l'encontre d'une chirurgie rapide et précise.

3.6 Hémostase

Comme précédemment décrit, le rayonnement du laser Er:YAG présente une faible pénétration dans les tissus environnants, il possèdera donc un effet de coagulation (effet photothermique des lasers) sur les vaisseaux sanguins des tissus mous, mais l'efficacité sera moyenne. De plus, Er:YAG semble entraîner l'ouverture des canaux de Havers du tissu osseux, ce qui favorise le saignement. Son effet hémostatique est donc relativement faible. Comme c'est le cas lors d'une chirurgie endodontique conventionnelle, afin d'assurer une bonne visibilité lors de l'obturation rétrograde et donc une hémostase parfaite, nous pourrions utiliser des boulettes de coton imprégnées d'un vasoconstricteur : l'adrénaline va agir sur les récepteurs alpha des vaisseaux sanguins, entraînant leur vasoconstriction. Nous pourrions également utiliser des cotons imprégnés de sulfate ferrique. Cela formera des agglomérats de protéines qui oblitéreront les capillaires sanguins (8).

Le laser Nd:YAG, lui est très peu absorbé par l'eau, son énergie va se disperser, pénétrer dans les tissus biologiques et va ainsi agir sur les tissus avec un effet hémostatique important. Il est idéal pour l'ablation de lésions tissulaires hémorragiques et donc pour maintenir l'hémostase lors de chirurgie des tissus mous (13). Ce laser a l'avantage de ne nécessiter aucun contact entre le vecteur d'énergie et les tissus. Nd:YAG va chauffer localement les tissus qui vont alors se rétracter. La rétraction thermique des tissus va provoquer la fermeture de la lumière des vaisseaux qui seront secondairement oblitérés par des caillots formés sur place (thrombose). Cet échauffement des tissus entraîne un effet dit de volatilisation : on obtient

une incision avec une excellente hémostase au niveau des berges (26). En revanche, il ne possède aucun effet sur les tissus durs, il n'est donc pas recommandé dans le cas de chirurgie endodontique.

3.7 Préparation apicale

Il n'existe pas encore de fibre laser ou de tips adaptés à la préparation apicale en chirurgie endodontique. Lors de traitements orthogrades, le laser est notamment utilisé afin d'éliminer des débris intra-canalaires de manière efficace et non iatrogène et favorise l'accès des solutions d'irrigation antiseptiques aux canalicules dentinaires. En revanche, dans le domaine de l'endodontie chirurgicale, depuis le début des années 1990, avec le développement des inserts à ultra-sons introduits par Gary Carr, la technique de préparation apicale n'a guère évolué.

Cette partie de la chirurgie, de par la forme inadaptée des fibres lasers, ne peut à l'heure actuelle être assistée par aucun type de laser.

