



**HAL**  
open science

## Utilisation des propriétés ablatives des lasers en orthodontie

Marie Objois

► **To cite this version:**

Marie Objois. Utilisation des propriétés ablatives des lasers en orthodontie. Chirurgie. 2020. dumas-03252355

**HAL Id: dumas-03252355**

**<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-03252355>**

Submitted on 7 Jun 2021

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

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



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

**THESE**

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

Présentée et publiquement soutenue devant la

Faculté d'Odontologie de Marseille  
(Doyen : Monsieur le Professeur Bruno FOTI)

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

***Utilisation des propriétés ablatives des lasers en  
orthodontie***

Présentée par

**OBJOIS Marie**

Née le 10/02/1993  
A Guilherand-Granges

Ardèche

Thèse soutenue le **Vendredi 18 Septembre 2020**

Devant le jury composé de

**Président : Professeur RUQUET Michel**

**Assesseurs : Professeur LE GALL Michel**

**Docteur PHILIP-ALLIEZ Camille**

**Docteur MATTERA Rémi**

**Invité : Docteur BACHET Damien**



**THESE**

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

Présentée et publiquement soutenue devant la

Faculté d'Odontologie de Marseille  
(Doyen : Monsieur le Professeur Bruno FOTI)

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

***Utilisation des propriétés ablatives des lasers en  
orthodontie***

Présentée par

**OBJOIS Marie**

Née le 10/02/1993  
A Guilherand-Granges

Ardèche

Thèse soutenue le **Vendredi 18 Septembre 2020**

Devant le jury composé de

**Président : Professeur RUQUET Michel**

**Assesseurs : Professeur LE GALL Michel**

**Docteur PHILIP-ALLIEZ Camille**

**Docteur MATTERA Rémi**

**Invité : Docteur BACHET Damien**

## ADMINISTRATION

*Mise à jour : mars 2020*

### **Doyens Honoraires**

Professeur	Raymond SANGIUOLO†
Professeur	Henry ZATTARA
Professeur	André SALVADORI
Professeur	Jacques DEJOU

### **Doyen Assesseurs**

Professeur	Bruno FOTI
Professeur	Michel RUQUET
Professeur	Anne RASKIN

### **Directeurs de Départements**

Formation Initiale	Professeur	Michel RUQUET
Recherche	Professeur	Anne RASKIN
Formation Continue	Professeur	Frédéric BUKIET

### **Charges de missions**

Relations Internationales	Professeur	Hervé TASSERY
Internat et Diplômes d'études spécialisées	Professeur	Virginie MONNET-CORTI
Affaires générales	Docteur	Patrick TAVITIAN

### **Responsable des Services Administratifs et Techniques**

Madame	Katia LEONI
--------	-------------

## **LISTE DES ENSEIGNANTS**

### **PROFESSEURS DES UNIVERSITES – PRATICIENS HOSPITALIERS DES CSERD**

BUKIET Frédéric (58-01)  
FOTI Bruno (56-02)  
MONNET-CORTI Virginie (57-01)  
ORTHLIEB Jean-Daniel (58-01)  
RASKIN Anne (58-01)  
RUQUET Michel (58-01)  
TARDIEU Corinne (56-01)  
TARDIVO Delphine (56-02)  
TASSERY Hervé (58-01)

### **PROFESSEUR DES UNIVERSITES**

ABOUT Imad (65)

### **MAITRES DE CONFERENCES DES UNIVERSITES – PRATICIENS HOSPITALIERS DES CSERD**

ABOUDHARAM Gérard (58-01)	LAURENT Michel (58-01)
BANDON Daniel (56-01)	LAURENT Patrick (57-01)
BELLONI Didier (57-01)	LE GALL Michel (56-01)
BOHAR Jacques (56-01)	MAILLE Gérald (58-01)
CAMOIN Ariane (56-01)	PHILIP-ALLIEZ Camille (56-01)
CAMPANA Fabrice (57-01)	POMMEL Ludovic (58-01)
CATHERINE Jean-Hugues (57-01)	PRECKEL Bernard-Éric (58-01)
GAUBERT Jacques (56-01)	RÉ Jean-Philippe (58-01)
GIRAUD Thomas (58-01)	ROCHE-POGGI Philippe (57-01)
GIRAUDEAU Anne (58-01)	STEPHAN Grégory (58-01)
GUIVARC'H Maud (58-01)	TAVITIAN Patrick (58-01)
JACQUOT Bruno (58-01)	TERRER Elodie (58-01)
LABORDE Gilles (58-01)	TOSELLO Alain (58-01)
LAN Romain (57-01)	

### **MAITRES DE CONFERENCES DES UNIVERSITES ASSOCIES**

BLANCHET Isabelle (56-01)  
MENSE Chloé (58-01)

## **ASSISTANTS HOSPITALIERS ET UNIVERSITAIRES**

AL AZAWI Hala (56-01)	HAHN-GOLETTI Larissa (58-01)
ANTEZACK Angeline (57-01)	LIOTARD Alica (58-01)
ARNIER Canelle (56-01)	MANSUY Charlotte (58-01)
BACHET-DORISON Damienne (56-01)	MARTIN William (56-01)
BALLESTER Benoît (58-01)	MATTERA Rémi (56-01)
CAMBON Isabelle (56-01)	MELLOUL Sébastien (57-01)
CASAZZA Estelle (56-01)	PARFU Anne (58-01)
CASTRO Romain (57-01)	PASCHEL Laura (58-01)
DAVID Laura (56-01)	PILLIOL Virginie (58-01)
DEVICTOR Alix (58-01)	REPETTO Andréa (58-01)
DODDS Mélina (58-01)	ROMANET Yvan (57-01)
DRAUSSIN Thierry (56-02)	SANTUNIONE Charlotte (58-01)
DUMAS Cathy (57-01)	SILVESTRI Frédéric (58-01)
HADJ-SAID Mehdi (57-01)	VINAÏ Michael (56-01)

## **ASSISTANTS DES UNIVERSITES ASSOCIES**

HOUVENAEGHEL Brice (57-01)  
LE FOURNIS Chloé (57-01)

Intitulés des sections CNU :

- 56<sup>ème</sup> section : Développement, croissance et prévention
  - 56-01 Odontologie pédiatrique et orthopédie dento-faciale
  - 56-02 : Prévention – Epidémiologie – Economie de la santé – Odontologie légale
- 57<sup>ème</sup> section : Chirurgie orale ; Parodontologie ; Biologie Orale
  - 57-01 : Chirurgie orale – Parodontologie – Biologie orale
- 58<sup>ème</sup> section : Réhabilitation orale
  - 58-01 : Dentisterie restauratrice – Endodontie – Prothèses – Fonction-Dysfonction – Imagerie – Biomatériaux

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

## *Remerciements*

**A NOTRE PRESIDENT DE THESE**

**Monsieur le Professeur Michel RUQUET**

Professeur des Universités - Praticien Hospitalier au CSERD de Marseille

Docteur en Chirurgie Dentaire

Doyen assesseur de l'UFR d'Odontologie de Marseille

Enseignant Chercheur (Anthropologie bio-culturelle, Droit, Ethique et Santé)

Aix-Marseille Université-CNRS-EFS.

*Nous apprécions l'honneur que vous nous avez fait  
en acceptant de présider notre jury de thèse.*

*Nous sommes fiers de soumettre  
ce travail à votre jugement compétent.*

*Nous vous prions de croire  
en notre profonde reconnaissance  
et notre plus grande gratitude.*

## **A NOTRE JUGE ET MAÎTRE**

**Monsieur le Professeur Michel LE GALL**

Professeur des Universités - Praticien Hospitalier au CSERD de Marseille

Docteur en Chirurgie Dentaire

Spécialiste qualifié en Orthopédie-Dento-Faciale

Responsable hospitalo-universitaire du service d'ODF - Hôpital de la Timone

Habilité à Diriger la Recherche

Chercheur associé UMRT24 IFSTTAR - Aix Marseille Université

*Vous nous faites l'honneur et le plaisir  
de siéger parmi le jury de cette thèse.*

*Nous ne saurons vous remercier pour l'excellence  
de votre enseignement et l'énergie  
que vous déployez à enrichir notre formation  
et à faire de ce service une vraie famille.*

*Nous avons pu apprécier au travers  
de ces trois belles années d'internat à votre côtés  
votre disponibilité, votre charisme, votre pédagogie  
ainsi que la passion de votre métier qui vous anime  
et que vous avez su nous transmettre.*

*Veuillez trouver ici le témoignage  
de notre profonde admiration.*

## **A NOTRE JUGE ET MAÎTRE**

**Madame le Docteur Camille PHILIP-ALLIEZ**

Maitre des conférences – Praticien hospitalier au CSERD de Marseille

Docteur en Chirurgie Dentaire

Spécialiste qualifiée en Orthopédie-Dento-Faciale

Responsable Unité Fonctionnelle ODF - Hôpital de la Timone

Chercheur associé UMRT24 IFSTTAR - Aix Marseille Université

*Nous avons été touchés par la confiance  
que vous avez bien voulu nous témoigner  
en acceptant d'être juge de ce travail.*

*Nous saluons votre bonne humeur communicative,  
votre douceur et sympathie à l'égard de vos internes  
ainsi que la qualité de votre enseignement.*

*Veillez trouver dans cet ouvrage,  
le témoignage de notre sincère considération  
et nos remerciements.*

**A NOTRE JUGE ET DIRECTEUR DE THESE**

**Monsieur le Docteur Rémi MATTERA**

Assistant hospitalier et universitaire

Docteur en Chirurgie Dentaire

Spécialiste qualifié en Orthopédie-Dento-Faciale

*Nous vous remercions de l'honneur  
que vous nous avez fait en acceptant de diriger notre travail.  
Vous avez su nous guider avec pertinence et intelligence  
pour mener à bien cet ouvrage.  
Nous avons été touchés par la confiance que vous avez bien voulu  
nous accorder tout au long de notre internat.  
Pour votre gentillesse, votre patience et votre bienveillance  
durant ces trois années d'étude,  
pour vos qualités pédagogiques et humaines qui vous caractérisent tant,  
qu'il nous soit permis ici de vous exprimer  
toute notre amitié et notre plus grand respect.*

**A NOTRE JUGE ET MAÎTRE**

**Madame le Docteur Damienne BACHET**

Assistant hospitalier et universitaire

Docteur en Chirurgie Dentaire

Spécialiste qualifiée en Orthopédie-Dento-Faciale

*Nous tenons à vous remercier très chaleureusement  
d'avoir accepté de siéger à ce jury de thèse.*

*Pour votre rigueur et les précieux conseils  
que vous m'avez prodigués durant mon internat,  
pour vos qualités humaines et votre gentillesse,  
veuillez trouver ici le témoignage  
de mes sincères remerciements  
et de ma grande estime.*

## TABLE DES MATIERES

<b>1</b>	<b>BASES PHYSIQUES DES LASERS MÉDICAUX.....</b>	<b>2</b>
1.1	RAPPELS .....	2
1.1.1	<i>La lumière.....</i>	2
1.1.2	<i>L'émission stimulée .....</i>	5
1.1.3	<i>Principe de fonctionnement du laser .....</i>	6
1.1.4	<i>Modes de fonctionnement du laser .....</i>	7
1.1.5	<i>Paramètres du faisceau laser.....</i>	8
1.1.5.1	Temps d'exposition .....	9
1.1.5.2	Surface d'exposition.....	9
1.1.5.3	La puissance .....	9
1.1.5.4	Densité de puissance.....	9
1.1.5.5	Densité d'énergie .....	9
1.2	INTERACTION TISSU – RAYONNEMENT LASER .....	10
1.2.1	<i>La réflexion.....</i>	10
1.2.2	<i>La transmission .....</i>	10
1.2.3	<i>La diffusion .....</i>	11
1.2.4	<i>L'absorption.....</i>	11
1.3	MECANISME D'ACTION DU LASER : ACTION D'UN FAISCEAU LASER SUR UN TISSU BIOLOGIQUE.....	14
1.3.1	<i>Effet Electromécanique .....</i>	15
1.3.2	<i>Effet Photo-ablatif.....</i>	15
1.3.3	<i>Effet Photo-chimique .....</i>	15
1.3.4	<i>Effet photo-thermique.....</i>	16
1.3.5	<i>Effet de biostimulation .....</i>	17
1.4	LES LASERS LES PLUS UTILISES EN ODONTOLOGIE.....	17
1.4.1	<i>Le laser Argon .....</i>	19
1.4.2	<i>Le laser diode .....</i>	19
1.4.3	<i>Le laser Nd : YAG .....</i>	22
1.4.4	<i>Le laser CO2 .....</i>	24

1.4.5	<i>Le laser ER YAG</i> .....	26
1.4.6	<i>Présentation</i> .....	28
<b>2</b>	<b>APPLICATIONS ET INDICATIONS EN ORTHODONTIE</b> .....	<b>30</b>
2.1	CHIRURGIE DES TISSUS MOUS .....	30
2.1.1	<i>Frénectomie labiale médiane supérieure</i> .....	30
2.1.1.1	Description .....	30
2.1.1.2	Indications de la frénectomie .....	31
2.1.1.3	Principe de l'intervention .....	32
2.1.2	<i>Frénectomie linguale</i> .....	34
2.1.2.1	Description .....	34
2.1.2.2	Indications de la frénectomie .....	34
2.1.2.3	Principe de l'intervention .....	37
2.1.3	<i>Aide à l'empreinte optique</i> .....	37
2.1.4	<i>Operculotomie - Décapuchonnage</i> .....	38
2.1.5	<i>Dégagement de couronne d'une dent incluse</i> .....	39
2.1.5.1	Définitions .....	39
2.1.5.2	Etiopathogénie .....	40
2.1.5.3	Démarche diagnostique .....	41
2.1.5.4	Dégagement d'une canine incluse en position palatine .....	42
2.1.5.5	Dégagement d'une canine maxillaire incluse en position vestibulaire .....	42
2.1.5.7	Elimination de tissu osseux .....	44
2.1.6	<i>Kyste éruptif</i> .....	45
2.1.7	<i>Accroissement gingival</i> .....	46
2.1.7.1	Etiopathogénie .....	46
2.1.7.2	Diagnostic .....	48
2.1.7.3	Attitude thérapeutique .....	48
2.1.8	<i>Aide à la fermeture d'espace</i> .....	50
2.1.9	<i>Correction de la ligne du sourire</i> .....	50
2.1.9.1	Les critères d'un sourire harmonieux .....	51
2.1.9.2	Conditions nécessaires à une gingivectomie esthétique .....	52
2.1.9.3	Protocole chirurgical .....	55

2.1.10	<i>Fibrotomie supracrestale assistée par laser</i> .....	56
2.1.11	<i>Aide à la récupération des mini-implants</i> .....	57
2.1.12	<i>Contention</i> .....	58
2.2	APPORT DU LASER EN COMPARAISON AUX TECHNIQUES CHIRURGICALES CONVENTIONNELLES .....	58
2.2.1	<i>Réduction des saignements et amélioration de l'hémostase</i> .....	58
2.2.2	<i>Précision du geste chirurgical</i> .....	59
2.2.3	<i>Diminution de la douleur et de l'inflammation</i> .....	59
2.2.4	<i>Amélioration de la cicatrisation</i> .....	59
2.2.5	<i>Diminution du risque infectieux – effet bactéricide</i> .....	60
2.2.6	<i>Affranchissement de l'étape d'anesthésie</i> .....	60
2.3	SUR LES TISSUS DURS .....	61
2.3.1	<i>Mordançage de l'émail</i> .....	61
2.3.2	<i>Aide à la dépose des brackets</i> .....	63
2.3.2.1	<i>Utilisation des laser basse énergie</i> .....	63
2.3.2.2	<i>Utilisation de laser haute énergie</i> .....	64
<b>3</b>	<b>LASER AU CABINET</b> .....	<b>65</b>
3.1	LEGISLATION .....	65
3.1.1	<i>Classification des lasers</i> .....	65
3.1.2	<i>Vignette autocollante d'information</i> .....	66
3.1.3	<i>Lunettes de protection</i> .....	66
3.2	CONTRE-INDICATIONS AU LASER .....	67
3.3	RISQUES ET PRECAUTIONS D'EMPLOI DU LASER AU CABINET .....	68
3.3.1	<i>Lésions oculaires</i> .....	68
3.3.2	<i>Lésions cutanées</i> .....	68
3.3.3	<i>Risque de projections</i> .....	68
3.3.4	<i>Risque d'électrocution</i> .....	69
3.3.5	<i>Le risque d'incendie</i> .....	69
	<b>CONCLUSION</b> .....	<b>70</b>
	<b>BIBLIOGRAPHIE</b> .....	<b>I</b>

## INTRODUCTION

Le mot « LASER » », acronyme pour « Light Amplification by stimulated emission of radiation » qui signifie « Amplification de lumière par émission stimulée de rayonnement » a fait son apparition en odontologie en 1960 et ses utilisations se sont depuis multipliées. Efficace tant sur les tissus durs que sur les tissus mous, de nombreuses études cliniques ont été menées ces dernières années afin d'en développer les différentes applications. C'est ainsi que le laser a trouvé ses indications en orthopédie dento-faciale que ce soit avant, pendant et après le traitement.

Après quelques rappels concernant le fonctionnement des lasers, nous détaillerons leurs nombreuses utilisations possibles sur les tissus mous, lors des chirurgies muco-gingivales. Nous verrons ensuite comment les lasers trouvent leur place dans les phases de collage et de dépose des brackets. Enfin, dans une dernière partie, nous aborderons le volet légal de l'utilisation des lasers en cabinet, ainsi que les risques inhérents à leur emploi.

# 1 BASES PHYSIQUES DES LASERS MÉDICAUX

## 1.1 Rappels

### 1.1.1 La lumière (1,2)

La **lumière** désigne un rayonnement électromagnétique visible par l'œil humain. Les ondes radio, les rayons X et Gamma sont également des rayonnements électromagnétiques. Ce phénomène physique correspond à un transport d'énergie sans transport de matière. Il se manifeste sous la forme d'un champ électrique couplé à un champ magnétique.

En tant que rayonnement électromagnétique, la lumière peut se modéliser de deux manières complémentaires (dualité onde-corpuscule) :

- Caractère ondulatoire :
  - Une onde lumineuse ou radiation lumineuse est caractérisée par sa **longueur d'onde** dans le vide  $\lambda$  exprimée en mètre. C'est la distance parcourue par l'onde entre deux oscillations (3);
  - Elle est inversement proportionnelle à sa **fréquence**  $\nu$  en Hertz. La fréquence d'une onde électromagnétique est le nombre d'oscillation par seconde ;
  - Dans le vide, toutes les radiations lumineuses se propagent avec la même **célérité**  $c=30\ 000\ 000$  km/s, quelque soit leur fréquence.

Ces grandeurs sont reliées entre elles par la formule :

$$\lambda_0 = \frac{c}{\nu}$$

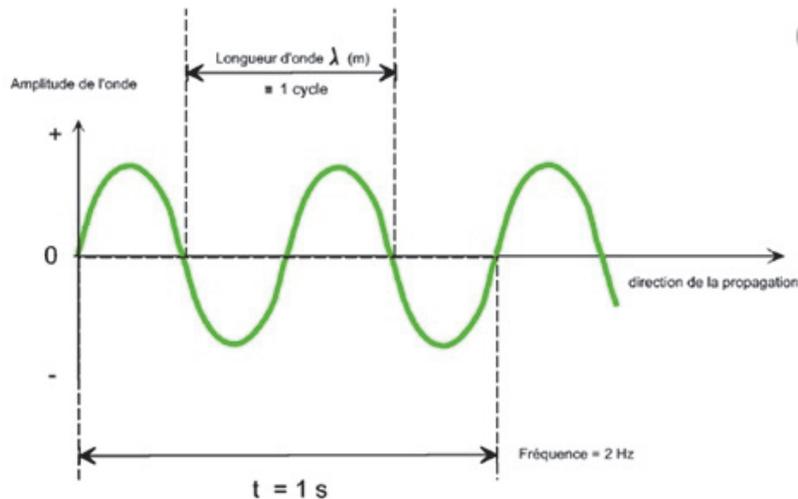


Figure 1 : Caractère ondulatoire de la lumière

- Caractère corpusculaire :

- Le **photon** est le quantum d'énergie (plus petite mesure indivisible, « grain » composant cette énergie) associé aux ondes électromagnétiques.
- L'**énergie** d'un photon est définie par la formule :  

$$e = h \cdot \gamma$$
 (avec  $h$  = constante de Planck et  $\gamma$  = fréquence de l'onde).