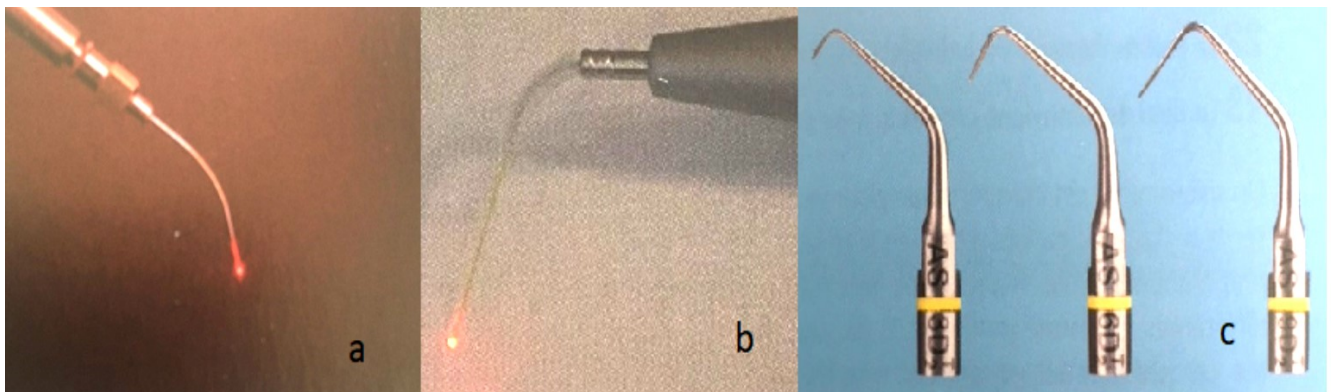


Fig 13 : a) Fibre d'un laser Nd:YAP, b) Tip du laser Er:YAG, c) Inserts du kit Endo Success Apical Surgery. La forme des fibres laser ne peut remplacer la forme des inserts à ultrasons
(2)

3.8 Période Post opératoire

A ce jour, aucune étude clinique ne met en avant les conséquences post opératoires de l'utilisation du laser lors de l'incision, l'ostéotomie, le curetage et la résection apicale durant une chirurgie endodontique.

Lors d'interventions chirurgicales moins importantes, notamment au cours de corticotomies alvéolaires assistées par laser Er:YAG (dans le cadre de traitement orthodontiques chez l'adulte), aucune antibiothérapie n'est prescrite de par l'effet bactéricide du laser. La plupart du temps, suite à ce type d'intervention, le patient ne ressent aucune douleur post-opératoire, seulement une sensation de picotements, et aucun œdème n'apparaît. Cela peut s'expliquer par l'effet antalgique et anti-inflammatoire des lasers grâce à un phénomène de biomodulation (biostimulation) (16). La régénération gingivale est obtenue sans cicatrice. Le laser Er:YAG permet de faire de la « Low Laser LevelTherapy » (LLLT). La LLLT stimule les processus de cicatrisation. Son principe consiste à appliquer des énergies faibles et répétées sans produire d'échauffement, basé sur l'activation enzymatique de certains processus cellulaires favorisant la prolifération du collagène, des cellules épithéliales et endothéliales par stimulation de la pompe Na⁺/K⁺ des membranes cellulaires. L'irradiance (ou fluence ou encore énergie par cm²) doit être faible et inférieure à 500 mW/cm² (27). Par la stimulation des cellules endothéliales, la synthèse de fibres de collagène, la restructuration de la matrice extracellulaire, l'utilisation du laser permet le contrôle du processus inflammatoire aigu ou chronique en réduisant l'œdème post opératoire.



Fig 14 : Effet biostimulant des lasers avec une conséquence anti inflammatoire (1)

4 « Low Level Laser Therapy » :

4.1 Définition

L'effet biostimulant précédemment décrit est possible grâce à une thérapie laser de faible niveau. Elle se définit comme étant un traitement non-invasif par source lumineuse qui génère une seule longueur d'onde. La thérapie laser de faible niveau n'émet ni chaleur, ni son ni

vibration. On l'appelle aussi photobiologie ou biostimulation. Elle est supposée affecter la fonction des cellules du tissu conjonctif (fibroblastes), accélérer la réparation du tissu conjonctif et agir comme un agent anti-inflammatoire (28).

Dans notre cas, cela signifie qu'en fin d'intervention, après avoir suturé les berges, un effet biostimulant pour être apporté par l'irradiation laser. Il faudra changer le réglage afin de passer d'un haut niveau d'énergie à un faible niveau d'énergie.

4.2 Etudes *in vitro* sur les tissus mous

Plusieurs études ont été menées afin de mettre en avant les effets biostimulants des lasers. Celle citée ci dessous traite des effets de l'irradiation laser Er:YAG à faible niveau sur des fibroblastes en culture (29).

Des fibroblastes gingivaux humains ont été mis en culture puis irradiés à différentes énergies au cm^2 , c'est à dire à différentes fluences : entre 1,68 et 5 J.cm^2 . Il est ressorti de cette étude qu'un bas niveau d'irradiation laser stimule de façon significative la prolifération de fibroblastes en culture. Il a ensuite été démontré par l'étude des cellules au microscope TEM (Transmission Electron Microscope) que la prolifération des fibroblastes gingivaux a été accompagnée de mitoses plus précoces ainsi que par une augmentation des fibres de collagène. De plus, les fibroblastes semblent être métaboliquement plus actifs : complexes de Golgi très développés, réticulum endoplasmique granuleux et mitochondries de tailles importantes.

L'énergie par cm^2 stimulant de façon optimale les fibroblastes est de 3,37 J/cm^2 . En dessous de cette énergie, les fibroblastes sont moins stimulés ; au-dessus des marqueurs de lyse cellulaire sont apparus. Aucun effet toxique n'est apparu à 3,37 J/cm^2 .

L'effet biostimulant sur les tissus mous est dose de laser dépendant. L'irradiation laser, si elle est maîtrisée semble donc être bénéfique à la réparation tissulaire.

4.3 Etudes *in vitro* sur les tissus durs

Au cours de cette étude de 2010, les effets de l'irradiation à bas niveau sur la prolifération des ostéoblastes a été étudié. Des cellules ostéoblastiques de souris ont été placées dans un milieu de culture à 37°C, dans une atmosphère humide contenant à 95% de l'air et 5% de CO_2 . Les cellules ont été irradiées avec des énergies, des fréquences et pendant des durées différentes. Les résultats obtenus par Western Blot ont été comparés.

Il en est ressorti d'une part, qu'un faible niveau d'irradiation Er:YAG augmente la prolifération des ostéoblastes grâce à l'activation de protéines kinases MAPK/ERK. Par ailleurs, les résultats ont montré que cette prolifération est également dépendante de trois paramètres : l'énergie du rayonnement, le temps d'irradiation et la fréquence. Il a été montré que la prolifération ostéoblastique est significative lorsque :

- * l'énergie du rayonnement par cm² est réglée à 3.6 J/cm²
- * le temps d'irradiation dure entre 30 et 60 secondes
- * la fréquence reste comprise entre 40 et 50 Hz

Cette étude suggère que le laser Er:YAG, en fonction des réglages choisis, agit de façon positive sur les ostéoblastes et est capable de promouvoir la cicatrisation osseuse (30)

4.4 Etude clinique

Peu d'études cliniques sur l'utilisation du laser ont été conduites en endodontie.

Plus généralement plusieurs études *in vivo* ont été publiées au sujet de la Low Level Laser Therapy. On trouve notamment des références :

- Dans le domaine de la parodontologie et notamment sur l'évolution de la profondeur de poches parodontales lors de traitements non chirurgicaux (31),
- Dans celui de l'odontologie conservatrice : douleurs pendant la préparation de cavités sur dents cariées préalablement irradiées au laser (32),
- Dans la chirurgie buccale (33) : étude de la présence d'œdème suite à l'extraction de troisième molaires mandibulaires accompagnée d'une thérapie laser à faible intensité.

En revanche, il y a un vrai manque d'étude clinique au sujet de la LLLT lors de chirurgies endodontiques.

Une seule étude est récemment parue (novembre 2018) et traite des effets de la LLLT par laser diode sur la cicatrisation des tissus mous et durs suite à une chirurgie endodontique (34).