L'énergie d'un photon est donc proportionnelle à sa fréquence, et inversement proportionnel à la longueur d'onde du rayonnement.

De ce fait : plus la longueur d'onde d'une onde électromagnétique est courte, plus l'énergie qu'elle transporte est grande. Les rayons X transportent donc plus d'énergie que le micro-onde.

Le **spectre électromagnétique** est le classement des rayonnements électromagnétiques par fréquence, ou longueur d'onde dans le vide.

La lumière blanche visible ne constitue qu'une petite tranche du large spectre électromagnétique : elle est constituée de l'ensemble des ondes électromagnétiques perçues par la vision humaine, c'est-à-dire dont les longueurs d'onde dans le vide sont comprises entre 380 nm (violet) et 780 nm (rouge). Elle est polychromatique (4).

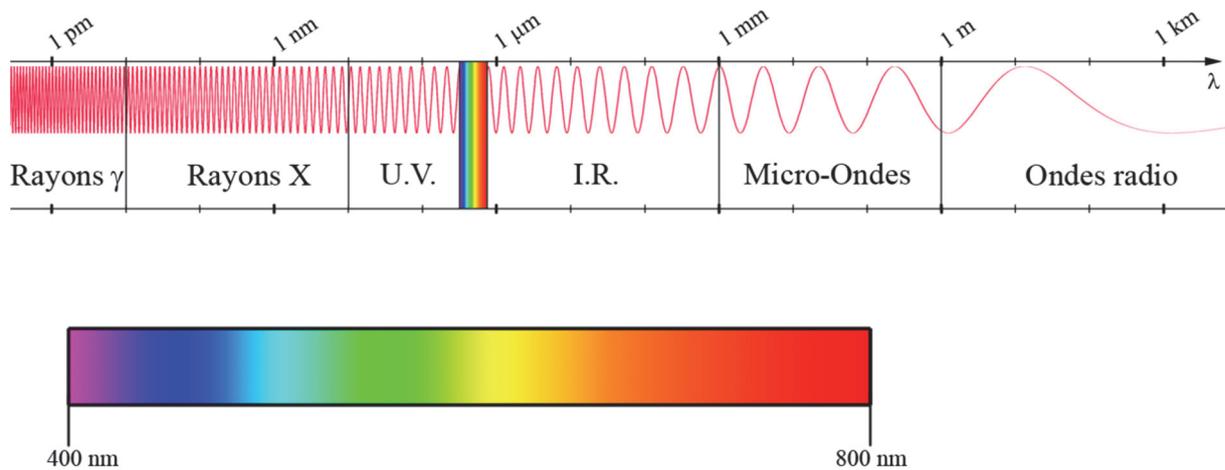


Figure 2: Le spectre électromagnétique (4)

La lumière laser n'existe pas dans la nature et doit être produite. Le rayonnement laser présente des qualités très particulières. Il est :

- Monochromatique : le rayonnement émis correspondant à une longueur d'onde unique sélectionnée ( $\lambda$  en m), ou fréquence ( $f$  en Hz), tandis que la lumière blanche est polychromatique ;
- Monodirectionnel : le faisceau de lumière laser est très faiblement divergent, quand le faisceau de lumière blanche l'est très fortement. En effet la divergence de la lumière laser est d'environ 3mrd, c'est à dire qu'à un mètre de la source, le rayon du faisceau n'a augmenté de que 0,3mm ;
- Cohérent : les photons émis par la source laser ne sont pas distinguables : ils ont la même phase, même amplitude même polarisation (angle formé par la vibration du champ électrique avec la direction de propagation) ; alors que la lumière visible est incohérente, c'est à dire que l'émission de photons s'effectuent de manière désordonnée et les photons de même longueur d'onde ne sont pas en phase. La cohérence de la lumière laser est à la fois spatiale et temporelle.

La synchronisation des photons offre au faisceau une énorme densité d'énergie, et le faisceau est dit puissant. Plus que la quantité de lumière, c'est la qualité de lumière fournie par le laser qui est son atout principal : quasi-parallélisme, pureté spectrale,

durées d'impulsions ultra courtes permettant des puissances instantanées gigantesques, jusqu'à 100 Gigawatts. C'est parce que ces lasers sont pulsés que des puissances si importantes peuvent être atteintes.

### 1.1.2 L'émission stimulée (5)

C'est Albert Einstein, qui, dans les années 30, a décrit le principe de l'émission stimulée : l'absorption d'énergie par un atome excité déplace un électron sur une orbite plus éloignée, le retour à l'état initial de l'électron entraîne l'émission d'un photon. L'état excité n'est pas stable, le retour à la stabilité induit l'émission d'un photon.

Si un électron déjà excité absorbe un autre photon de même énergie, il va émettre 2 photons lors de son retour sur son orbite de départ. C'est le principe de l'amplification avec inversion de population : les atomes, en majorité excités, émettent des photons qui excitent d'autres atomes.

Le système du pompage optique a ensuite été mis au point, en 1950, par Kastler et Brossel. Utilisant ce principe, le premier laser a été réalisé par T.H.Maiman aux USA, en 1960, à partir d'un barreau de rubis ( $\lambda = 694 \text{ nm}$ ) éclairé par une lampe flash.

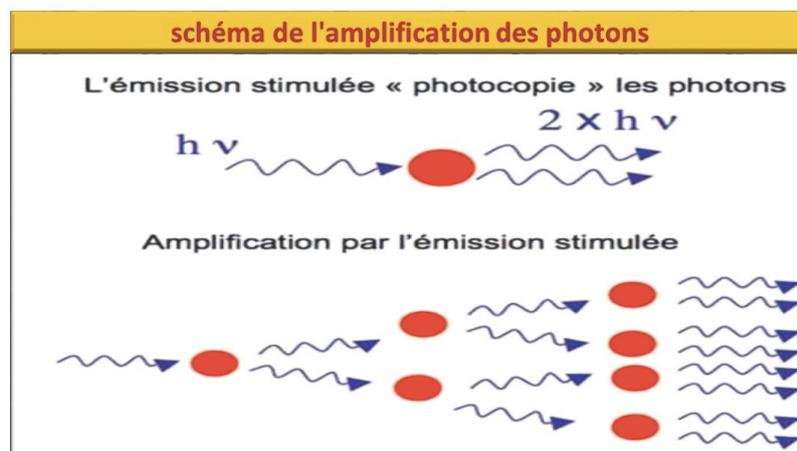


Figure 3 ; Principe de l'amplification des photons par émission stimulée (5)

### 1.1.3 Principe de fonctionnement du laser

Un appareil laser est constitué de 3 éléments de base (6) :

#### 1° Un milieu actif, qui peut être :

- Un solide (Nd:YAG, Er:YAG, Rubis, Saphir, Alexandrite) ;
- Un gaz (CO<sub>2</sub>, Ar<sup>+</sup>, Krypton<sup>+</sup>, He-Ne, Excimères) ;
- Un liquide (colorants) ;
- Un semi-conducteur (diodes) ;
- Une fibre optique.

Il est constitué de matière (réservoir d'électrons) que l'on va exciter.

Le milieu actif va ensuite restituer, sous forme d'un rayonnement, l'énergie mobilisée.

C'est le milieu actif qui donne son nom au laser, car il définit la longueur d'onde des photons émis. Pour les milieux actifs de type solide, les cristaux ou verres constituent la matrice et doivent être dopés par un ion qui donne sa longueur d'onde au laser. (Par exemple pour le Nd : YAG, la matrice est un Grenat d'Aluminium et d'Yttrium dopé par du Néodyme.)

2° Un dispositif d'excitation, dit système de pompage, source d'énergie extérieure utilisée pour exciter les atomes du milieu actif, et pouvant être de nature :

- Optique (lampe flash, lampe à arc, autre laser) : pour les lasers à corps solides et les lasers à colorants ;
- Décharge électronique : pour les lasers à gaz ;
- Décharge électrique : pour les lasers à diodes.

3° Un milieu amplificateur ou cavité de résonance, dont le but est d'augmenter la densité de lumière grâce au principe d'émission stimulée. Les photons sont émis dans le milieu amplificateur entre 2 miroirs dont l'un est réfléchissant et l'autre l'est partiellement, laissant passer les photons (de même phase, même fréquence, même direction et même couleur), par une ouverture, formant le faisceau laser. La cavité peut comprendre également des éléments dispersifs : prisme, réseau, filtre de Liot, Fabry-Pérot, ainsi que des lentilles.

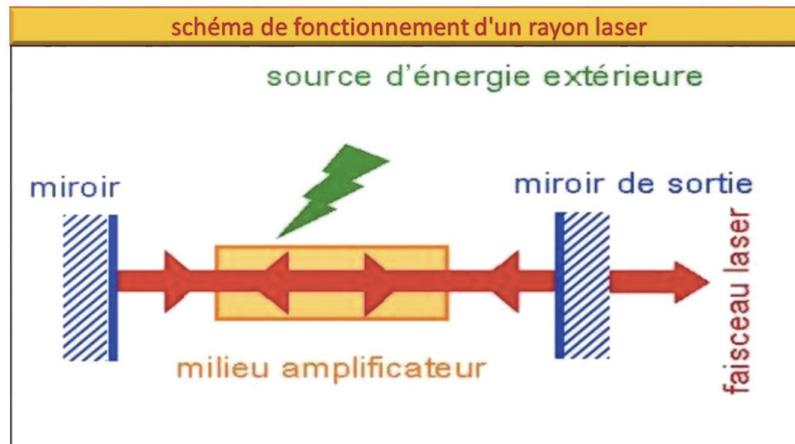


Figure 4 : Principe de fonctionnement d'un appareil laser (6)

Un système de refroidissement permet de compenser l'échauffement produit dans l'appareil en fonctionnement et produisant une forte puissance énergétique.

Une fois constitué, le faisceau laser est transmis par différentes technologies :

- Une fibre optique : souple et solide, elle peut transmettre de grandes puissances avec un bon rendement, mais elle ne peut transmettre que dans le proche UV, le visible et le proche infra-rouge ;
- Un bras optique : constitué d'une succession de tubes articulés et de miroirs réfléchissants : il est utilisé pour l'UV lointain (excimère), les lasers Q-Switchés, ou pour l'IR lointain (CO<sub>2</sub>).

#### 1.1.4 Modes de fonctionnement du laser (7–9)

Une technologie laser permet donc de fabriquer une très grande quantité de photons, dont l'intensité de chaque tir et la forme du faisceau peuvent être émis selon différents modes.

Le laser peut émettre :

- En mode continu, produisant de 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 extérieur ;
- En mode impulsionnel relaxé, produisant des 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 ;

- En mode impulsionnel déclenché ou Q-switché, produisant des MégaWatts, avec des durées d'impulsion de l'ordre de la nanoseconde. Un obturateur optique bloque le démarrage de l'émission stimulée. A la fin de l'impulsion de pompage, l'obturateur est ouvert, libérant l'énergie sur un temps très court. La puissance du laser est très importante, pendant un minimum de temps, réduisant l'élévation de température dans l'appareil.

La puissance est inversement proportionnelle au temps d'émission du laser.

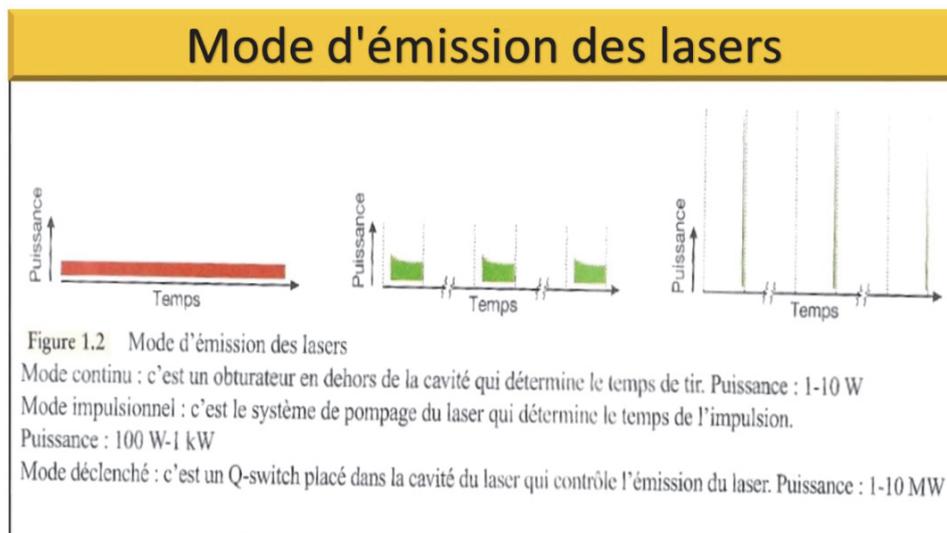


Figure 5 : Mode de fonctionnement des lasers (7)

### 1.1.5 Paramètres du faisceau laser (10)

On détermine les paramètres suivants :

- Longueur d'onde : en nm ;
- Durée d'émission, ou temps d'exposition : en secondes ;
- Diamètre (D) et surface du spot ( $\pi \times D^2/4$ ) en  $\text{cm}^2$ . Elle dépend de la surface du faisceau, de la distance laser-cible, de la présence d'éléments optiques sur le trajet du faisceau ;
- Energie totale déposée ou dose : en Joules (J) ;

- Puissance P exprimée en Watts (J / s) ;
- Densité de puissance ou irradiance ( $W / cm^2$ ) : puissance délivrée par  $cm^2$  ;
- Densité d'énergie ou fluence (F) mesurée en  $J/cm^2$  : énergie délivrée par  $cm^2$ .

#### *1.1.5.1 Temps d'exposition*

Il correspond à la durée globale d'irradiation. Il faut néanmoins différencier le mode de fonctionnement des lasers, continus ou pulsés:

- en mode continu, durée d'exposition et temps d'utilisation sont identiques
- en mode pulsé, la durée d'exposition est égale au temps d'utilisation multiplié par le nombre d'impulsions et par le temps d'impulsion.

#### *1.1.5.2 Surface d'exposition*

C'est la surface irradiée par le laser. Elle dépend de la distance laser-cible, de la présence d'éléments optiques sur le trajet du faisceau, de la divergence du faisceau.

#### *1.1.5.3 La puissance*

Elle s'exprime en Watts. C'est la puissance instantanée qui importe dans les lasers pulsés.

Elle est égale à l'énergie de l'impulsion laser divisée par le temps d'impulsion.

#### *1.1.5.4 Densité de puissance*

C'est l'énergie délivrée à la cible par seconde et par unité de surface. Elle s'exprime en Watts par  $cm^2$  ou  $m^2$ .

#### *1.1.5.5 Densité d'énergie*

C'est l'énergie reçue par unité de surface de la cible. Elle s'exprime en Joules par  $cm^2$  ou  $m^2$ .

## 1.2 Interaction tissu – rayonnement laser (8,11,12)

L'interaction laser-tissu dépend des caractéristiques du faisceau laser et des propriétés des tissus. Lors de cette interaction, quatre phénomènes intéressant la lumière incidente se produisent : réflexion, diffusion, absorption, transmission. Le principal effet recherché est l'absorption du faisceau par le tissu. L'énergie va être transformée en chaleur et provoquer un effet tissulaire proportionnel à l'élévation de température obtenue.

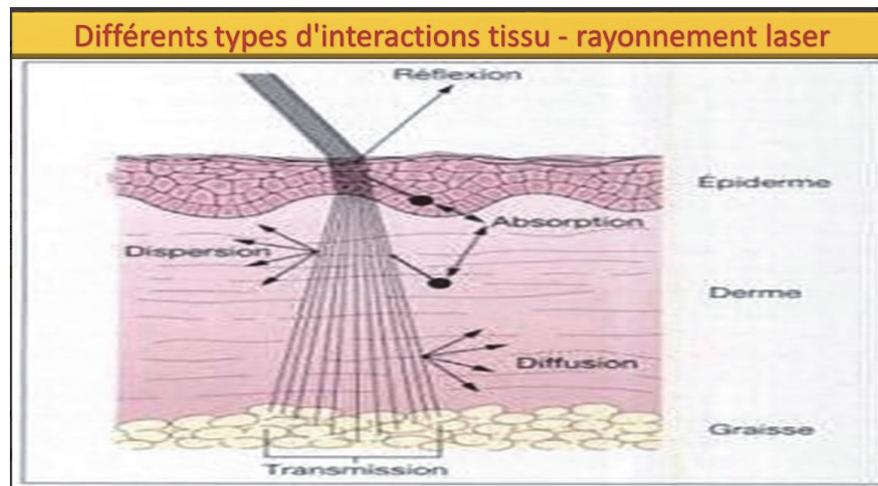


Figure 6 : Interactions tissu – rayonnement laser (8)

### 1.2.1 La réflexion

Lorsqu'un faisceau de lumière passe d'un milieu à l'autre, d'indice différent, une partie de ce faisceau est réfléchi au niveau de la frontière entre ces deux milieux, alors que la seconde traverse cette frontière et pénètre l'autre milieu (d'où le port de lunettes : 4 à 5 % de la lumière sont réfléchis au niveau de la couche cornée).

Il est important de connaître la réflexion de la lumière par les tissus afin d'évaluer la quantité d'énergie qui pourra être ensuite absorbée ou diffusée dans le tissu.

### 1.2.2 La transmission

Elle correspond à la fraction du faisceau qui n'est ni réfléchi, ni diffusée, ni absorbée.

La transmission de la lumière résiduelle au tissu sous-cutané est prédominante pour les longueurs d'onde les plus courtes (300-400 nm).

### 1.2.3 La diffusion

Le faisceau initial change de direction au contact de la cible sans perte d'énergie. La diffusion dépend de la nature du tissu. C'est un effet non recherché car concernant un volume plus important que la cible visée avec un effet atténué sur celle-ci.

La diffusion est due essentiellement au collagène du derme, et se fait vers la profondeur et latéralement. Elle diminue rapidement le flux d'énergie susceptible d'être absorbé par le chromophore cible et donc l'effet clinique sur les tissus.

Dans le rouge et le proche infra-rouge, où l'absorption de la peau est faible, la diffusion est le mécanisme optique dominant, ce qui conduit à une plus forte pénétration de la lumière en profondeur, et à des volumes illuminés importants. On peut observer ce phénomène en plaçant dans le noir une ampoule sous la main : seul le rouge passe, les autres couleurs étant absorbées. L'intervalle des longueurs d'onde comprises entre 600 et 1200 nm constitue une fenêtre optique dans la peau (diffusion faible, absorption par les chromophores endogènes limitée).

La diffusion dépend de la taille des particules, de leur forme, de la longueur du rayon incident. Les tissus biologiques sont anisotropes, toutes les directions ne sont pas équivalentes. Le sang est le milieu le plus diffusant.

### 1.2.4 L'absorption

Elle nécessite la présence d'une cible dont le spectre d'absorption correspond à la longueur d'onde du faisceau laser.

Le photon est absorbé par la cible et produit un effet thérapeutique : c'est la première étape du transfert d'énergie.

La lumière d'une longueur d'onde donnée transmise au travers d'un tissu dépend de son intensité initiale, de la profondeur de pénétration et de la distance d'extinction.

La pénétration de la lumière dans la peau dépend du coefficient d'absorption et du coefficient de diffusion.