Cette étude a été menée sur 76 patients en bonne santé (71 ont fini l'étude, 6 ont été perdus de vue), atteints de lésions périapicales inférieures à 10mm de diamètre au niveau d'incisives maxillaires (une seule dent atteinte par patient). Ils ont été aléatoirement séparés en deux groupes : un groupe test et un groupe laser. Dans le groupe laser, les patients ont reçu une irradiation de faible intensité (3,87 J/cm²) au laser diode en fin d'intervention (après la suture des berges) ainsi que tous les jours pendant les sept jours consécutifs à l'intervention. L'irradiation a intéressé la face vestibulaire et linguale des dents traitées pendant 5min chacune. Les critères évalués à l'aveugle à J+1, J+3, J+7 sont :

- la présence d'œdème
- la présence d'ecchymose
- la cicatrisation des tissus mous
- le nombre de comprimés antidouleur pris
- la douleur

L'incidence du traitement sur la qualité de vie des patients a également été évaluée grâce aux questionnaires Oral Health Impact Profile-14 (OHIP-14) and General Oral Health Assessment Index (GOHAI).

Enfin, des radiographies rétroalvéolaires pré opératoires et postopératoires à J+7, J+90, J+180 ont été réalisées afin de comparer la cicatrisation osseuse des patients. Des cone beam préopératoires et à J+30 ont également été réalisés.

A l'issue de cette étude, il a été montré que :

- les résultats du groupe laser sont significativement meilleurs à J+1, J+3, J+7 concernant la présence d'œdème, la cicatrisation des tissus mous, et le nombre de comprimés antidouleur pris.
- concernant les questionnaires OHIP-14 et GOHA, des résultats significativement meilleurs pour le groupe laser ont été obtenus à J+1 et J+3, mais aucune différence significative à J+7.
- le groupe laser présente des résultats significativement favorables concernant la densité osseuse, et la diminution de la lésion apicale à J+90.

Cependant, il n'existe pas dans la littérature de consensus concernant la durée utile d'irradiation laser (en minute et en jour) pour obtenir de tels résultats mais il semble qu'une application plus rare serait moins efficace, surtout concernant la cicatrisation osseuse.

De même, aucune étude dans la littérature ne compare l'efficacité de la LLLT au laser diode à celle d'un autre laser dans le cadre d'une chirurgie endodontique (comme le laser Er:YAG qui semble le plus polyvalent lors de ce type de chirurgie).

La conclusion de cette étude est donc qu'une irradiation quotidienne au laser diode pendant les 7 jours suivant une chirurgie endodontique accélère la cicatrisation des tissus mous et des tissus durs. Elle diminue également la douleur et améliore la qualité de vie des patients particulièrement durant les premiers jours de la phase de cicatrisation.

5 Discussion

Concernant la question abordée précédemment : un laser pour la réintervention en endodontie chirurgicale : lequel ? Pourquoi ? Il semble que le laser Er:YAG apporte le plus d'intérêts par rapport aux autres lasers existants sur le marché actuel.

Le laser Er:YAG présente des avantages :

- il est le seul à être capable d'agir à la fois sur les tissus mous ainsi que sur les tissus durs.

Utilisé en « pré-contact », il ne provoque aucune sensation désagréable pour le patient pendant l'intervention (pas de vibration).

Cet instrument unique peut permettre de remplacer le bistouri en réalisant une incision fine et précise de la gencive. Il peut à lui seul également remplacer la pièce à main et les fraises à os et à réséquer. Cela entraînera un gain de temps important péri interventionnel : un seul instrument à préparer avant l'intervention, un seul à décontaminer et stériliser après.

- la surface osseuse irradiée présentera une structure semblable à une surface osseuse saine et non traitée, dépourvue de smear layer. Il ne provoquera aucune carbonisation du tissu cible, aucun effet thermique à distance, et donc aucun dommage sur les tissus environnants.

- la dentine de la racine réséquée sera fondue, vitrifiée, rendant les tubulis dentinaires imperméables aux bactéries.

- Les bactéries de la crypte osseuse seront éliminées et l'environnement sera stérile.

- le laser Er:YAG utilisé à faible énergie en fin d'intervention participe à un phénomène de biostimulation fibroblastique et ostéoblastique. Il pourrait entraîner une diminution de la douleur et de l'œdème post-opératoire.

En revanche, il faut être attentif aux nombreuses études in vitro mettant en avant les propriétés innovantes des lasers mais qui ne montrent pas les inconvénients cliniques qu'ils peuvent aussi entraîner. C'est d'ailleurs certainement pour cette raison qu'il n'existe qu'à ce jour que la seule étude clinique que nous avons citée ci-dessus et qui traite de l'utilisation de laser au cours de chirurgies endodontiques et seulement pour son effet biostimulant (laser diode).

Les inconvénients du laser Er : YAG en pratique clinique sont nombreux :

- Il n'entraîne pas une hémostase suffisamment importante. Il semble même, au contraire, que l'application de laser sur le tissu osseux entraîne un saignement plus important que lors d'une ostéotomie classique. Ce saignement est absolument contre indiqué ; il peut en résulter une perte de temps lors de l'intervention (l'hémostase conventionnelle à l'aide boulettes de coton imprégnées de vasoconstricteur ou de sulfate ferrique risquera d'être plus difficilement atteignable), une mauvaise visibilité ainsi qu'un manque d'étanchéité de l'obturation à rétro.

- Il ne permet pas de s'affranchir de l'obturation à rétro malgré les avantages présentés de la vitrification dentinaire ; aucune preuve clinique ne montre que les différentes interfaces présentes au niveau apical sont aussi vitrifiées. Cette vitrification aurait pu être le plus important intérêt du laser en chirurgie endodontique.

- Il ne présente pas d'utilité pour la mise en forme canalaire, ce n'est donc pas réellement un instrument unique pour toute l'intervention.

- Chaque étape de la chirurgie demande des changements de réglage précis du laser (énergies et fréquences). D'importants dommages peuvent être faits par erreur par le praticien si ces réglages ne sont pas maîtrisés. L'utilisation des générateurs lasers nécessite une formation sérieuse, d'autant plus que les résultats obtenus après irradiation laser d'un tissu biologique sont directement liés aux paramètres physiques utilisés.

- Son coût est encore très élevé : autour des 40 000euros.

- Nécessité d'avoir suffisamment de place pour entreposer et installer le générateur laser au cabinet.



Fig 15 : a) Erbium:YAG laser équipé d'un bras articulé. b) Erbium:YAG équipé d'une fibre optique flexible (35)

Conclusion

Dans le cadre d'un cabinet dentaire d'omni pratique, le laser Er:YAG reste un outil très polyvalent et pourra être utilisé au cours d'autres type de chirurgie des tissus mous, notamment lors de gingivectomie, freinectomie, ablation de fibrome, biopsie, chirurgie parodontale ; et chirurgies des tissus durs : corticotomies, expansion de crêtes, chirurgie implantaire. Son utilité a également été démontrée en endodontie (nettoyage et décontamination du système canalaire, recherche d'entrées canalaires), en dentisterie restauratrice (ablation précise et sélective de lésions carieuses, etching de surface pour une meilleure adhésion du composite, travail sans contact et donc sans vibration et sans bruit), en implantologie (traitement des péri-implantites, maintenance péri-implantaire), en parodontologie (effet bactéricide dans les poches parodontales, maintenance parodontale, nettoyage des surfaces osseuse avant régénération osseuse guidée).

L'utilisation du laser demande tout de même certaines précautions : elle implique des mesures de protection strictes pour le patient et pour l'opérateur. Des lunettes protectrices ayant des capacités de filtration spécifiques sont nécessaires pour protéger les yeux du patient et de l'opérateur. Elle nécessite aussi une formation importante et précise de l'opérateur.

Des panneaux indiquant que la pièce est destinée à des traitements par lasers doivent être placés à l'entrée de la salle, avec la signalisation « danger : rayon laser, éviter l'exposition des yeux » (36).

Il n'existe aucune contre-indication d'origine systémique ou médicamenteuse à l'utilisation du laser.