La profondeur de pénétration de la lumière est la distance à laquelle il ne reste que 13% des photons émis : c'est la profondeur maximale théorique.

Par exemple, à 755 nm, pour 100% de la lumière incidente à la surface de la peau, 13,7 % pénètre jusqu'à 3,13 mm de profondeur : c'est la valeur maximale pouvant être atteinte à cette longueur d'onde.

D'autres facteurs influencent l'absorption tels que : le temps d'application, la densité d'énergie, la surface du spot.

Les principales cibles biologiques des lasers sont :

- La mélanine (spectre : 300 à 1100 nm) ;
- L'oxyhémoglobine (spectre : 300 à 1100 nm, pic à 577 nm) ;
- L'eau (spectre : UV, parties moyennes et extrêmes de l'Infra-Rouge).

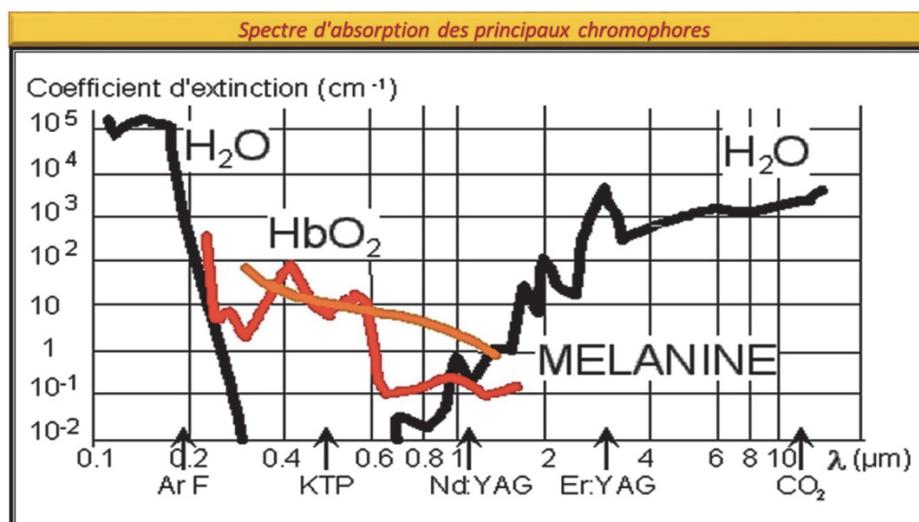


Figure 7 : Spectre d'absorption des principaux chromophores (12)

L'action thermique dépend essentiellement de deux facteurs : le chromophore cible et la longueur d'onde du faisceau laser.

Un chromophore est un composant biologique spécifique qui va capter préférentiellement une couleur de lumière et donc une longueur d'onde d'un laser. En captant de manière sélective le rayon laser, le chromophore subit des réactions

localisées alors que les tissus biologiques environnants sans chromophores restent relativement intacts. Le rayonnement lumineux est attiré spécifiquement vers le chromophore.

Pour être le plus efficace dans l'action souhaitée, il faut optimiser la longueur d'onde par rapport aux caractéristiques d'absorption du chromophore visé. Le degré d'absorption du faisceau lumineux par un tissu dépend de la longueur d'onde utilisée et de la quantité d'eau contenue dans le tissu ciblé.

La profondeur de pénétration dans le tissu varie en fonction de plusieurs paramètres (13,14):

- La longueur d'onde : les lasers non ablatifs ont tendance à pénétrer plus profond quand la longueur d'onde est plus importante. Aussi les lasers infrarouges pénètrent plus profondément que les lasers du domaine visible. Cette propriété n'est plus valable pour les lasers ablatifs à cause de leur affinité pour l'eau, présente dès les premières couches de la muqueuse. Les lasers CO2 pour erbium sont donc peu pénétrants ;

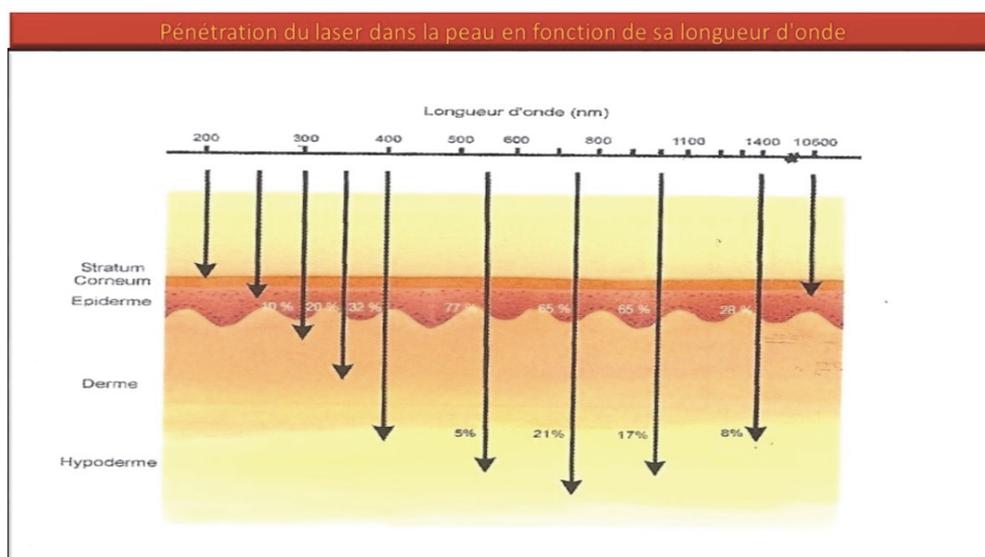


Figure 8 : Pénétration du laser dans la peau en fonction de sa longueur d'onde (13)

- La taille du spot : elle joue une importance dans la répartition de l'énergie dans la profondeur de pénétration. Pour une même longueur d'onde, les spots plus larges pénètrent plus en profondeur que les spots plus étroits ;

Notion de pénétration du laser dans la peau en fonction de la **taille de spot**

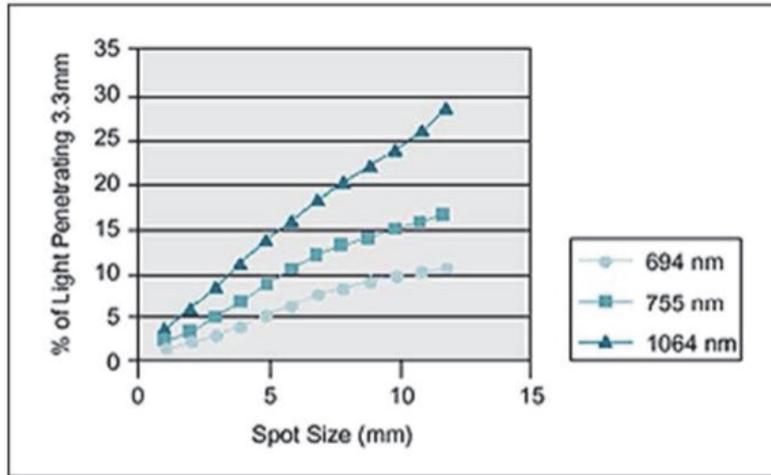


Figure 9 : Pénétration du laser dans la peau en fonction de la taille du spot (14)

- La durée du pulse : plus elle est longue, plus il y a une pénétration en profondeur et en latéral augmentées.

### 1.3 Mécanisme d'action du laser : action d'un faisceau laser sur un tissu biologique (15,16)

Notion de pénétration du laser dans la peau en fonction de la **couleur**

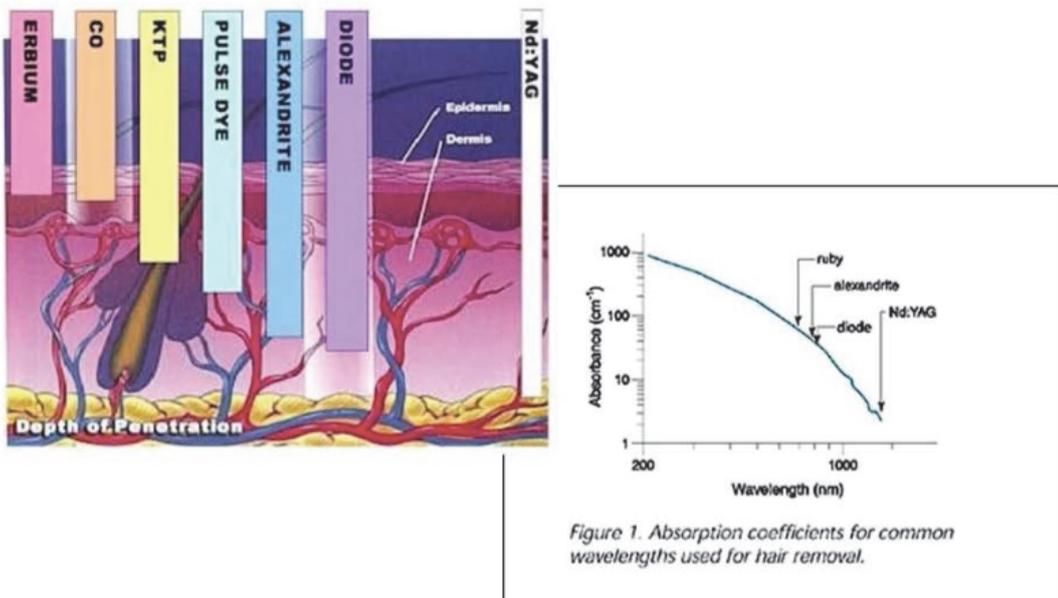


Figure 1. Absorption coefficients for common wavelengths used for hair removal.

Figure 10 : Pénétration du laser dans la peau en fonction de la couleur (15)

Le rayonnement laser est donc de l'énergie caractérisée par une longueur d'onde qui en étant absorbée dans l'environnement dans lequel il se déplace va produire des effets physiques et biologiques.

L'absorption du faisceau laser par le tissu cible est à l'origine des effets électromécaniques, photo-ablatifs, photo-thermiques, photochimiques, et de biostimulation.

### 1.3.1 Effet Electromécanique

Il est produit par des impulsions très courtes (10 ps à 100 ns) et des puissances très élevées ( $10^7$  à  $10^{12}$ W/cm<sup>2</sup>), provoquant la formation d'un micro-plasma au point de focalisation où la température et la pression sont très importantes. Il apparaît une onde de choc acoustique capable de réaliser l'ablation mécanique des tissus : on parle de phénomène de cavitation.

### 1.3.2 Effet Photo-ablatif

C'est une ablation pure du matériel comme le ferait une lame froide sans lésion thermique sur les berges. Avec de très courtes longueurs d'onde (0,190 à 0,300 nm) le champ électrique associé à la lumière est supérieur à l'énergie de liaison moléculaire. Il y a alors rupture des liaisons et les composants du tissu sont gazéifiés. Les durées d'impulsion sont de l'ordre de 10 ns à 1  $\mu$ s. On utilise des lasers pulsés très absorbés et dont l'énergie des photons est très grande. C'est le cas des lasers excimères utilisés en ophtalmologie.

### 1.3.3 Effet Photo-chimique

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

### 1.3.4 Effet Photo-thermique

La photothermolyse est l'effet le plus couramment utilisé. Les durées d'émission vont de quelques centaines de microsecondes à quelques millisecondes, l'irradiance de 10 à  $10^6$  W/cm<sup>2</sup>.

L'effet photothermique résulte de trois étapes :

- Conversion de la lumière en chaleur : celle-ci est transférée vers les tissus avoisinant. Elle dépend de la réflexion, de la diffusion optique et de l'absorption du laser par le tissu ;
- Transfert de la chaleur par convection et conduction ;
- Rétraction tissulaire liée à l'augmentation de la température et à la durée d'échauffement.

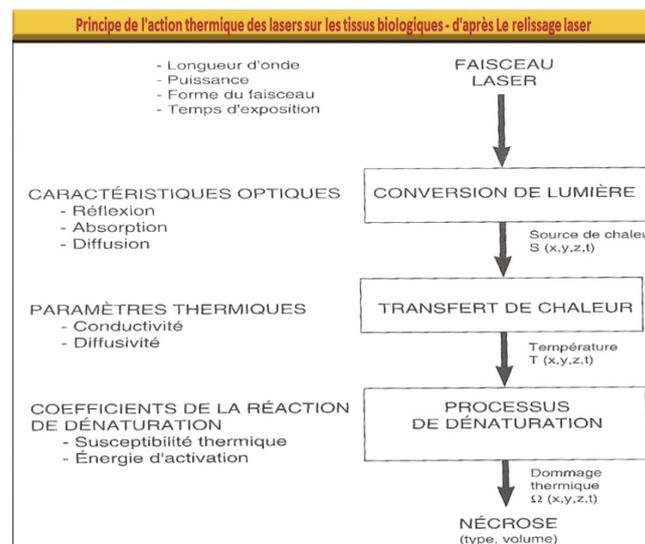


Figure 11 : Action thermique des lasers sur les tissus biologiques (16)

Température (°C)	Changements histologiques
45°C	Vasodilatation, dommage endothélial
50°C	Disparition de l'activité enzymatique
60°C	Désorganisation des membranes cellulaires dénaturation des protéines
70°C	Dénaturation du collagène perméabilisation des membranes
80°C	Contraction des fibres de collagène nécrose de coagulation
90°C	Vaporisation de l'eau
100°C	Volatilisation des constituants organiques

Figure 12 : Tableau récapitulatif des changements histologiques en fonction de la température (16)

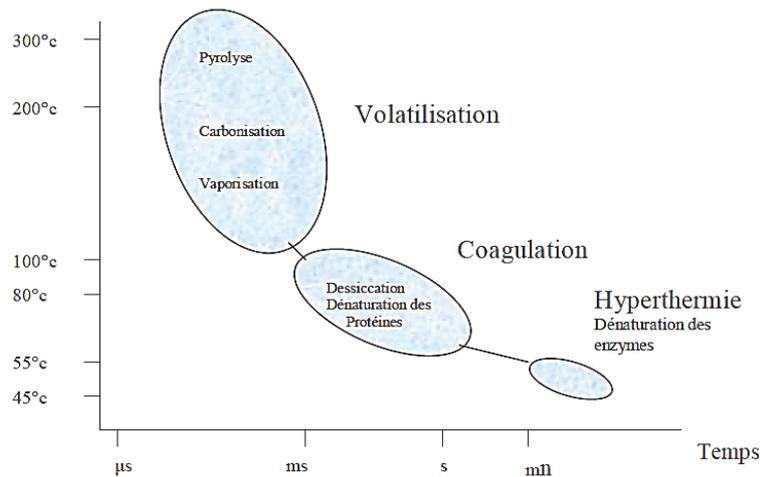


Figure 13 : Effets thermiques tissulaires (16)

A 100°C, les procédés d'incision des tissus mous sont rendus possibles. C'est la vaporisation de l'eau à l'intérieur des cellules et entre celles-ci, c'est à dire une micro-explosion des molécules d'eau qui est à l'origine de l'ablation du tissu biologique.

### 1.3.5 Effet de biostimulation (17)

A très faible puissance, 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 un effet anti-inflammatoire et une réduction du temps de cicatrisation.

## 1.4 Les lasers les plus utilisés en odontologie

Il n'existe pas un laser mais des « lasers », chacun ayant pour spécificité la longueur d'onde unique des photons en phase qui composent son rayonnement puissant et monodirectionnel. Les lasers sont souvent appelés du nom de leur milieu actif, ce dernier pouvant être solide, liquide ou gazeux. C'est le milieu actif qui impose la longueur d'onde, donc la couleur du faisceau laser.

Parmi l'ensemble des lasers médicaux, ceux utilisés en odontologie sont essentiellement :

- les diodes laser
- le laser Argon
- le laser Nd-YAG
- le laser CO<sub>2</sub>
- le laser Erbium-YAG

qui émettent à des longueurs d'onde plus ou moins grandes.

Le laser est déterminé par sa longueur d'onde. Chaque longueur d'onde possède une absorption spécifique dans les différents constituants des tissus biologiques : eau, hémoglobine, hydroxyapatite et mélanine (3).

On remarque, sur la courbe d'absorption des principaux constituants de nos tissus, qu'il existe une gamme de longueur d'onde (entre 800 nm et 1400 nm) où les coefficients d'absorption dans l'eau, dans la mélanine et dans l'hémoglobine se côtoient avec des valeurs voisines. Les lasers qui émettent dans cette zone du spectre, auront une absorption moins spécifique, et donc seront plus pénétrants dans les tissus. Ce sont des laser dits « pénétrants ».

En revanche les longueurs d'onde situées dans l'infrarouge plus lointain auront une absorption différentielle plus spécifique de l'eau et beaucoup plus importante dans les chromophores de façon générale. Elles sont donc très intéressantes pour une utilisation plus spécialisée, tout particulièrement dans l'action sur les tissus durs et les tissus mous. Les lasers là sont dits « peu pénétrants ».

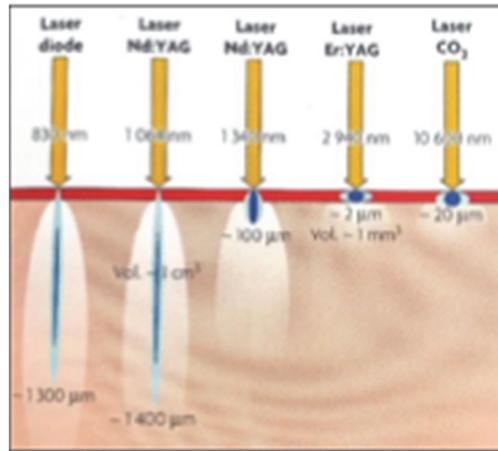


Figure 14 : Différence de pénétration selon le type de laser (17)

#### 1.4.1 Le laser Argon (8,18)

Le milieu actif est un gaz : l'argon ionisé. Le domaine spectral est dans le visible : 488 nm (bleu), 496 nm (bleu-vert) ou 514 nm (vert). Il délivre une puissance de quelques Watts (5 W). Transmis par fibre, il émet en mode continu.

Il est très absorbé par **l'hémoglobine et la mélanine**, mais très peu par l'eau : son rôle en chirurgie est donc incomplet. Il est orienté sur la coagulation, mais il est moins efficace que les lasers diodes pour réaliser à la fois des excisions, incisions et coagulation. Ce laser permet des procédures assez spécifiques sur des lésions vasculaires, notamment en dermatologie pour l'exérèse de lésions superficielles.

Il peut être aussi utilisé pour améliorer la **photo polymérisation** des composites. Aujourd'hui, ce laser est peu utilisé par les dentistes à cause de son coût à l'achat et à la maintenance, et ses indications limitées en chirurgie-dentaire.

#### 1.4.2 Le laser diode (19–23)

Les milieux actifs de ce type de laser sont constitués de différents semi-conducteurs à l'état solide. Les plus utilisés en chirurgie dentaire sont à base d'arséniure de gallium (Ga As) dopés par de l'aluminium ou de l'indium, et activés par une décharge électrique. Ils émettent dans le spectre proche infrarouge, entre 808 et 980 nm selon la composition du milieu actif.

C'est un laser qui émet en mode continu, mais le faisceau peut être utilisé en mode pulsé grâce à un système mécanique d'obturation.

Il possède une puissance de sortie relativement faible : 2 à 20 W. L'énergie du rayonnement laser est généralement transmise par une grande variété de fibres optiques qui permettent d'intervenir en mode contact aussi bien qu'en mode non-contact.

- Absorption :

Les longueurs d'onde émises par le laser diode sont fortement absorbées dans les tissus contenant de l'hémoglobine, mélanine, oxyhémoglobine et à un moindre degré par l'eau. Elles ne sont en revanche pas du tout absorbées par l'hydroxyapatite. On remarque, sur la courbe d'absorption des principaux constituants de nos tissus, qu'il existe une gamme de longueur d'onde (entre 800 nm et 1400 nm) où les coefficients d'absorption dans l'eau, dans la mélanine et dans l'hémoglobine se côtoient avec des valeurs voisines. C'est dans cette zone qu'émet le laser diode d'où son absorption peu spécifique dans les tissus mous.