Le laser Er:YAG est un outil qui peut trouver sa place au sein de cabinets dentaires d'omnipraticque. Dans le domaine de l'endodontie chirurgicale, il serait souhaitable que des études cliniques soient réalisées concernant son utilisation per et post opératoires. Tant que cela n'est pas fait, il est à ce jour impossible d'affirmer que le laser Er:YAG (ni un autre laser) soit une innovation dans le domaine chirurgie endodontique. La chirurgie conventionnelle reste donc la méthode de choix.

Er:YAG reste toutefois un outil prometteur pour l'avenir de part son rôle bactéricide, ses effets sur l'hémostase, la vitrification, la biomodulation ; il est nécessaire que les fabricants de lasers ou bien des organismes scientifiques réalisent des études *in vitro* de faisabilité et d'étanchéité (par exemple section et étude histologique de la dentine et de la cavité apicale après vitrification), complétées d'études *in vivo* puis cliniques comparatives.

Bibliographie

1. Rey G, Missika P, Rocca J-P. Les lasers et la chirurgie dentaire: innovations et stratégies cliniques [préface de Jean-Paul Rocca]. Rueil-Malmaison: Ed. Cdp; 2010. (Collection JPIO).
2. Rey G, Missika P, Girard J-L, Para A, Lamouret B. Utilisation des lasers en endodontie: principes physiques et protocoles opératoires. Rueil-Malmaison: Éd. CdP; 2014. (JPIO)
3. Rocca J-P, Augros C, Bertrand-Flamand C, Bertrand M-F. Les lasers en odontologie. Paris: Éd. CdP; 2008. (Mémento).
4. Stroumza J-M. Apport des lasers en odontologie. Actual Odonto-Stomatol. (272):2-14.
5. Verheyen LP. Laser Applications in Oral Medicine and Dentistry. Journal of Oral Laser Applications. Winter 2002;2(4):239-48.
6. Moritz A, Schoop U, Klimscha J, Goharkhay K. Lasers in Endodontics - A Practical Overview. Journal of Oral Laser Applications. juin 2004;4(3):159-66.
7. Moritz A, Schoop U, Kluger W, Jakolitsch S, Sperr W. Lasers in Endodontology. Journal of Oral Laser Applications. sept 2001;1(2):87-95.
8. Khayat B, Jouanny G. La chirurgie endodontique (Tout simplement). Paris: Espace ID; 2016.
9. Camus J-P. Endodontie chirurgicale. Vélizy-Villacoublay: Éditions CdP; 1998. (Guide clinique).

10. Saffarzadeh A. La résection apicale. Indications et techniques opératoire. Revue de stomatologie et de chirurgie maxillo-faciale. Decembre2000;101(6):325-329.

11. Khayat B, Michonneau J-C. une chance supplémentaire. L'Information Dentaire spécial Endodontie. Juin 2010;(22):119-24. Ed Masson.

12. Gaultier Frédérick. Apport des lasers en chirurgie buccale. Les cahiers de prothèse, 2011:57-61.

13. Benaazza D, Cherkaoui A, Elmouadden M, Elmohtarim B. Le laser en parodontie. ActualitésOdonto-Stomatologiques. sept 2009;(247):217-29.

14. Zaffe D, Vitale MC, Martignone A, Scarpelli F, Botticelli AR. Morphological, Histochemical, and Immunocytochemical Study of CO2 and Er:YAG Laser Effect on Oral Soft Tissues. Photomedicine and Laser Surgery. 1 juin 2004;22(3):185-9.

15, Romeo U, Del Vecchio A, Ripari F, Palaiad G, Chiappafreddo C, Tenore G, et al. Effects of Different Laser Devices on Oral Soft Tissues: In Vitro Experience. Journal of Oral Laser Applications. Juin 2007;7(3):155-9.

16. Savard B. Alveolar corticotomies with lasercision: a minimally invasive procedure in order to accelerate orthodontic treatments in adult patients. Rev OrthopDentoFaciale. 2016;50:253-263

17. Para A. Résection apicale et exérèse de kyste II assistées au laser Erbium Yag et Diode 980. Actual Odonto-Stomatol. 1 nov 2016;(279):2.