- Pénétration :

Du fait de cette absorption peu spécifique du rayonnement dans les tissus, le laser diode est alors fortement pénétrant. Le faisceau va traverser les tissus en cédant progressivement son énergie. Sa profondeur de pénétration est d'environ 5mm. Cette caractéristique lui confère des propriétés de biostimulation.

- Indications :

- Chirurgie des tissus mous pour son excellente propriété hémostatique
- Endodontie : Stérilisation canalaire ;
- Parodontie : Stérilisation/Décontamination des poches parodontales ;
- P.A.D = Photo activated Dye Therapy in dentistry (Utilisation de colorants=chromophores) ;
- P.D.T = Photo Dynamic Therapy = Destruction de Cellules cancéreuses (destruction sélective) ;
- Photo Activated Desinfection ;
- Photobiomodulation ;

- Avantages du laser diode :
  - Compact, économique, facilité d'utilisation, peu de maintenance. Sa production de masse (industrie, télécommunications, médecine) a contribué à sa large diffusion. Associant petits volumes et « petits » prix (5 000€) ce sont les lasers les plus répandus chez les chirurgiens-dentistes ;
  - Etendue de ses indications ;
  - Low Level Laser Therapy : C'est le laser de choix pour réaliser des réactions photochimiques de biomodulation en défocalisant la fibre à distance du tissu cible ou à l'aide d'une pièce à main de défocalisation ;
  - Utilisables pour les procédures d'endoscopie avec beaucoup de fibres optiques différentes ;
  - Meilleure coagulation que le laser CO2 car il absorbe très fortement l'hémoglobine ;
  
- Inconvénients du laser diode :
  - Effet diffusion (scattering) important : l'effet thermique sur les tissus environnants est plus important que pour les lasers à CO2. La zone de nécrose thermique peut s'étendre jusqu'à 9 mm de l'incision pour un manipulateur peu expérimenté. « What you don't see can hurt you » ;
  - Les formats les plus compacts peuvent manquer de puissance pour réaliser certains actes (gingivectomie d'une arcade complète...) ;

- Laser diode et biomodulation :

La photobiomodulation, la biomodulation ou la biostimulation, ou LLLT (« Low Level Laser Therapy »), est la capacité du rayon laser à agir sur le vivant sans l'altérer. La lumière laser possède la propriété de modifier l'activité enzymatique des cellules, voire d'induire des proliférations cellulaires. L'absorption de l'onde monochromatique rouge visible ou du proche infrarouge par les composants de la chaîne respiratoire cellulaire de la mitochondrie transforment les molécules protéiques en énergie sous la forme d'ATP (Adénosine Triphosphate). Schématiquement, cette énergie permet une augmentation des mécanismes de néoformation osseuse et de résorption et une

accélération du mouvement dentaire.

Le laser diode est le laser de choix pour réaliser des réactions photochimiques de biomodulation en défocalisant la fibre à distance du tissu cible ou à l'aide d'une pièce à main de défocalisation.

La photobiomodulation trouve ses indications dans la réduction de la douleur et de l'inflammation, la régénération nerveuse, l'accélération des mouvements orthodontiques. Elle trouve aussi son utilité dans les traitements de l'herpès, ulcérations, hypersensibilités dentaire, régénération des fibres nerveuses lésées après chirurgie orthognatique par exemple.

#### 1.4.3 Le laser Nd : YAG (3,9,24,25)

Le milieu actif est un solide : le grenat d'yttrium et d'aluminium dopé au néodyme (un cristal). Son rayonnement est invisible et émet dans le domaine de l'infrarouge à une longueur d'onde de 1064 nm.

Ces lasers peuvent délivrer des rayonnements de puissance très importante (100 Watts). L'énergie est transmise par des fibres optiques à base de silicone qui peuvent facilement être introduites par le canal opérateur d'endoscope. La transmission est assurée par fibres optiques souples de 300µm de diamètre, donnant une grande maniabilité à la pièce à main : la fibre peut travailler soit en focalisé soit en défocalisé. Les lasers y AG dentaires travaillent le plus souvent selon un mode pulsé.

C'est un laser de taille et poids intermédiaires entre les lasers diodes et les lasers à grandes longueurs d'onde (13 kg). Il coûte environ 25 000 €.

- Absorption :

Il est bien absorbé par les tissus pigmentés (hémoglobine et mélanine) et plus modérément par l'eau et l'hydroxyapatite.

- Pénétration :

Il a une pénétration importante dans les tissus mous. Le rayonnement peut donc causer des dégâts en profondeur. C'est donc un laser plus délicat à manipuler avec

risque d'échauffement des tissus en périphérie de la zone traitée (6mm de diffusion) avec dénaturation des protéines provoquant une réaction inflammatoire.

- Avantages du laser Nd : YAG
  - Pouvoir important de coagulation ;
  - Puissance élevée ;
  - Utilisable en endoscopie.
  
- Inconvénients :
  - Lésions thermiques importantes avec forte augmentation de chaleur (jusqu'à 2cm en profondeur). Ces lasers doivent être réservés à des utilisateurs avertis et expérimentés ;
  - Diffusion ou Scattering important.
  
- Indications du laser Yd : YAG
  - Sur les tissus durs
    - Fort effet thermique entraînant une Stérilisation/Décontamination des cavités ;
    - Ablation des tissus fongés hémorragiques ou cariés ;
    - Stérilisation des cavités cariées, du ciment en parodontie (avec modification de l'état de surface) ;
    - Reprise de traitements de canaux Stérilisation/Décontamination des canaux en endodontie ;
    - Vitrification dentinaire permet le traitement des hypersensibilités dentinaires et la réalisation de fonds de cavités.
  
  - Sur les tissus mous
    - Hémostase des petits vaisseaux ;
    - Incisions ;
    - Désinfections ;
    - Retrait des tissus de granulation ;
    - Traitement des poches parodontales (grâce aux fibres) en complément des techniques classiques, activité bactéricide (Prevotella, Porphyromonas) ;
    - Traitement des péri-implantites à faible énergie.

#### 1.4.4 Le laser CO2 (3,26,27)

Le laser à CO2 est un laser à gaz de grande puissance. Le milieu actif est un **gaz**, composé de 10 à 20 % de **dioxyde de carbone**, de 10 à 20 % **diazote**, de dihydrogène et d'hélium. Il est activé par une décharge électrique.

Il émet à une longueur d'onde de 10 600 nanomètres, le situant dans le moyen infrarouge du spectre électromagnétique.

Sa puissance peut varier de 5 W à plusieurs centaines de Watts. Le mode de fonctionnement peut être pulsé ou continu, et le contenu focalisé ou défocalisé.

Le système de transmission du faisceau est le **système de tube creux ou de bras articulé**, le rayon ne peut être conduit avec les fibres optiques.

En clinique, le programme choisi du laser est fonction de l'indication du traitement, de l'épaisseur des tissus, des pathologies en présence, et sera réévalué après un premier tir minoré ; le mouvement imprimé à la pièce à main étant de type « balayage » au pinceau ; le temps de repos dans les cas présentés étant pour ce laser en mode manuel (par interruption de l'action de la pédale). Les paramètres utilisés pour l'excision des tumeurs bénignes de la cavité buccale seront les suivants : entre 3 et 5 watts en mode continu, rayon focalisé pour s'en servir comme d'un bistouri optique.

- Absorption

Il possède une très bonne absorption dans l'eau mais une mauvaise absorption dans l'hémoglobine. C'est donc un très bon laser pour les tissus mous. Son effet de coagulation sur les petits vaisseaux se fera par élévation thermique et déshydratation.

- Pénétration

C'est un laser dit peu pénétrant : 98 % du faisceau est absorbé dans les premiers 0,01 millimètre d'un tissu cible muqueux. L'énergie est entièrement absorbée au voisinage du point d'impact, et très peu diffusée.

C'est l'outil idéal pour toutes les chirurgies de tissus mous classiques.

- Avantages du laser à CO2 :

- Sélectivité d'action et intégrité des tissus adjacents : sa longueur d'onde 10600 nm est massivement absorbée par l'eau. L'énergie sera donc très

fortement absorbée en surface de la muqueuse buccale, mais ne sera que faiblement diffusée en profondeur, ce qui limite fortement les destructions tissulaires hors du faisceau direct. Les dommages collatéraux de nécrose thermique sont très limités avec ce rayonnement (<3mm). La rapidité d'exérèse au laser CO<sub>2</sub> permet en effet de limiter la diffusion thermique aux tissus adjacents et donc de rester intacts ; comme on a une faible réaction inflammatoire, la rétraction tissulaire est moindre (Bellina J.H. et al., 1984) ;

- Finesse de coupe, précision, rapidité du geste et puissance modulable : lorsque le laser est utilisé comme un « light scalpel » (faisceau utilisé pour la section, à la distance focale), il permet une très grande précision de coupe puisque la taille du spot peut être réglée et peut aller jusqu'à un diamètre de 0,2 mm et que la puissance est adaptable en fonction de l'utilisation. Il est ainsi peu invasif pour les tissus adjacents ;
- Technique « No Touch » : seul le faisceau laser « touche » la cible alors que le guide est à distance de la zone à traiter. Cela facilite la manipulation dans des zones d'accès difficile ;
- Réduction du saignement et meilleure visibilité opératoire : les vaisseaux sanguins de moins de 0,6 mm sont coagulés et scellés ainsi que les vaisseaux lymphatiques. Il en résulte une réduction de l'œdème post-opératoire et une diminution des facteurs de l'inflammation transportés par les vaisseaux lymphatiques. On obtient aussi une diminution de la douleur post-opératoire car les nocicepteurs de petite taille sont vaporisés ;
- Fortement bactéricide grâce à l'effet thermique ;
- Décontamination et stérilisation de la dentine : le laser CO<sub>2</sub> présente un coefficient d'absorption dans le spectre de l'hydroxyapatite donc avec un effet de coupe sur les tissus durs. L'éviction de tissu carieux au laser CO<sub>2</sub> ne semble pas être une indication de choix pour cette longueur d'onde en comparaison avec les performances de l'Erbium-YAG sur l'émail et la dentine. La décontamination de dentine infiltrée est cependant une application intéressante.

- Inconvénients du laser à CO<sub>2</sub> :

- Laser essentiellement dédié à la chirurgie des tissus mous, indications plus limitées dans les autres domaines de la dentisterie ;
- Le laser CO<sub>2</sub> ne peut pas coaguler les vaisseaux au-dessus de 0,6mm de diamètre ;
- Il ne peut être conduit à l'heure actuelle par une fibre optique. Il est donc moins adapté pour les traitements endodontiques que les lasers fibrés ;
- Les lasers CO<sub>2</sub> sont volumineux et relativement onéreux (15 000 €).

#### 1.4.5 Le laser ER YAG (3,14,25)

C'est un laser à solide dont le milieu actif est constitué d'un grenat d'yttrium et d'aluminium dopé à l'erbium.

Sa longueur d'onde est de **2940 nm**. Il est généralement transmis par un **bras articulé** ou un **guide creux**. C'est un laser pulsé et sa fréquence d'impulsion varie de 5 à 100 Hz.

C'est le laser le plus polyvalent en omnipratique. Son domaine principal d'utilisation est la préparation des cavités carieuses, mais il est très retrouvé en chirurgie, en parodontologie et en endodontie.

- Absorption

Le rayonnement produit intervient donc sur le pic d'absorption de l'eau, mais aussi l'hydroxyapatite. Il en résulte une très bonne absorption par l'émail et la dentine, mais aussi les tissus mous.

- Pénétration

C'est un laser peu pénétrant avec absorption de l'énergie au voisinage du point d'impact.

- Avantages

- Sa sécurité d'emploi ;
- Sa polyvalence en odontologie : adéquat autant pour les tissus durs que les tissus mous, indications nombreuses ;

- Le laser Er : YAG de par l'irrigation systématiquement associée semble être ainsi le laser qui a le moins d'effet thermique et qui provoque le moins de dommage sur les tissus dentinaires et pulpaire comparativement aux lasers CO2 et Nd : YAG.

- Inconvénients

- Lasers très volumineux, pesant de 30 à 50 kg ;
- Coût important (autour de 50 000 €).

- Indications :

Le laser erbium YAG permet de traiter les tissus durs, et donc l'ablation de la dentine et de l'émail, du fait de sa forte absorption par ces tissus. Il faut cependant y associer une irrigation concomitante pour compenser les effets nocifs liés à l'augmentation de température et à l'onde de choc sur les tissus dentaires, notamment sur la pulpe. L'ablation se fait par mécanismes de micro-explosions dans les tissus durs, dues à l'évaporation des molécules d'eau, entraînant l'augmentation de la pression interne inter-cristalline, provoquant ainsi l'éclatement des joints inter-prismatiques. C'est l'effet photomécanique.

- Odontologie conservatrice : éviction carieuse ; collages (sealant, facettes, inlays onlays, CCM...) ablation de composite et d'amalgames ;
- Endodontie : stérilisation, décontamination canalaire ;
- Parodontologie : stérilisation, décontamination des poches parodontales, débridement ;
- Chirurgie buccale : Toute chirurgie des tissus mous : frénectomie, épulis, fibrome, papillome, lichen plan) approfondissement de vestibule, operculisation d'implant résection apicale, prélèvements osseux, élongation coronaire, chirurgie osseuse resectrice (ostéoplasties), élargissement de crêtes osseuses fines.

C'est actuellement le seul laser agréé par la Food and Drug Administration, aux USA, pour le traitement des tissus durs dentaires, le laser CO2 étant surtout destiné aux tissus mous.

### 1.4.6 Présentation

Les lasers utilisés en chirurgie dentaire sont donc très variés. Selon les mécanismes nécessaires à la production du faisceau ils sont plus ou moins volumineux et complexes. Deux présentations sont majoritairement retrouvées : un laser très compact, facilement déplaçable (laser diode, KTP, argon) ou volumineux et sur roulettes (laser CO<sub>2</sub>, laser erbium, Nd : YAG ou Nd : YAP).

En général, un appareillage laser émet une seule longueur d'onde, mais le marché propose des lasers en combinant plusieurs. C'est un gain de place non négligeable qui permet de diversifier les utilisations d'un même appareil, même si ce sont en général des longueurs d'onde très proches.

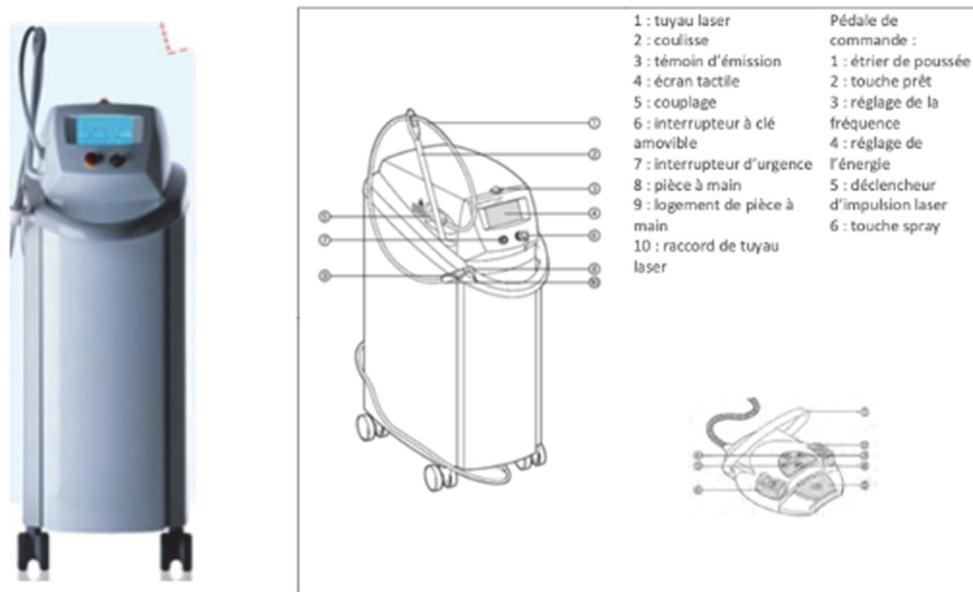


Figure 15 : Exemple de laser Erbium, le KEY Laser III de Kavo (28)



Figure 16 : Diode laser MASTER laser de KAVO® et sa pédale de commande sans fils (28)



Figure 17 : Pièce à main du laser diode SIROLaser advance de SIRONA® (29)

## **2 APPLICATIONS ET INDICATIONS EN ORTHODONTIE**

Dans cette deuxième partie, nous détaillerons les applications possibles du laser au cours d'un traitement orthodontique. Majoritairement, il s'agit d'actes de chirurgie muco-gingivale des tissus mous autrefois pratiqués à la lame froide ou au bistouri. Ces gestes vont faciliter et améliorer le travail de l'orthodontiste tout au long du traitement. Une utilisation spécifique des lasers sur les tissus durs est également possible et sera détaillée.

### **2.1 Chirurgie des tissus mous**

#### **2.1.1 Frénectomie labiale médiane supérieure**

##### *2.1.1.1 Description*

Anatomiquement, le frein labial supérieur est un repli mucoconjonctif qui s'insère antérieurement sur la face endobuccale de la lèvre, et postérieurement sur la face osseuse externe du maxillaire supérieur (30,31). La hauteur de son insertion sur cette face osseuse détermine son classement dans la classification de MIRKO et PLACEK de 1975 qui décrit 4 types d'attachement (32):

- Type I : attachement muqueux. Le frein se situe dans la muqueuse alvéolaire et s'étend jusqu'à la ligne muco-gingivale ;
- Type II : attachement gingival. Le frein s'étend de la muqueuse alvéolaire jusqu'à la gencive attachée ;
- Type III : attachement papillaire. Le frein s'étend de la muqueuse alvéolaire jusqu'à la papille interdentaire ;
- Type IV : attachement papillaire pénétrant. L'insertion du frein s'étend de la muqueuse alvéolaire jusqu'à la papille interdentaire et au-delà.

Seules les deux dernières situations sont considérées comme pathologiques (33).

Sur le plan histologique, le frein est constitué d'un épithélium stratifié orthokératinisé, parfois parakératinisé. On retrouve également du tissu conjonctif et plus rarement du tissu adipeux et des acinis muqueux des glandes salivaires (34).

### 2.1.1.2 Indications de la frénectomie

\* Parodontales : un frein hypertrophique est un facteur de risque majeur dans les troubles muco-gingivaux.

La traction d'un frein sur la gencive marginale peut provoquer (35):

- L'ouverture du sillon gingivo-dentaire, favorisant ainsi la pénétration de la plaque bactérienne et l'apparition ou l'aggravation d'une lésion parodontale préexistante ;
- Une ischémie de la gencive marginale pouvant causer une récession gingivale, majorée si absence de gencive kératinisée ;
- Une difficulté aux manœuvres d'hygiène par limitation de la mobilité de la lèvre et accès au site.

\* Orthodontiques : Delaire (1948) affirme que le frein médian supérieur jouerait un rôle essentiel dans la croissance du prémaxillaire, toute intervention précoce entrainerait un défaut de croissance dans cette région (31). Pour Broedbent, la présence d'un diastème interincisif chez l'enfant de 8 à 12 ans est physiologique et liée à la convergence apicale des quatre incisives maxillaires. Lors de leur poussée, les forces éruptives des canines permanentes vont alors favoriser le redressement de l'axe des incisives, entraînant le rapprochement des faces proximales des dents adjacentes, et le plus souvent une fermeture du diastèmes (36).

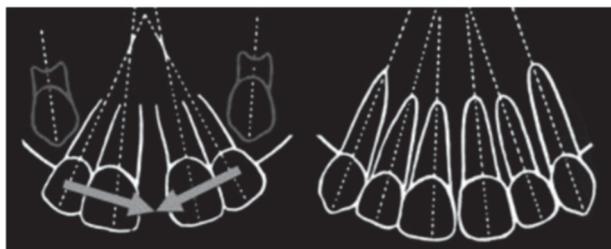


Figure 18 : Les canines suivent les racines des incisives latérales dans leur parcours d'éruption et peuvent fermer le diastème médian (36)

En présence d'un diastème, il est admis qu'il faut attendre la mise en place des 6 dents antérieures sur l'arcade pour poser l'indication d'une réduction mécanique et orthodontique de l'espace (37). Le rapprochement des incisives, chez l'adolescent, entraîne alors une migration apicale de l'insertion basse du frein. Cependant, la présence d'un frein hypertrophié peut constituer un obstacle à la fermeture de ce diastème.

### 2.1.1.3 Principe de l'intervention

La frénectomie consiste en l'ablation du frein iatrogène, dans le but d'éliminer les tractions exercées par celui-ci, et/ou de libérer l'espace interincisif, pour permettre le rapprochement mécanique des incisives centrales.

Cette intervention peut être pratiquée à la lame froide, ou bien au laser. Le meilleur âge pour intervenir semble être entre 12 et 13 ans après l'éruption des canines permanentes. Dans les cas de type IV associé à un diastème important, il peut être nécessaire d'intervenir de façon plus précoce.

Le protocole chirurgical sera le suivant :

- Anesthésie topique
- Dissection du frein depuis son insertion gingivale de part et d'autre du frein en formant un V par balayage de la fibre tangentiellment au tissu. Le contact avec l'os maxillaire doit être évité lors de l'utilisation des lasers en raison du risque de dommage thermique.
- Extension en losange et découpe des fibres et tissus en excès côté muqueuse alvéolaire. Il n'y a pas besoin de faire de points de suture.
- La cicatrisation se fait en deuxième intention et, dès le lendemain de l'intervention, une zone blanchâtre, signant la présence de fibrine, apparaît sur toute la surface sans que le patient ne ressente de douleur (38).

Afin d'éviter la coaptation des berges et par conséquent, la reformation d'un frein labial à insertion basse, il est nécessaire de prescrire des exercices linguaux et labiaux réguliers après l'intervention (39).



Figure 19 : Frein labial supérieur médian à insertion de type 3 de Placek (40)



Figure 20 : Découpe de part et d'autre du frein formant un V (40)



Figure 21 : Elimination totale des fibres et tissus excès (40)



Figure 22 : Immédiatement en post opératoire (40)



Figure 23 : Frénectomie réalisée au diode laser 810 nm et résultat à 10 jours (38)

## 2.1.2 Frénectomie linguale

### 2.1.2.1 *Description*

La frénectomie linguale est un acte qui consiste à sectionner la bride qui retient la langue au plancher buccal. La langue est un organe qui joue un rôle dans la déglutition, phonation, ventilation, mastication et la croissance des volumes osseux qui l'entourent. Elle participe en permanence à l'équilibre neuromusculaire de la zone orofaciale. Ces multiples fonctions demandent une mobilité qui est modulée par le frein. Il est nécessaire de le débrider lorsque la mobilité est réduite, voire bloquée.

Anatomiquement, le frein lingual est un repli muqueux arciforme s'étendant de la face ventrale de la langue au sillon alvéololingual bas (41,42). Sa structure histologique est constituée d'un épithélium pavimenteux stratifié non kératinisé reposant par l'intermédiaire de sa lame basale sur un chorion de tissu conjonctif. Le frein lingual n'est pas un tissu musculaire et il renferme quelques fibres élastiques. Les fibres conjonctives se terminent à la partie médiane, postéro-inférieure de l'os alvéolaire symphysaire, sur le rebord gingival, derrière les incisives.

### 2.1.2.2 *Indications de la frénectomie*

On parle d'ankyloglossie en présence d'un frein lingual court et fibreux ou d'un muscle génioglosse très contracté, entraînant une fusion plus ou moins importante de la langue au plancher buccal. Un facteur génétique est probablement en cause, la présence d'une ankyloglossie est en effet souvent familiale (43–45). Cette pathologie a été diagnostiquée dans quelques cas avec certains syndromes congénitaux rares, néanmoins elle apparaît plus fréquemment comme une variation anatomique isolée (46).



Figure 24 : Patients présentant une ankyloglossie (47)

Pour observer une ankyloglossie, il faut soulever la pointe de la langue à l'aide d'une compresse et examiner la structure du frein. On pourra parler d'ankyloglossie (47):

- S'il y a une tension excessive ;
- Si le patient ne peut toucher son raphé médian avec la pointe de la langue en maintenant une ouverture buccale maximale. Si le frein est trop court, le patient ne pourra s'exécuter qu'en resserrant les dents pour toucher la zone antérieure du palais et ne pourra atteindre le palais mou ;
- Si en protraction (lorsqu'on demande au patient de tirer la langue vers l'avant), elle se recourbe vers le bas et s'enroule autour du frein. Elle peut être partagée en deux lobes dans certains cas.

Chez les nouveau-nés, un frein lingual court peut causer des difficultés pour la succion- déglutition, et donc perturber l'allaitement maternel. Plus tard, on peut constater la persistance d'une déglutition infantile au-delà de 9 ans avec interposition linguale entre les arcades sans contact dentaire, et une position basse de la langue au repos.

Au cours de la croissance, la langue contribue au développement transversal et sagittal du maxillaire. L'action de la langue est liée à son volume, sa position, son comportement lors des praxies.

Si le frein lingual est trop court, la langue se trouvera dans une position trop basse et ne pourra donc pas générer une pression suffisante à la croissance maxillaire (absence de stimulation de la suture intermaxillaire). On observe ainsi un défaut de développement maxillaire (48).

La posture linguale basse peut être à l'origine d'une ventilation buccale, accentuée par l'insuffisance transversale maxillaire et le manque de pneumatisation des fosses nasales. La ventilation buccale provoque notamment des troubles du sommeil, sécheresse buccale, problèmes gingivaux, etc... On peut également retrouver des troubles de la phonation et de l'élocution (44,45).

Un frein lingual trop court va provoquer une position de la langue statique dans la cavité buccale trop basse ou trop antérieure qui pourra entraîner : (49,50)

- une anomalie de classe III avec mésiocclusion molaire inférieure si l'appui de la langue s'effectue en position basse et antérieure
- une endoalvéolie maxillaire (en raison de l'absence de sollicitation de la suture intermaxillaire)
- une dysharmonie maxillo-mandibulaire (syndrome de Cauhépé et Fieux) avec endoalvéolie maxillaire, articulé transversal croisé, uni ou bilatéralement, latéro-déviations mandibulaires pouvant se transformer en latéro-gnathie, si la langue est basse et plus distale.
- une vestibulo-version des incisives
- l'apparition d'un diastème inter-incisif.

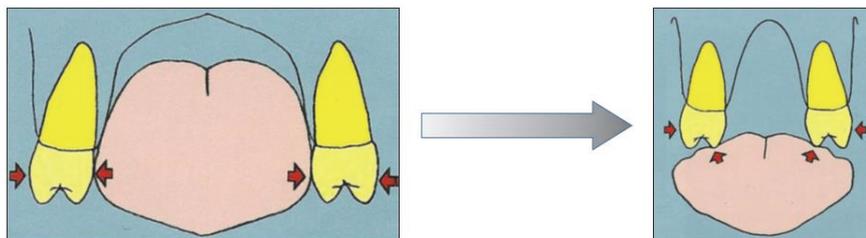


Figure 25 : Effet d'une position basse de la langue sur la dimension transversale à l'arcade maxillaire (44)

La brièveté du frein lingual est reconnue comme un facteur étiologique de malformations maxillo-faciales.

Plus rarement, si le frein exerce une traction trop forte sur un biotype parodontal on peut également observer des récessions parodontales linguales en regard des incisives mandibulaires (51).

### 2.1.2.3 Principe et moment de l'intervention

Le but de cette intervention est de chercher à allonger au maximum le frein pour permettre une augmentation de la mobilité linguale, de façon durable et avec un traumatisme le plus limité possible.

Selon Soulet (52) elle doit être précoce. L'indication chirurgicale devra être posée avant l'établissement de la denture permanente du fait du rôle de la langue dans la croissance des maxillaires. La mobilité linguale doit être assurée avant tout traitement orthodontique.

La frénectomie est une intervention qui peut se pratiquer avec tous les lasers dits «non pénétrants» (CO<sub>2</sub>, Erbium, Néodyme), ainsi qu'avec les lasers diode (39).

Puthussery et al (53) décrivent la réalisation des frénectomies linguales en utilisant le laser CO<sub>2</sub>. Une incision simple est réalisée verticalement pour libérer le frein. Les résultats sont très encourageants, les patients sont satisfaits mais le geste n'est pas comparé à celui réalisé avec l'instrumentation traditionnelle.

Kotlow (54) décrit la réalisation des frénectomies chez les nouveaux nés. Il insiste sur le choix du laser selon le tissu : plus il est pigmenté et vascularisé, plus le laser diode est recommandé. Plus le tissu est fibreux, plus le laser Er : YAG est efficace.

Des exercices de rééducation linguale sont indispensables le plus tôt possible après la chirurgie pour étirer le frein et éviter la formation de brides cicatricielles. Elle doit être anticipée et programmée en parallèle de la chirurgie avec une orthophoniste ou un kinésithérapeute spécialisé dans les rééducations linguales (43).

### 2.1.3 Aide à l'empreinte optique (38)

Certaines dents présentent un retard d'évolution ou un manque de hauteur coronaire. Les faces coronaires n'apparaissent pas suffisamment pour permettre un bon positionnement du bracket ou la réalisation des empreintes conventionnelles ou optiques nécessaires à la préparation du collage indirect en technique linguale. Le laser joue un rôle majeur pour dégager avec une très grande précision la gencive des faces linguales, des deuxième molaires et des prémolaires inférieures. Une meilleure

précision est ainsi obtenue pour la technique linguale ou par aligneurs, mais aussi pour les techniques vestibulaires lors de l'arrivée des dernières dents sur l'arcade chez les adolescents.

Pour cet acte, le laser diode est utilisé en mode CW à 1,4W. L'anesthésie par contact est suffisante et le scalp gingival franc, rapide, efficace, exsangué, permet une prise d'empreinte correcte dans la même séance.

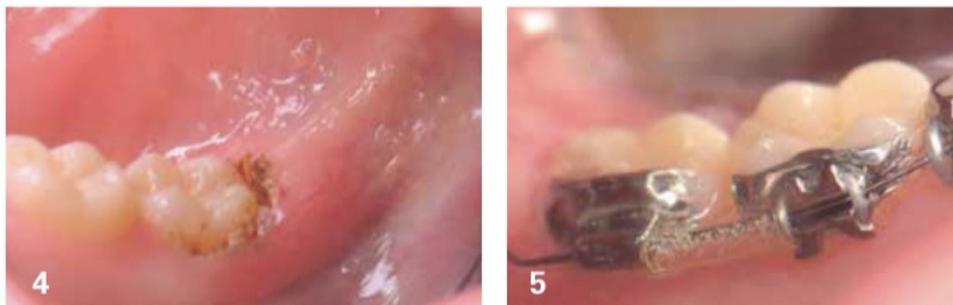


Figure 26 : Eviction gingivale linguale (diode laser 810nm, 3W) avant empreinte optique puis collage indirect après fabrication du DMSM (38)

#### 2.1.4 Operculotomie - Décapuchonnage

La persistance d'un capuchon muqueux recouvrant partiellement la face occlusale d'une molaire postérieure est une situation rencontrée fréquemment dans la population orthodontique.

Outre un retard d'éruption de la molaire, des difficultés aux manœuvres d'hygiène liées à l'accès difficile au site peuvent entraîner le développement local de bactéries et une inflammation des tissus mous entourant la dent. Ce phénomène peut être aggravé s'il y a morsure du capuchon par les dents antagonistes, et un épisode infectieux peut survenir.

La récurrence d'une péri-coronarite, des profondeurs significatives au sondage, ou la présence de pseudo-poches parodontales sont des indications d'operculotomie du capuchon.



Figure 27 : Décapuchonage au laser d'une 37 (38)



Figure 28 : Décapuchonnage au laser puis collage vestibulaire d'une attache sur 37 (55)

## 2.1.5 Dégagement de couronne d'une dent incluse

### 2.1.5.1 Définitions

Une dent incluse est définie comme une « dent retenue dans l'arcade maxillaire ou mandibulaire au-delà de la date d'éruption, entourée de son sac péri-coronaire et sans communication avec la cavité buccale ». Une dent retenue est une dent immature non présente sur l'arcade à l'âge où elle aurait dû faire son éruption et qui peut devenir incluse en ayant achevé son édification radiculaire (56).

L'inclusion peut être décrite comme un simple retard ou un arrêt de l'éruption d'une dent au niveau de l'arcade dentaire durant la période normale de croissance. Elle peut être également décrite plus globalement comme un échec de l'éruption spontanée de la dent, qui est stoppée par un obstacle local mécanique ou par la position des dents adjacentes (57).

Parfois, la dent perd son potentiel éruptif même en l'absence d'obstacle physique : c'est une inclusion dite « primaire » en opposition à l'inclusion « secondaire » liée à un obstacle (58).

La canine maxillaire supérieure représente, après la troisième molaire mandibulaire, la dent la plus souvent incluse (59). Sa fréquence d'inclusion varie entre 0,8% et 2,8% avec une prévalence plus importante chez les femmes que chez les hommes (60). L'inclusion est bilatérale dans 8% à 10% des cas, et palatine dans la majorité des cas (environ 85%) (61). La prévalence de l'inclusion des canines mandibulaires est plus faible, de l'ordre de 0,35% (62).

#### *2.1.5.2 Etiopathogénie*

Plusieurs facteurs étiologiques, systémiques et locaux, sont évoqués pour l'inclusion.

Les causes systémiques sont associées à certaines maladies comme (63) :

- L'hypothyroïdisme ;
- Les dysostoses cléïdo-crâniennes ;
- Le syndrome de Down ;
- L'achondroplasie ;
- Les hypovitaminoses (A ou D) ;
- L'amélogénèse imparfaite ;
- L'ostéoporose.

Les principales causes sont toutefois locales et résultent d'un ou plusieurs facteurs associés :

- Défaut de place au niveau de l'arcade maxillaire (64,65) ;
- Morphologie du maxillaire (66) ;
- Perte précoce ou rétention de la canine temporaire ;
- Ankylose de la dent consécutive ou non à un traumatisme antérieur ;
- Position anormale du bourgeon dentaire ;
- Pathologie kystique ou néoplasique ;
- Présence d'une fente palatine (67) ;

- Absence de « guidage » liée à la perte ou l'agénésie de l'incisive latérale, à sa forme, position ou résorption anormales ;
- Facteurs héréditaires (68) ;
- Idiopathiques.

### 2.1.5.3 Démarche diagnostique

Il est important de diagnostiquer précocement une canine incluse afin d'optimiser les résultats de la prise en charge visant à favoriser l'éruption de la dent et afin d'éviter les risques associés à l'inclusion - plus particulièrement les résorptions radiculaires des dents adjacentes.

L'examen clinique débute par une inspection des tissus vestibulaires et palatins en évaluant l'épaisseur de la gencive kératinisée dans la zone canine. Le praticien évalue l'espace disponible au niveau de l'arcade. Une palpation vestibulaire et palatine est conduite pour rechercher le germe de la canine et pour préciser sa localisation potentielle et l'anatomie parodontale. Si la canine temporaire est présente, sa mobilité est évaluée ainsi que les paramètres parodontaux des dents adjacentes (gencive kératinisée, mobilité dentaire, perte d'attachement) (69).

Pour la canine maxillaire, une inclusion doit être suspectée si la dent n'est pas palpable dans le vestibule à l'âge de 10-11 ans ou si la position des dents adjacentes implique une malposition de la canine permanente. Après l'âge de 10 ans, si les canines n'ont pas fait leur éruption et s'il est impossible de les palper, la suspicion clinique d'inclusion est vérifiée par un examen radiographique (70).

Enfin, le signe de Quintero, version disto-vestibulaire de la couronne de l'incisive latérale, a été décrit en association avec la présence d'une canine incluse (70).

Le recours à l'examen radiographique est orienté par la suspicion d'inclusion et par le besoin de programmer un traitement orthodontique interceptif ou actif (71).

En l'absence d'éruption après interception et lorsque la malposition de la canine permet d'envisager une mise en place orthodontique, le recours à une technique ortho-chirurgicale peut être envisagé. Le choix de la technique chirurgicale sera orienté par la localisation de la dent (72).

#### *2.1.5.4 Dégagement d'une canine incluse en position palatine*

La technique dite « ouverte » consiste à exposer chirurgicalement la dent, avant le traitement orthodontique, en enlevant une fenêtre de tissu autour de la dent puis à placer un pansement de couverture de la zone durant une dizaine de jours. Le pansement chirurgical est ensuite retiré et la canine peut faire son éruption spontanée. Dès que l'éruption est suffisante, un bracket est collé sur la dent pour permettre son positionnement adéquat sur l'arcade (73).

Selon la position et l'enfouissement de la dent, différentes méthodes de dégagement chirurgical peuvent être utilisées (74). Si la dent incluse est superficielle et en position coronaire, une simple excision des tissus mous selon la technique du poinçon peut être suffisante. Si la dent est enfouie profondément avec une position apicale, un lambeau de pleine épaisseur avec résection d'un volet osseux est nécessaire pour dégager la couronne de la dent. Dans ce cas-là, la technique dite « fermée » consiste à exposer chirurgicalement la dent, coller une attache, repositionner le lambeau palatin, puis procéder à la traction (75). La technique fermée impose d'avoir préparé l'espace d'émergence nécessaire à la canine sur l'arcade, préalablement à la traction.

#### *2.1.5.5 Dégagement d'une canine maxillaire incluse en position vestibulaire*

Trois techniques sont possibles pour dégager la canine incluse vestibulaire : une simple excision de la gencive vestibulaire ; le lambeau repositionné apicalement qui visera à améliorer l'environnement parodontal en apportant du tissu kératinisé au collet de la canine ainsi dégagée ; et la technique « fermée » précédemment décrite (76).

La position vestibulo-linguale, verticale, mésio-distale de la dent ainsi que son rapport avec la jonction muco-gingivale sont pris en compte pour le choix de la technique.

### *2.1.5.6 Dégagement au laser d'une canine incluse en position vestibulaire ou palatine*

Lorsque la simple excision des tissus mous qui recouvrent la couronne dentaire est choisie comme procédé, l'utilisation du laser consiste en une excellente alternative au bistouri. L'élimination des tissus doit avoir lieu uniquement en gencive attachée, et en excisant seulement une petite zone de tissu pour permettre un positionnement raisonnable de l'attache. Dans le cas où l'attache ne pourrait pas être collée immédiatement, un pansement de type COE PAC® peut être mis en place et aider à l'épithélialisation des berges (38).

L'acte ne présente pas de difficulté, est rapide, et assure un meilleur confort au patient. L'hémostase immédiatement obtenue assure un collage rapide prévisible et instantané de l'attachement orthodontique dans la même séance de travail.