18 . Chen CK, Wu YT, Chang NJ, Lan WH, Ke JH, Fu E, Yuh DY. Er:YAG Laser for Surgical Crown Lengthening: A 6-Month Clinical Study. The International Journal of Periodontics and Restorative Dentistry. 2017;37(2):149-153.

19. Baek K, Deibel W, Marinov D, Griessen M, Dard M, Bruno A, et al. A comparative investigation of bone surface after cutting with mechanical tools and Er:YAG laser: A COMPARATIVE INVESTIGATION OF BONE SURFACE. *Lasers in Surgery and Medicine*. juill 2015;47(5):426-32.
20. Parra A. *Journal LS - Implantologie dentaire Gestion des résections apicales assistee au laser | LS - La Lettre de la Stomatologie* [Internet]. 2016. Disponible sur : <https://journal-stomato-implanto.com/content/LS-6405-gestion-des-resections-apicales-assistee-au-laser>
21. Ishikawa I, Aoki A, Takasaki AA. Potential applications of Erbium:YAG laser in periodontics. *Journal of Periodontal Research*. 1 août 2004;39(4):275-85.
22. Hegde V, Khatavkar R, Thukral N. Apical Seal with Different Obturating Materials Following Apical-third Root Resection Using Er:YAG Laser and Conventional Carbide Bur: A Comparative Study. *Journal of Oral Laser Applications*. avr 2009;9(2/3):93-100.
23. Delmé KIM, De Moor RJG. Scanning Electron Microscopic Evaluation of Enamel and Dentin Surfaces after Er:YAG Laser Preparation and Laser Conditioning. *Photomedicine and Laser Surgery*. 1 oct 2007;25(5):393-401.
24. Armengol V, Jean A, Rohanizadeh R, Hamel H. Scanning electron microscopic analysis of diseased and healthy dental hard tissues after Er:YAG laser irradiation: In vitro study. *Journal of Endodontics*. Août 1999;25(8):543-6.
25. Shimizu T, Koba K, Kinoshita J-I, Matsumoto K. Morphological Study on Apicoectomy by High-Powered Er:YAG Laser. *Journal of Oral Laser Applications*. sept 2008;8(4):245-55.
26. Brunetaud J. M, Mordon S, Bourez J, Mosquet L, Moschetto Y. Therapeutic Applications Of Lasers . *Optical Fibers in the Biomedical Filed*. 1984; Proc. SPIE 0405.

27. Stroumza J. M. Laser associé aux techniques conventionnelles dans un cas complexe,

Dossier spécial Laser - AONews #18 (<https://www.aonews-lemag.fr>)

28. Yousefi-Nooraie R, Schonstein E, Heidari K, Rashidian A, Pennick V, Akbari-Kamrani M, Irani S, Shakiba B, MortazHejri S, Jonaidi A-R, Mortaz-Hedjri S. Low level laser therapy for nonspecific low-back pain. *Cochrane Database of Systematic Reviews* 2008, Issue 2. Art.

29. Pourzarandian A, Watanabe H, Ruwanpura SMPM, Aoki A, Ishikawa I. Effect of Low- Level Er:YAG Laser Irradiation on Cultured Human Gingival Fibroblasts. *Journal of Periodontology*. 1 févr 2005;76(2):187-93.

30. Aleksic V, Aoki A, Iwasaki K, Takasaki AA, Wang C-Y, Abiko Y, et al. Low-level Er:YAG laser irradiation enhances osteoblast proliferation through activation of MAPK/ERK. *Lasers in Medical Science*. juill 2010;25(4):559-69.

31. Kiernicka M, Owczarek B, Gałkowska E, Wysokińska-Miszczuk J. Comparison of the effectiveness of the conservative treatment of the periodontal pockets with or without the use of laser biostimulation. *Annales Universitatis Mariae Curie Sklodowska Medicina*. 2004;59(1):488-94.