*Figure 29 : Dégagement au laser d'une 23 incluse en position palatine puis traction immédiate après collage du moyen de traction (38)*

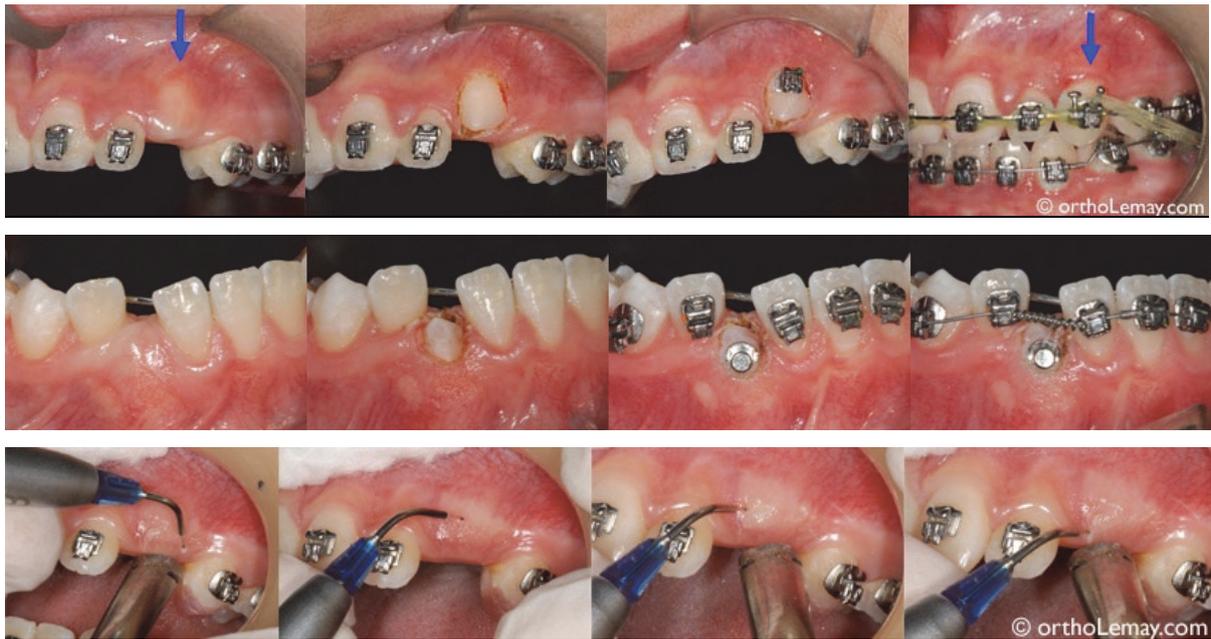


Figure 30 : Dégagement au laser de canines incluses en vestibulaire et collage de l'attache immédiate (55)

#### 2.1.5.7 Elimination de tissu osseux

En cas de doute, il est possible de déterminer si de l'os recouvre la couronne de la dent. Après anesthésie de contact, on utilise un explorateur pour percer les tissus mous supérieurs et noter le tissu dur sous-jacent avec un mouvement de va-et-vient. L'émail se sentira dur et lisse, tandis que l'os sera poreux et rugueux.

Le laser Er : YAG permet l'exérèse du tissu osseux. Il permet donc de réaliser des ostéotomies, en cas d'inclusion plus profonde (77).

Passi et al. (78) ont comparé son utilisation à celle du contre angle lors d'extraction de dents de sagesse. Le laser permet une ablation de l'os précise sans effets secondaires négatifs. La pointe du laser a été utilisée sans contact ce qui permet un positionnement facile.

Les principaux inconvénients évoqués sont la durée de l'intervention (23 min d'ostéotomie au laser contre 11,9 min avec les instruments rotatifs), un trismus postopératoire augmenté et un manque de sensibilité tactile. Le chirurgien a aussi été gêné par le spray air-eau qui a entraîné d'importantes éclaboussures de sang.

Le saignement et l'œdème ont cependant été moins importants en post opératoire lors de l'utilisation du laser.

Ainsi, un dégagement classique avec rotatif sera préféré dans des situations d'inclusions nécessitant une élimination de tissu osseux.

### 2.1.6 Kyste éruptif

Un kyste éruptif est une dilatation anormale du sac folliculaire par un liquide séreux ou hématiche. Il disparaît après éruption de la dent. L'orthodontiste peut être amené à soulager l'enfant en supprimant ce sac lorsqu'il devient gênant lors de la mastication ou s'il devient la siège de phénomènes infectieux (79).

Le laser peut être utilisé dans un mode sans contact pour l'ablation des tissus mous et l'exposition de la couronne clinique de la dent en cours d'éruption. Le but ne sera pas de coller directement l'attache, mais soulager le patient et permettre à la dent de faire son éruption naturellement (9).



Figure 31 : Exposition au laser de la couronne clinique d'une 11 dont l'éruption est perturbée par un kyste éruptif (38)

## 2.1.7 Accroissement gingival

### 2.1.7.1 *Etiopathogénie*

Le terme d'accroissement gingival a remplacé celui d'hyperplasie ou d'hypertrophie gingivale. D'après la classification d'Armitage 1999, l'accroissement gingival est une anomalie muco-gingivale péri-dentaire classée dans les anomalies gingivales congénitales ou acquises (80).

Cliniquement, il s'agit d'une augmentation pathologique du volume de la gencive, qui devient œdémateuse et sensible (81).

Histologiquement, il s'agit d'un accroissement de la matrice extracellulaire du chorion. Il n'est pas nécessairement associé à une augmentation du nombre ou de la taille des fibroblastes. Il s'agit donc plus volontiers d'un élargissement ou d'un accroissement gingival (respectivement « gingival enlargement » ou « gingival overgrowth » en terminologie anglo-saxonne), que strictement d'une hypertrophie ou d'une hyperplasie gingivale.

Les étiologies sont similaires à celles de la maladie gingivale (82).

#### ❖ maladie gingivale induite par la plaque

- gingivite associée avec la plaque uniquement
  - o sans facteurs locaux
  - o avec facteurs locaux (facteur lié à l'anatomie de la dent, obturation et restauration dentaire, fractures des racines, résorptions cervicales et fissures du cément, malposition dentaire, dispositifs orthodontiques favorisant la rétention de plaque dentaire, ventilation orale)
- maladie gingivale associée à des facteurs systémiques
  - o Associée à des modifications endocriniennes (puberté, cycles menstruels, grossesse, gingivite, granulome pyogénique, diabète sucré)
  - o Associée à un trouble de la crase sanguine (leucémie)
  - o Maladie de Crohn, Hypothyroïdie
- maladie gingivale aggravée par les médicaments (contraceptifs oraux, etc..)
- gingivites et malnutritions (carence en acide ascorbique)

- ❖ maladie gingivale non induite par la plaque
  - pathologie gingivale liée à une bactérie spécifique : Neisseria gonorrhoea, Treponema pallidum, Streptocoques
  - maladie gingivale d'origine virale : herpes virus,
  - maladie gingivale d'origine fongique : infection à candida, candidose gingivale, histoplasmosse
  - lésions gingivales d'origine génétique : fibromatoses
  - gingivite au cours de manifestations générales
    - atteintes cutanéomuqueuses : lichen plan, pemphigoïde, pemphigus vulgaire, érythème polymorphe, lupus érythémateux
    - induite par des médicaments : Certains médicaments peuvent avoir des effets secondaires et causer de l'hyperplasie : Phénytoïne (Anti-convulsant pour le traitement de l'épilepsie) ; Nifédipine (Bloqueur de canaux calciques) ; Cyclosporine (immunosuppresseur).
    - réactions allergiques (matériaux d'obturation dentaire ; mercure nickel acrylique.. ; aliments...)
  - lésions traumatiques factices, iatrogènes, accidentelles (chimique, physique, thermique )
  - réactions auto-immunes non spécifiques

Les appareils orthodontiques fixes sont souvent associés à des problèmes d'entretien et de bonne hygiène bucco-dentaire (83). Les adolescents qui constituent une importante partie de la population orthodontique sont particulièrement concernés par ces réactions d'hypertrophies et d'hyperplasies gingivales lorsque l'hygiène n'est pas parfaitement maîtrisée. Les facteurs hormonaux liés à la puberté aggravent la réaction inflammatoire. Les gingivites sont observées en moyenne chez 50 % des adolescents de 15 ans (84).

Ces hyperplasies empêchent l'accès du sulcus au brossage et aux espaces interdentaires, ainsi qu'à l'auto-nettoyage salivaire. Il se produit un phénomène de gingivorragie chronique, que le patient va vouloir éviter lors du brossage. Le biofilm s'accumule et le phénomène inflammatoire s'aggrave.

En conséquence, les contours gingivaux se trouvent modifiés, ce qui perturbe la forme et la taille de la couronne clinique. Lorsqu'elle est présente avant le traitement orthodontique, la modification des proportions complique le placement du bracket au centre de la couronne et l'évaluation de l'axe de la dent (85).

#### *2.1.7.2 Diagnostic (84)*

L'examen clinique parodontal doit évaluer la présence et la quantité de plaque bactérienne, la recherche d'un saignement au sondage, la mesure de la profondeur des poches, le niveau d'attache clinique, la mobilité et/ou le déplacement dentaire. Le diagnostic de gingivite est établi en présence de signes cliniques de rougeur, œdème, hypertrophie-hyperplasie gingivale, de saignement au sondage sans perte d'attache.

Le saignement au sondage est considéré comme un indicateur de l'inflammation gingivale. Son absence est un critère de stabilisation dans l'évolution de la maladie. Des indices cliniques et/ou épidémiologiques spécifiques ont été définis pour évaluer le degré d'inflammation, la présence de plaque, la présence de tartre, le niveau de l'attache clinique.

- Les indices d'hygiène : l'indice de plaque de Silness et Løe (PI), l'indice de plaque de O'Leary, l'indice de tartre de Marthaler (CI) ;
- Les indices d'inflammation : l'indice gingival de Løe et Silness (GI), l'indice de saignement parodontal (SBI).

#### *2.1.7.3 Attitude thérapeutique*

Lors du traitement orthodontique, une évaluation initiale de l'état parodontal puis tous les trois mois est recommandée pour prévenir les éventuels effets iatrogènes de la thérapie.

Le traitement conventionnel est basé sur une thérapie locale (84) : élimination du biofilm et motivation du patient à son contrôle de plaque. Le praticien doit informer et enseigner aux patients la technique du brossage dentaire et l'encourager à un brossage dentaire régulier, idéalement après chaque repas, au minimum 2 fois par jour (matin et soir). L'usage du fil dentaire et des brosses inter-dentaires est expliqué

si nécessaire. Chaque visite de suivi ou de contrôle est l'occasion de renforcer l'enseignement et la motivation à l'hygiène bucco-dentaire.

Le détartrage suivi d'un polissage est recommandé pour le traitement de la gingivite.

Le laser, en phase inflammatoire aiguë, permet l'exérèse instantanée de la gencive hypertrophique sans risque de récession. L'accès aux techniques d'hygiène est restauré immédiatement : l'absence de douleur au contact du fait de la cautérisation superficielle permet au patient de reprendre une hygiène optimale dans les heures qui suivent la chirurgie (86).

Tous les lasers chirurgicaux sont indiqués pour la gingivoplastie et la gingivectomie. La plupart des actes seront réalisés avec une simple anesthésie de contact sans douleur ni inconfort postopératoire, et le collage de l'attache immédiat (79). Aujourd'hui, on considère que le laser Nd:YAG et les lasers diode sont plus adaptés que le laser CO2 pour ce type d'intervention. Ils présentent les mêmes avantages que ce dernier, mais ils s'utilisent au contact de la muqueuse et non à distance, permettant ainsi de limiter les effets sur les tissus environnants (87). De plus, leurs longueurs d'ondes n'étant pas absorbées par les tissus durs, leur utilisation à proximité des dents est plus sûre.

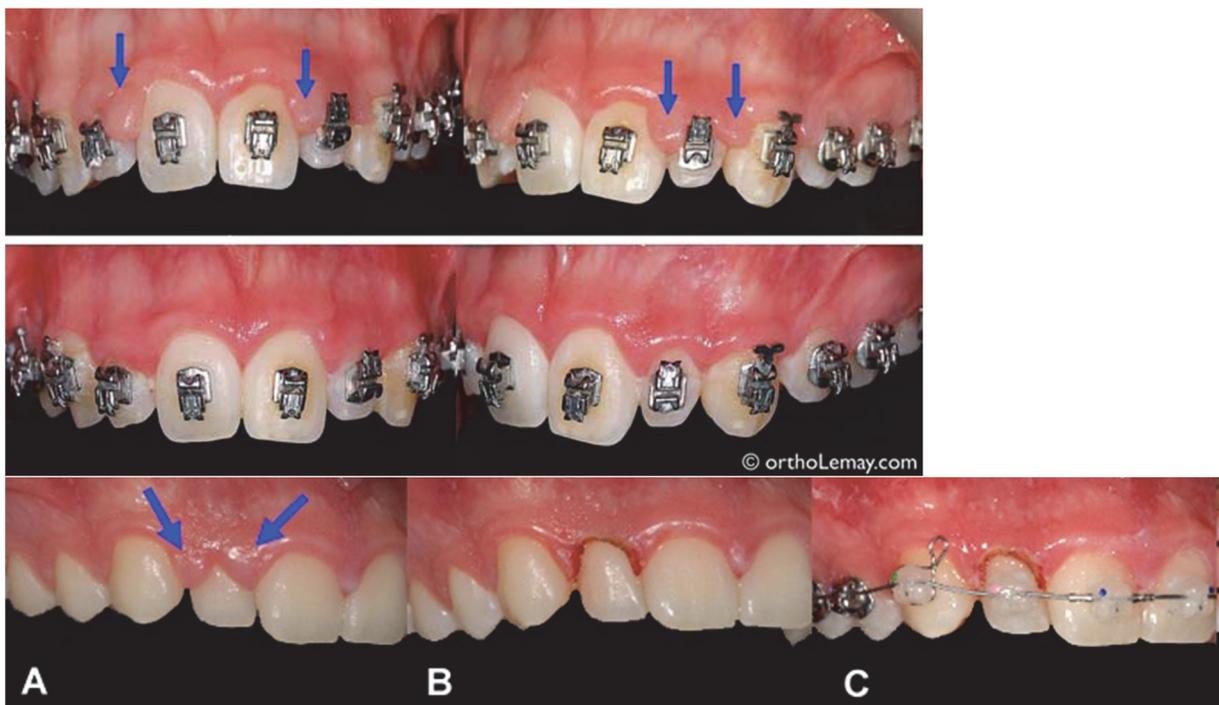


Figure 32 : Gingivectomies réalisées au laser pour permettre le collage d'attache orthodontiques (55)

### 2.1.8 Aide à la fermeture d'espace (88)

Kulh Nieke *et al.* (89) donnent comme deuxième cause principale des récives des traitements, les réouvertures d'espaces consécutives aux traitements avec extractions. Des fissures gingivales ou fissures de Stillmann peuvent apparaître consécutivement à une traction trop rapide : le tissu gingival est alors en excès sur la crête dans l'espace inter-proximal rendant alors difficile la fermeture complète de l'espace d'extraction. Ce tissu doit être supprimé pour permettre le rétablissement des points de contact et prévenir d'une récive.

L'ablation au laser d'un croissant gingival respectant les sulcus gingivaux de part et d'autre de l'isthme résiduel donne un résultat immédiat sans suite douloureuse (fig 24 (88)). Une anesthésie de contact est souvent suffisante. La traction de fermeture par élastique, ressort ou autre système orthodontique peut être reprise directement après l'intervention. L'esthétique du sourire (contour gingival) et les manœuvres d'hygiène s'en trouvent également améliorés (38).



Figure 33 : Ablation au laser de tissu gingival en excès dans l'espace inter-proximal suite à une fermeture d'espace trop rapide (38)

### 2.1.9 Correction de la ligne du sourire (88)

Pour Sarver (90), « l'apparence et l'esthétique du sourire » est régie entre-autre par ce qu'il appelle la « micro-esthétique » ; c'est-à-dire la forme et le contour gingival, les profils d'émergence, la teinte des dents, la forme des dents, les contacts, les connexions et les embrasures. Le laser peut améliorer certains de ces paramètres. Il est donc un outil de choix dans l'optimisation et l'amélioration du sourire.

L'harmonie d'un sourire repose en effet sur le respect de la ligne des contours gingivaux et des zéniths. Pour l'améliorer, il est parfois nécessaire de redessiner et symétriser les contours des incisives et des canines dans le respect de l'espace biologique.

### 2.1.9.1 Les critères d'un sourire harmonieux

Un joli sourire demande un alignement correct des dents, une ligne esthétique du sourire qui suit le bord de la lèvre inférieure avec des dents bien visibles et des contours gingivaux bien dessinés.

La ligne esthétique gingivale peut être définie comme la ligne joignant les tangentes des zéniths gingivaux marginaux (point le plus déclive de la gencive marginale). La ligne des collets peut se présenter sous plusieurs formes.

Selon Caudill et Chiche (91), la ligne esthétique gingivale est harmonieuse lorsque :

- Les festons gingivaux des incisives centrales sont symétriques. Ils doivent se situer, soit au même niveau, soit 1 mm plus apicalement que ceux de l'incisive latérale ;
- Les festons gingivaux des incisives latérales ne sont jamais plus apicaux que ceux des canines ;
- Les festons gingivaux des canines sont au même niveau ou situés plus apicalement que ceux des incisives centrales.

Il a ainsi déterminé 4 lignes gingivales esthétiques harmonieuses, qui répondent à ses critères d'esthétisme.

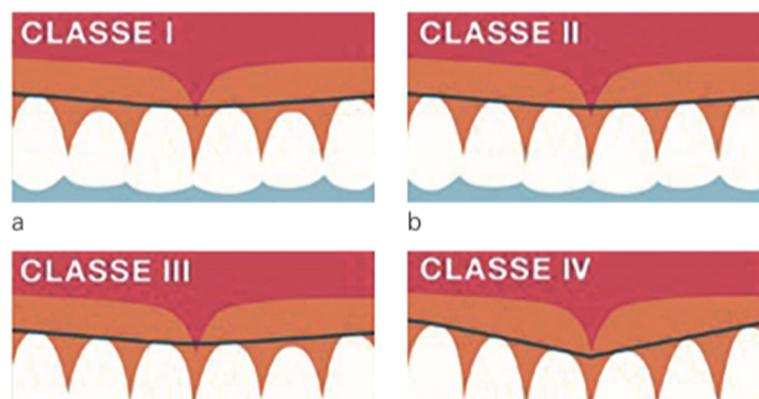


Figure 34 : Les lignes gingivales esthétiques harmonieuses (Caudill et Chiche) (91)

Pour obtenir des contours gingivaux harmonieux, deux critères sont à respecter : les zéniths et les courbures.

- Les zéniths se trouvent, pour les incisives centrales et les canines supérieures, légèrement en distal du grand axe de la dent. Pour l'incisive latérale, le zénith est centré au milieu de la dent selon son grand axe ;
- Les courbures doivent assurer les jonctions des dents par la papille interdentaire de forme lancéolée.

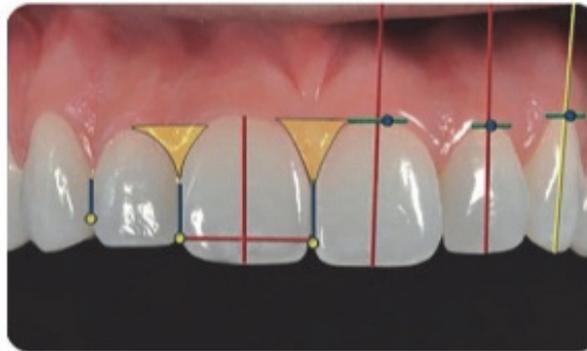


Figure 35 : Zéniths et axes des dents antérieures (91)

### 2.1.9.2 Conditions nécessaires à une gingivectomie esthétique

#### 2.1.9.2.1 L'indice d'hygiène

Løe et Silness <sup>(92)</sup> ont décrit et quantifié le PI ou indice de plaque. On établit ainsi un score des 4 faces de chaque dent en le graduant de 0 à 3. L'indice gingival (GI) de Loë GI est également différencié en 4 grades de 0 à 3. Si l'indice de plaque donne une valeur à un instant T, le GI précise quant à lui la dégradation de l'état gingival déjà amorcé.

La décision de réaliser ou non la gingivectomie dépend en partie du score du GI. Les valeurs de « Moyen » à « Important » du GI limitent l'acte au laser en fin de traitement après débague. La mise en œuvre d'une hygiène bucco-dentaire sera renforcée pour permettre un retour à une gencive plus saine rendant les indices plus réalistes pour la gingivectomie.