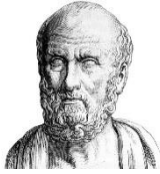
32. Femiano F, Femiano R, Femiano L, Aresu G, Festa VM, Rullo R, et al. Effectiveness of low-level diode laser therapy on pain during cavity preparation on permanent teeth. *American Journal of Dentistry*. oct 2018;31(5):267-71.

33. Asutay F, Ozcan-Kucuk A, Alan H, Koparal M. Three-dimensional evaluation of the effect of low-level laser therapy on facial swelling after lower third molar surgery: A randomized, placebo-controlled study. *Nigerian Journal of Clinical Practice*. sept 2018;21(9):1107-13.

34. Metin R, Tatli U, Evlice B. Effects of low-level laser therapy on soft and hard tissue healing after endodontic surgery. *Lasers in Medical Science*. nov 2018;33(8):1699-706.

35. Olivi G, Moor RD, DiVito E. Lasers in Endodontics: Scientific Background and Clinical Applications. Springer; 2016.

36. Honnorat V. Société Française de Parodontologie et d'implantologie orale - POSITION DE LA SFPIO SUR LE LASER EN PARODONTOLOGIE [Internet]. 2011. Disponible sur: <https://www.sfpio.com/espace-praticiens-et-membres/les-recommandations-de-la-sfpio/46-position-de-la-sfpio-sur-le-laser-en-parodontologie.html>



SERMENT MEDICAL

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Que les hommes m'accordent leur estime si je suis fidèle à mes promesses.

Que je sois déshonoré et méprisé de mes confrères si j'y manque.

LATIL Amandine – Un laser pour la réintervention en endodontie chirurgicale : Lequel ? Pourquoi ?

Th. : Chir. dent. : Marseille : Aix –Marseille Université : 2019

Rubrique de classement : Endodontie Conservatrice

Résumé :

Cette thèse a pour objectif de présenter les différents lasers utilisables en chirurgie endodontique et de déterminer leurs avantages éventuels par rapport aux techniques conventionnelles.

Dans un premier temps, les différents types de lasers existants en dentisterie sont décrits, de même que leurs modes d'action et effets sur les tissus cibles et environnants. La seconde partie rappelle les indications, contre indications et les temps opératoires de la chirurgie endodontique conventionnelle.

La troisième partie traite de l'utilisation des lasers lors des retraitements endodontiques rétrogrades : le laser Er:Yag apparaît comme étant le plus approprié. La discussion insiste sur le fait que trop peu d'études *in vivo* et d'études cliniques comparatives existent actuellement à ce sujet. Il est donc à ce jour impossible d'affirmer que le laser Er:YAG présente des avantages lors de l'intervention ou encore de meilleurs résultats cliniques par rapport à la méthode chirurgicale conventionnelle.

Mots clés :

Endodontie chirurgicale

Laser Er:YAG

Résection apicale

Vitrification

LATIL Amandine – A laser for reoperation in endodontic surgery: Which one ? Why ?

Abstract:

The aim of this thesis is to present the different kinds of lasers used in endodontic surgery and to evaluate their possible advantages compared to conventional technique.

In the first part of the work, different types of lasers used in dentistry are described, and also their modes of action and effects on target and surrounding tissues. The second part reviews the indications, contraindications, and surgical steps of conventional endodontic surgery. The third part deals with the utilisation of laser during retrograde treatment : Er :YAG laser seems to be the most appropriate. The discussion stresses that nowadays, too few *in vivo* studies and clinical comparative studies exist about this subject. Therefore, this is impossible to assess that Er :YAG laser provides benefits during the intervention or best clinical results compared to conventional surgical method.

MeSH:

Endodontic surgery

Laser Er:YAG

Apical resection

Vitrification

Adresse de l'auteur :

8 rue Fourier

13012 MARSEILLE