### 2.1.9.2.2 Évaluation de la gencive attachée (88)

Sa hauteur varie d'un individu à l'autre mais aussi au sein de l'individu lui-même. Elle est comprise entre 0,5 et 8 mm et son épaisseur varie de 0,5 à 2 mm en vestibulaire. Hauteur et épaisseur sont deux qualités importantes pour les déplacements orthodontiques. Cette protection, qui lui est conférée par le nombre très important de fibres collagènes, est indispensable et la rend moins vulnérable au déficit d'hygiène bucco-dentaire. Une hauteur de gencive attachée supérieure à 2mm est nécessaire pour envisager un acte chirurgical.

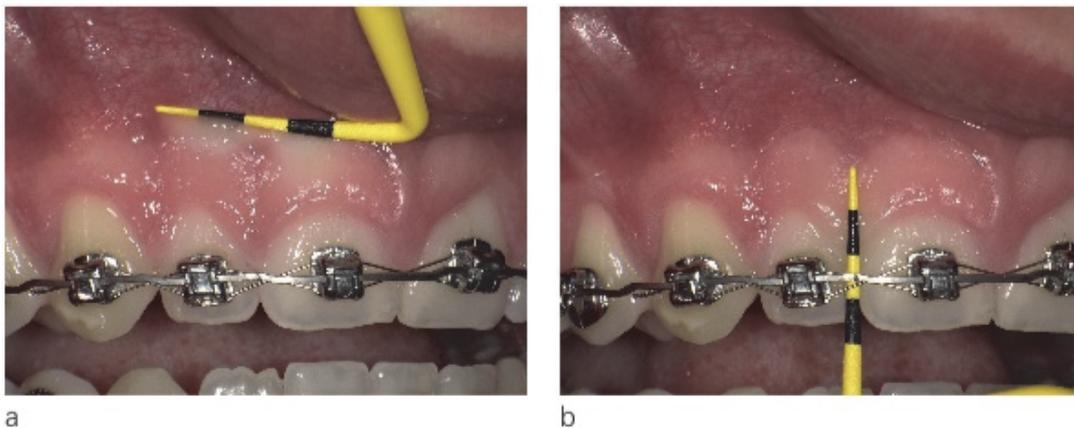


Figure 36 : Evaluation de la hauteur de gencive attachée au moyen d'une sonde parodontale (91)

### 2.1.9.2.3 Évaluation de l'espace biologique

Le respect du maintien de l'espace biologique est le paramètre le plus important durant la gingivectomie car il donne la distance minimale à respecter entre la crête osseuse alvéolaire et le bord du sulcus. Cet espace comprend l'attache conjonctive (1,07 mm) et l'attache épithéliale (0,97 mm). À ces 2 mm, il faut ajouter 0,69 mm de sulcus, soit une hauteur totale de 2,73 mm (93).

L'espace biologique sera quantifié à l'aide d'un sondage parodontal et doit donc être supérieur à 3mm pour toute gingivectomie esthétique.

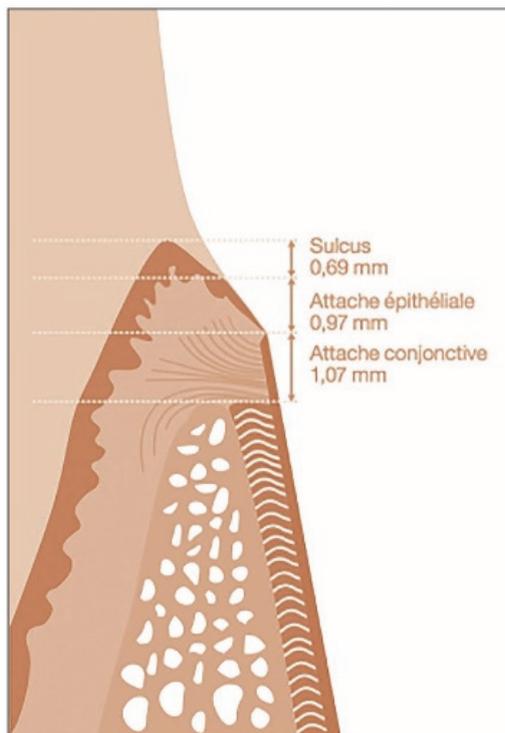


Figure 37 : Hauteur de l'espace biologique (93)



Figure 38 : Evaluation de la profondeur du sulcus (91)

#### 2.1.9.2.4 Évaluation du biotype parodontal

Les tissus parodontaux peuvent être plus ou moins à risques pour l'action thérapeutique chirurgicale envisagée. Il est donc important d'évaluer le biotype pour s'assurer de la bonne santé du parodonte après le traitement.

Parmi les classifications existantes, celle de Maynard et Wilson (94) est fondée sur la morphologie des tissus parodontaux. Elle attire l'attention sur les variations de l'épaisseur des procès alvéolaires et sur la dimension du tissu kératinisé ; elle distingue quatre types de parodonte.

Selon Maynard, le type IV (hauteur de tissu kératinisé réduite et procès alvéolaire fin) devra attirer l'attention et le patient devra être considéré comme un patient à risque pour la gingivectomie esthétique.

### 2.1.9.3 Protocole chirurgical (88)

- Détermination du GI (indice gingival) et PI (indice de plaque) ;
- Mesure de la gencive attachée (technique du rouleau) ;
- Détermination de l'espace biologique (mesure sonde graduée) ;
- Détermination du biotype parodontal ;
- Détermination de la ligne esthétique gingivale (Caudill et Chiche) ;
- Anesthésie topique de la zone incisive supérieure ;
- Marquage des hauteurs et pointage au laser ;
- Contouring des incisives supérieures (ex : laser diode 980 nm CW 2W) ;
- Contrôle de l'esthétique/contrôle de l'espace biologique ;
- Facultatif : Séance de biomodulation laser 660 nm CW 400 mW sur 4 cm ;
- Recommandations post-opératoires ;
- Prescription à la demande (acide hyaluronique- antalgique) ;
- Contrôle après cicatrisation et retouches éventuelles dans une deuxième séance.

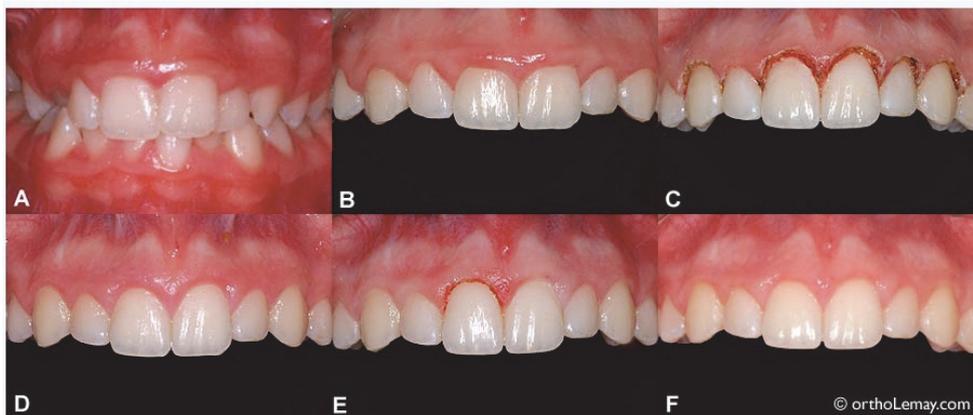


Figure 39 : Gingivectomie esthétique au laser (55)

A - Situation avant le traitement d'orthodontie

B - Fin d'orthodontie : hyperplasie gingivale présente malgré un parodonte sain

C - Immédiatement après la gingivectomie au laser de 13 à 23

D - Guérison après 7 semaines

E - Réintervention sur 11

F - Résultat final

### 2.1.10 Fibrotomie supracrestale assistée par laser

Parmi de nombreuses études sur la contention et la récurrence, les travaux de Kulh Nieke *et al.* (89) confirment que les rotations sont l'une des principales sources de récurrences des traitements orthodontiques.

À cette fin, un certain nombre d'auteurs proposent de les prévenir par une fibrotomie circonférentielle de la dent dont on a corrigé la rotation pour permettre aux fibres élastiques de se réorganiser favorablement.

La fibrotomie circonférentielle a été décrite par Edwards (95,96) dans les années soixante-dix. Elle a pour but de sectionner les fibres supra-crestales afin de les libérer de l'os alvéolaire. Cette technique permet la cicatrisation des fibres circulaires sur une zone sans tension, ce qui garantit le non-retour de la dent dans la position initiale.

Il est cependant recommandé de réaliser une contention fixe permanente rapidement après l'intervention.

Ce geste réalisé à la lame froide a comme inconvénients un saignement et des douleurs post-opératoires. De plus, ce type d'intervention est mal accepté par les patients.

Le laser offre de nombreux avantages en comparaison avec la chirurgie conventionnelle (85,97). L'intervention peut se réaliser par exemple avec un laser diode en mode continu avec une puissance de 2 W. Il faut donc, par des impacts dans le sulcus jusqu'à l'os crestal couper les fibres supra-crestales en déplaçant la fibre laser tout autour de la dent.

L'étude de Su-Jung <sup>(98)</sup> et celle de Gokhale (99) démontrent l'innocuité du laser diode dans le processus de section des fibres supra-crestales car il n'y a pas de traumatisme de la dent ou de l'os.



Figure 40 Stabilisation par fibrotomie au laser et contention collée (55)

#### 2.1.11 Aide à la récupération des mini-implants

Les mini-vis d'ancrage font aujourd'hui partie intégrante de l'arsenal thérapeutique de l'orthodontiste (100). Elles satisfont les besoins d'ancrage temporaire dans de nombreuses situations cliniques et s'intègrent dans les plans de traitement pluridisciplinaires. Elles permettent au praticien de garder le contrôle de la biomécanique en s'affranchissant de la coopération du patient. La multiplicité des sites de placement possibles, la relative simplicité de la procédure chirurgicale, le peu de suites opératoires et le faible coût sont à l'origine de cette large diffusion (101).

Cependant, des échecs sont à déplorer comme le bourgeonnement des tissus environnants pouvant enfouir partiellement ou totalement la tête du dispositif rendant impossible son utilisation ; une infection autour de la zone d'émergence de l'implant ; voir même la perte de la vis. Une réintervention est alors nécessaire.

Une localisation du micro-implant dans une zone de gencive non kératinisée (102), un défaut d'hygiène (103), une irritation mécanique ou un manque de stabilité primaire lors de l'implantation sont des facteurs favorisant. Le secteur mandibulaire postérieur

apparaît comme un site particulièrement défavorable (104,105).

Le laser est une aide précieuse pour la récupération des mini-implants enfouis et inaccessibles par vaporisation et élimination des tissus inflammatoires le recouvrant (106). Son action bactéricide aide à la décontamination du site et il n'y a pas de saignement résiduel. Une simple anesthésie de contact est nécessaire. La mini-vis ainsi dégagée peut être alors immédiatement prise en charge.



Figure 41 : Dégagement au laser diode (puissance 0,5W) d'un mini-implant enfoui (55)

#### 2.1.12 Contention (38)

En technique linguale, les hypertrophies gingivales dans le secteur incisivo-canin peuvent apparaître et compromettre le collage des fils de contention. Le laser diode facilite l'éviction des tissus hypertrophiés. Face au saignement réfractaire d'une gencive fragilisée, son effet hémostatique permet un collage immédiat, avec un champ opératoire sec, d'une contention en technique directe ou indirecte.

### **2.2 Apport du laser en comparaison aux techniques chirurgicales conventionnelles**

#### 2.2.1 Réduction des saignements et amélioration de l'hémostase

L'effet thermique de coagulation correspond à un échauffement des tissus de l'ordre de 55 à 70°C (3). La protéine plasmatique est dénaturée, entraînant une augmentation de la viscosité du sang.

Lors d'une chirurgie réalisée à l'aide d'un laser, on constate donc que les saignements sont moins importants qu'avec l'utilisation d'une lame froide, et que l'hémostase post-opératoire est meilleure. Le site opératoire est sec et dépourvu de sang, ce qui facilite les suites opératoires. Ces propriétés représentent l'avantage majeur des lasers pour ce type d'interventions (3,107,108).

### 2.2.2 Précision du geste chirurgical

En conséquence des propriétés décrites ci-dessus, l'opérateur dispose d'un meilleur contrôle visuel du site opératoire, et maîtrise ainsi mieux son geste. Par ailleurs, la précision des incisions peut diminuer avec l'usure de la lame du scalpel, alors qu'elle est constante avec l'utilisation des lasers (85,97,109).

On observe néanmoins une diminution du sens tactile car les lasers, sauf les lasers diode, s'utilisent à distance du site receveur. Le laser peut enlever l'équivalent de quelques couches de cellules à la fois (110).

### 2.2.3 Diminution de la douleur et de l'inflammation

De nombreux essais cliniques randomisés ont comparé l'intensité de la douleur provoquée par une chirurgie réalisée soit au laser, soit à la lame froide. La plupart des résultats indiquent qu'il existe une diminution significative de la douleur postopératoire avec le laser (111–113). Il est même possible, avec certains lasers diode et erbium, de réaliser l'intervention sans anesthésie locale (114,115).

D'après Tuncer *et al.*, la diminution de douleur et d'inconfort peut être due au coagulum protéique qui se forme à la surface de la plaie lors de la chirurgie au laser, agissant ainsi comme un pansement biologique et scellant les extrémités des nerfs.

### 2.2.4 Amélioration de la cicatrisation

Les sutures et le pansement chirurgical ne sont plus nécessaires, car la plaie est laissée ouverte et guérit en deuxième intention en raison de la granulation des tissus et de la ré-épithélialisation, qui se produit dans les marges de la plaie chirurgicale depuis son centre (116). L'absence de sutures réduit considérablement les temps opératoires.

On observe aussi une diminution du temps de cicatrisation (117). L'action scellante des nerfs et vaisseaux lymphatiques du laser permet de limiter l'inconfort et l'œdème postopératoire.

#### 2.2.5 Diminution du risque infectieux – effet bactéricide

A cause de l'augmentation de température engendrée au niveau des tissus, le laser réduit la présence de bactéries pathogènes, limitant le risque infectieux inhérent au geste chirurgical.

#### 2.2.6 Affranchissement de l'étape d'anesthésie

L'intervention au laser ne nécessite pas d'anesthésie préalable (40). Cela limite ainsi le risque de réaction allergique, de résistance bactériologique et effets secondaires imputables aux composants des anesthésiants. De fait, la technologie laser peut être utilisée sans contre-indication chez les enfants ou femmes enceintes. Cela permet également une réduction de la durée de l'intervention.

## 2.3 Sur les tissus durs

Hibst et Keller suggèrent pour la première fois l'utilisation du laser Er : YAG pour l'ablation des tissus dentaires durs (118). Utilisé aujourd'hui en odontologie conservatrice comme solution de remplacement des instruments rotatifs, il trouve également ses indications en orthodontie.

### 2.3.1 Mordançage de l'émail

La préparation de la surface amélaire est une étape primordiale pour réaliser un collage de qualité. Couramment, le mordançage est réalisé avec un gel d'acide orthophosphorique à 37%, qui va préparer la surface de l'émail en éliminant la structure minérale interprismatique. Ainsi microfissurée, la surface permet une grande rétention des résines adhésives. L'inconvénient de ce mordançage à l'acide orthophosphorique classique est le risque de provoquer une décalcification et rendre ainsi la surface dentaire plus vulnérable au processus carieux. Le recours aux lasers pour préparer les surfaces amélares apparaît donc comme une solution thérapeutique en remplacement ou en complément de l'acide orthophosphorique.

L'application du laser sur les surfaces amélares aboutit à la formation de micro-irrégularités qui permettent une pénétration de la résine composite (119). Le mordançage au laser est indolore et ne produit ni vibration, ni chaleur. En s'affranchissant des étapes de rinçage et de séchage à l'air, il permet de réduire le temps de travail au fauteuil. La manipulation aisée de l'appareil rend également ce traitement intéressant pour une utilisation clinique quotidienne.

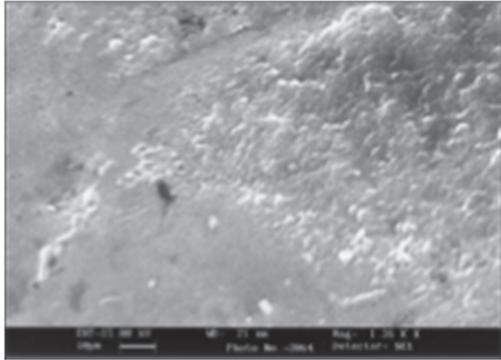


Figure 42 : Vue au microscope électronique à balayage d'une surface amélaire intacte (119)

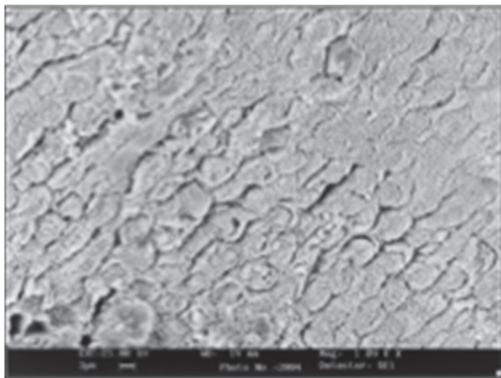


Figure 43 : Vue au microscope électronique à balayage d'une surface amélaire traitée à l'acide orthophosphorique à 37% (119)

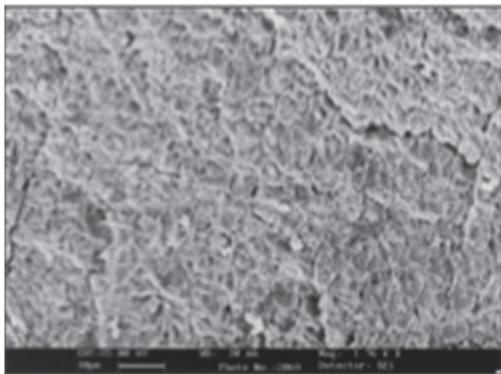


Figure 44 : Vue au microscope électronique à balayage d'une surface amélaire traitée au laser (119)

Il faudra préparer une surface très restreinte de l'émail, ayant la dimension du bracket pour être le moins iatrogène possible.

Les laser Er :YAG et Er,Cr :YAG sont les lasers les plus indiqués pour cet acte, car efficaces sur les tissus durs.

La supériorité de la force de collage en utilisant le laser par rapport à l'acide n'est pas retrouvée par tous les auteurs (120). Certains préconisent même d'utiliser ces deux procédés en synergie afin d'obtenir un résultat optimal (121). Pour la pose de contention fixe, il peut être une alternative au sablage préalable à l'étape de mordantage.

### 2.3.2 Aide à la dépose des brackets

Les colles mises à disposition pour le collage des brackets sont de nos jours très performantes. La dépose des brackets peut entraîner des dommages sur la surface dentaire. Lorsque la force requise pour la dépose du bracket excède la force de cohésion entre celui-ci et l'émail, la fracture de la surface amélaire est inévitable. L'apparition des brackets en céramique a accru ce problème, en raison d'une plus grande force de cohésion.

De nouvelles techniques de dépose nécessitant moins de force sont donc à l'étude, le laser étant l'une d'entre elles. Des vues au microscope électronique à balayage rendent compte des microrétentions créés (119).

#### 2.3.2.1 *Utilisation des laser basse énergie*

Avec l'utilisation d'un laser basse énergie type Nd:YAG, l'irradiation du laser va provoquer un ramollissement de la résine composite dû à l'augmentation de température. Le bracket glisse alors spontanément de la surface dentaire, permettant un retrait aisé (122).

Une étude menée par Lai en 2010 montre que l'augmentation de l'énergie délivrée s'accompagne d'une diminution du temps nécessaire à la dépose, d'une diminution de la quantité de résine résiduelle sur la dent, et d'une augmentation de la température pulpaire (123).

Cependant avec ce type de laser (longueur d'onde = 1064 nm), on estime que le risque de douleur et de lésion pulpaire est trop important en regard des avantages liés à son utilisation (124).

### 2.3.2.2 Utilisation de laser haute énergie

Avec un laser haute énergie type laser CO<sub>2</sub> ou laser Er :YAG, il se produit une augmentation brutale de température qui conduit à l'ablation thermique de la résine qui se vaporise (125).

Le laser Er :YAG sera privilégié au Laser CO<sub>2</sub>, il permettrait en effet de réduire les forces de résistance au cisaillement des brackets en céramique polycristalline, tout en limitant l'élévation de la température (126).

Les avantages du laser pour la dépose des brackets se résument ainsi (127):

- Réduction de la force nécessaire au retrait des brackets
- Diminution du risque de lésions amélares
- Réduction du temps de travail au fauteuil

Le principal inconvénient de cette technique reste néanmoins le risque de lésion pulpaire consécutif à l'augmentation de la température. Cependant les études montrent une grande variabilité de réponse pulpaire en fonction des patients. Cette réponse individuelle dépend du type de laser, de la résine utilisée, de la durée d'exposition, du niveau d'énergie délivrée et de la méthode d'application. Il n'y a donc pas de consensus quant au protocole et paramétrage propre à cette utilisation du laser. Il faut donc bien veiller à utiliser les paramètres appropriés du laser utilisé pour rester dans des températures en dessous du seuil de sécurité (126).

### 3 LASER AU CABINET

#### 3.1 Législation (128)

##### 3.1.1 Classification des lasers

Tout laser vendu au sein de l'union européenne doit porter le label CE. Ce label prouve aux acheteurs que le produit répond aux exigences essentielles en matière de sécurité et aux normes environnementales telles que définies dans les directives européennes. La norme EN 60825-1/A2 classe les lasers en 7 catégories selon le risque oculaire. (129)

Classe 1	▶	Aucun danger
Classe 1M	▶	302,5 nm ≤ longueurs d'onde ≤ 4 000 nm Risque si faisceau laser utilisé avec des optiques
Classe 2	▶	400 nm ≤ longueurs d'onde ≤ 700 nm (visible) Ne pas garder intentionnellement l'œil dans l'axe du faisceau laser
Classe 2M	▶	400 nm ≤ longueurs d'onde ≤ 700 nm (visible) Ne pas garder intentionnellement l'œil dans l'axe du faisceau laser Ne pas regarder dans le faisceau à l'aide d'un instrument optique
Classe 3R	▶	302,5 nm ≤ longueurs d'onde ≤ 10 <sup>6</sup> nm La vision directe du faisceau est potentiellement dangereuse
Classe 3B	▶	La vision directe du faisceau est dangereuse Risque de lésions cutanées Réflexion diffuse sans danger si la distance entre la cornée et l'écran (D) > 13 cm et si le temps d'exposition (t) < 10 s.
Classe 4	▶	Exposition de l'œil et de la peau dangereuse (faisceau direct ou diffusé)

Figure 45 : Classification des lasers (129)

Ceux utilisés en Odontologie sont tous de classe IV avec une puissance de sortie supérieure à 0,5W susceptible d'endommager les yeux et la peau en cas d'irradiation directe ou par réflexion.

Afin de répondre aux exigences du décret 2010-750, une personne compétente responsable de la sécurité laser doit être désignée au sein de chaque cabinet disposant d'au moins un laser. Cette personne certifiée dispose de l'autorité pour surveiller et renforcer la sécurité liée au laser. Elle doit être présente lors de l'utilisation de lasers de classe 3B et de classe 4.

### 3.1.2 Vignette autocollante d'information

L'usage du laser dans la salle de soin oblige la création d'une « zone de danger » comportant la présence d'un autocollant avertissant du risque lié au laser et reprenant l'inscription : « Rayonnement laser visible ou invisible – Exposition dangereuse de l'œil ou de la peau au rayonnement direct ou diffus – Appareil à laser de classe IV ».



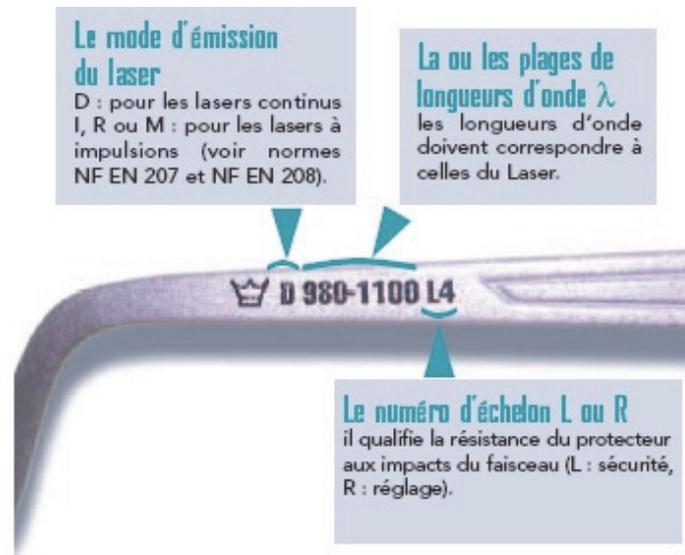
Figure 46 : Vignette autocollante d'information présente dans la salle de soin (129)

### 3.1.3 Lunettes de protection

Toutes les personnes présentes dans la salle de soin pendant l'utilisation du laser doivent être équipées de lunettes de protection adaptées, certifiées « CE », comportant des protections latérales et non rayées.

Le marquage des lunettes de protection, défini par la norme EN 2007, comporte une lettre pour le mode d'émission du laser (D pour le mode continu, I-R-M pour le mode pulsé), une valeur en nanomètre correspondant aux longueurs d'ondes filtrées par les

lunettes, un échelon de protection de L1 à L10 indiquant la capacité des lunettes à diminuer l'énergie laser en dessous de l'EMP (exposition maximale permise), le nom du fabricant et la marque de certification.



Ces grandeurs doivent être impérativement gravées sur la monture ou sur les verres.  
Certains fabricants de lunettes ajoutent la densité optique D ou DO (elle dépend de la puissance ou de l'énergie du Laser).



Quelle que soit la qualité des lunettes, interdiction formelle de regarder dans l'axe du faisceau.

Figure 47 : Lunettes de protection obligatoires (129)

L'entretien et la vérification (fréquence inscrite sur la notice du fabricant) de l'équipement laser par un personnel compétent est obligatoire.

### 3.2 Contre-indications au laser

En odontologie, il est contre-indiqué d'utiliser le laser en cas de :

- Prise de médicaments photo-sensibilisants ;
- Maladie occasionnant une photosensibilisation à la lumière ou dont les symptômes peuvent être aggravés par une exposition à la lumière ;
- Présence de lésions cancéreuses buccales ou péri-buccales.

### **3.3 Risques et précautions d'emploi du laser au cabinet (130)**

L'utilisation du laser au cabinet dentaire n'est pas sans dangers. Ils peuvent provenir du faisceau principal comme d'un rayon réfléchi. Ils sont fonction du temps d'exposition, de la longueur d'onde et de l'utilisation de matériels optiques (lunettes télescopiques, microscope, ...), capables de concentrer le rayon laser.

#### **3.3.1 Lésions oculaires**

La cornée est principalement composée d'eau, et peut donc être la cible des lasers CO<sub>2</sub> (risque de brûlures). On peut également retrouver des atteintes des humeurs aqueuse et vitrée (troubles de la réfraction), ou du cristallin (risque de cataracte). La rétine peut quant à elle être la cible des lasers Nd : YAG et diode, car leurs longueurs d'onde sont particulièrement absorbées par les pigments. L'atteinte peut aller jusqu'à la cécité.

Ce danger peut être écarté par le port de lunettes de protection, tant par le patient que par l'équipe soignante. Il existe des lunettes propres à chaque longueur d'onde.

#### **3.3.2 Lésions cutanées**

Les longueurs d'onde comprises entre 300 et 3000 nm peuvent induire des lésions cutanées, pouvant aller d'une simple sécheresse, à l'apparition de cloques ou de brûlures. Le patient et le praticien doivent être complètement couverts au cours de l'irradiation.

#### **3.3.3 Risque de projections**

L'irradiation des tissus mous avec un laser de haute énergie s'accompagne de projections pouvant contenir des spores bactériennes ou des virus, et d'une production de gaz nocifs (monoxyde de carbone, hydrocarbures...). L'inhalation de ceux-ci peut induire une toux, une congestion nasale, des nausées et des vomissements. Il peut donc être nécessaire de disposer de masques à haute capacité de filtration en plus de l'équipement de protection habituel.

#### 3.3.4 Risque d'électrocution

Le risque d'électrocution doit être prévenu en évitant de stocker des liquides au-dessus du laser.

#### 3.3.5 Le risque d'incendie

Le risque d'incendie existe, ainsi toutes les substances inflammables et les outils réfléchissants de la zone opératoire doivent être supprimés.

Enfin l'utilisation des lasers sur des patientes traités sous sédation consciente par inhalation MEOPA est formellement interdite en raison de la présence de gaz et du risque d'explosion.

## CONCLUSION

Au cours de cet exposé, nous avons pu voir l'étendue des utilisations du laser en orthopédie dento-faciale et leur intérêt grandissant dans notre discipline. Il s'agit d'un outil moderne, performant, intuitif, en constante évolution et qui permet à l'orthodontiste de réaliser lui-même des actes qui nécessitaient auparavant un plateau technique complexe ou l'intervention d'un correspondant.

Chaque application fait intervenir des paramètres d'irradiation bien précis, propres à chaque laser, qu'il convient de respecter. En effet, une utilisation inappropriée peut aboutir à un échec du traitement mais aussi à l'apparition de lésions et de blessures, tant au sein de l'équipe soignante qu'au niveau du patient.

Ces dernières années, la palette des applications cliniques des lasers à basse énergie s'est encore élargie avec l'apparition de la biomodulation. Son efficacité sur la diminution de la douleur et l'accélération des mouvements doit cependant être confirmée par des études cliniques.

## TABLE DES ILLUSTRATIONS

<i>Figure 1 : Caractère ondulatoire de la lumière</i>	3
<i>Figure 2: Le spectre électromagnétique</i>	4
<i>Figure 3 ; Principe de l'amplification des photons par émission stimulée</i>	5
<i>Figure 4 : Principe de fonctionnement d'un appareil laser</i>	7
<i>Figure 5 : Mode de fonctionnement des lasers</i>	8
<i>Figure 6 : Interactions tissu – rayonnement laser</i>	10
<i>Figure 7 : Spectre d'absorption des principaux chromophores</i>	12
<i>Figure 8 : Pénétration du laser dans la peau en fonction de sa longueur d'onde</i>	13
<i>Figure 9 : Pénétration du laser dans la peau en fonction de la taille du spot</i>	14
<i>Figure 10 : Pénétration du laser dans la peau en fonction de la couleur</i>	14
<i>Figure 11 : Action thermique des lasers sur les tissus biologiques</i>	16
<i>Figure 12 : Tableau récapitulatif des changements histologiques en fonction de la température</i>	16
<i>Figure 13 : Effets thermiques tissulaires</i>	17
<i>Figure 14 : Différence de pénétration selon le type de laser</i>	19
<i>Figure 15 : Les canines suivent les racines des incisives latérales dans leur parcours d'éruption et peuvent fermer le diastème médian</i>	31
<i>Figure 16 : Effet d'une position basse de la langue sur la dimension transversale à l'arcade maxillaire</i>	36
<i>Figure 17 : Eviction gingivale linguale (diode laser 810nm, 3W) avant empreinte optique puis collage indirect après fabrication du DMSM</i>	38
<i>Figure 18 : Décapuchonage au laser d'une 37</i>	39
<i>Figure 19 : Décapuchonnage au laser puis collage vestibulaire d'une attache sur 37</i>	39
<i>Figure 20 : Dégagement au laser d'une 23 incluse en position palatine puis traction immédiate après collage du moyen de traction</i>	43
<i>Figure 21 : Dégagement au laser de canines incluses en vestibulaire et collage de l'attache immédiate</i>	44
<i>Figure 22 : Exposition au laser de la couronne clinique d'une 11 dont l'éruption est perturbée par un kyste éruptif</i>	45
<i>Figure 23 : Gingivectomies réalisées au laser pour permettre le collage d'attache orthodontiques</i>	49
<i>Figure 24 : Ablation au laser de tissu gingival en excès dans l'espace inter-proximal suite à une fermeture d'espace trop rapide</i>	50
<i>Figure 25 : Les lignes gingivales esthétiques harmonieuses (Caudill et Chiche)</i>	51
<i>Figure 26 : Zéniths et axes des dents antérieures</i>	52
<i>Figure 27 : Evaluation de la hauteur de gencive attachée au moyen d'une sonde parodontale</i>	53
<i>Figure 28 : Hauteur de l'espace biologique</i>	54
<i>Figure 29 : Evaluation de la profondeur du sulcus</i>	54
<i>Figure 30 : Gingivectomie esthétique au laser</i>	55

<i>Figure 31 Stabilisation par fibrotomie au laser et contention collée</i>	57
<i>Figure 32 : Dégagement au laser diode (puissance 0,5W) d'un mini-implant enfoui</i>	58
<i>Figure 33 : Vue au microscope électronique à balayage d'une surface amélaire intacte</i>	62
<i>Figure 34 : Vue au microscope électronique à balayage d'une surface amélaire traitée à l'acide orthophosphorique à 37%</i>	62
<i>Figure 35 : Vue au microscope électronique à balayage d'une surface amélaire traitée au laser</i>	62
<i>Figure 36 : Classification des lasers</i>	65
<i>Figure 37 : Vignette autocollante d'information présente dans la salle de soin</i>	66
<i>Figure 38 : Lunettes de protection obligatoires</i>	67

## **BIBLIOGRAPHIE**

1. Johar K. Fundamentals of laser dentistry. Jaypee Brothers Medical Publishers 2011.
2. Romanos GE. The state of the science of lasers in dentistry. The Canadian Journal of Dental Hygiene 2012;46(1):20-21.
3. Rey G, Missika P, Rocca J-P. Les lasers et la chirurgie dentaire. Rueil-Malmaison: Cdp, 2010.
4. <http://sbarbati.wordpress.com/2011/10/02/champ-quantique-pour-atomes/> (14/02/2014).
5. <http://vincent.clement92.free.fr/TPE/laser2.php> (14/02/2014).
6. <http://eurinsa.insa-lyon.fr> (14/02/2014).
7. Brugnera Junior A, Garrini dos Santos AEC, Bologna AD, Christinna TCG, Ladarlado P. Atlas of laser therapy applied to clinical dentistry. Quintessence editora Ltda 2006.
8. Convissar RA. Principles and Practice of Laser Denstistry. Mosby Elsevier 2011.
9. Olivi G, Margolis FS, Genovese MG. Pediatric laser dentistry, a user's guide. Hanover Park, IL 2011.
10. Rocca JP. Les lasers en odontologie. CdP, 2010;2:16-17.
11. Martin L. Les lasers en odontologie : principes physiques et applications cliniques [these en ligne]. Paris(France): Faculté de chirurgie-dentaire Paris V; 2017.
12. Parker S. Verifiable CPD paper : laser-tissue interaction. British dental journal 2007;202(2):73-81.
13. Rechmann P, Charland DA, Beate MT, Rechmann BM, Le CQ, John D.B et al. In-vivo occlusal caries prevention by pulsed CO2-laser and fluoride varnish treatment—A clinical pilot study. Lasers in Surgery and Medicine 2013;45(5):302-310.
14. AOKI A.et al., In vitro evaluation of Er:YAG laser scaling of subgingival calculus in comparison with ultrasonic scaling. J. Periodont. Res., 2000, 35, p266-277.
15. Vasudev Ballal N, Kundadal M, Bhat KS. Lasers General Principles – A review. International Journal of clinical Dentistry 2011;4(2):133-146.

16. Lodi G. et al. Systematic Review of Randomized Trials for the Treatment of Oral Leukoplakia. *J. Dent. Educ.* 2002;66(8):896-902.
17. Vivek V. et al. Three-year follow-up of oral leukoplakia after neodymium:yttrium aluminum garnet (Nd:YAG) laser surgery. *Lasers Med. Sci.*, 2008;23(4):375-379.
18. Boj JR, Poirier C, Hernandez M, Espasa E, Epanya A. Review : laser soft tissue treatment for paediatric dental patients. *European archives of paediatric dentistry* 2011;12(2):100-105.
19. Hée, Balty, Mayer. Les lasers : risques et prévention. *Cahiers de notes documentaires - Hygiène et sécurité du travail* 1998;173.
20. Romanos G, Nentwig GH. Diode laser (980 nm) in oral and maxillofacial surgical procedures: clinical observations based on clinical applications. *J Clin Laser Med Surg.* oct 1999;17(5):193-7.
21. Blayden J, Mott A. *Soft-tissue lasers in dental hygiene.* Wiley-Blackwell 2013.
22. Govila V, Gulati M, Govila S. Diode laser application in periodontics. *Indian Journal of Dental Sciences* 2011;5(3):64-67.
23. Maturo P, Perugia C, Docimo R. Versatility of an 810 nm diode laser in pediatric dentistry. *International Journal of Clinical Dentistry* 2013;6(2):161-172.
24. White JM, Goodis HE, Rose CL. Use of the pulsed Nd:YAG laser for intraoral soft tissue surgery. *Lasers Surg Med.* 1991;11(5):455-61.
25. Moritz A. al. : *Oral Laser application*, 2006;2:347-364.
26. Casanova J.A., Dugeon R.-Utilisation du laser dans la thérapeutique parodontale : état de la question en 2009. [Thèse d'exercice dentaire] Nantes(France): Université de Nantes; 2010.
27. Lewis JR, Tsugawa AJ, Reiter AM. Use of CO2 Laser as an Adjunctive Treatment for Caudal Stomatitis in a Cat. *J Vet Dent.* déc 2007;24(4):240-9.
28. Brochure KaVo : <http://www.kavo.com> (13/03/2014).
29. Brochure Sirona : <http://www.sirona.fr> (04/02/2014).
30. Henry S W, Levin M P, Tsaknis P J. Histologic features of the superior labial frenum. *J. Periodontol.* 1976;47:25-28.
31. Benoit R, Genon P. Indications des thérapeutiques muco-gingivales chez l'enfant et l'adolescent. *Rev Dent Stomat* 1985;3:173-196.
32. Mirko P, Miroslav S, Lubor M. Significance of the Labial Frenum Attachment in Periodontal Disease in Man. Part 1. Classification and Epidemiology of the

- Labial Frenum Attachment. *J Periodontol.* déc 1974;45(12):891-4.
33. Boes D, Maujean E, Pougatch P. Interrelation orthodontie-parodontologie. EMC Odontologie Elsevier Paris 1999,23:448.
  34. Bouchemit I., Kuntz T. La freinectomie labiale supérieure. *Inf. dent.* 25 septembre 1997;32:2269-2275.
  35. Borghetti A Guy JP Cesano B. La frénectomie associée à une greffe gingivale triangulaire. *J Parodontol* 1991;10:373-37.
  36. Broadbent B. Odontogenic development of occlusion. *Angle Orthod.* 1941;11:223-41.
  37. Korbendau J-M, Guyomard F. Chirurgie parodontale orthodontique. Velizy-Villacoubray: CdP 1998.
  38. Pourrat F, Medio M. Laser et orthodontie. *Inf. Dent* 2016;36:2-7.
  39. Mareschi S. Frénectomie labiale supérieure. *Dent Tribune* 2014;2(2):6-9.
  40. Schindler-Hultsch G. Frénectomie assistée par laser en odontologie pédiatrique. *Laser* 2012;1:14-16.
  41. Kamina P. Précis d'anatomie clinique. Tome II. Paris : Maloine 2002;280:287-291.
  42. Rouviere H. Delmas A. Anatomie humaine descriptive, topographique et fonctionnelle. Tome Premier tête et cou 2002;974:440-443. In.
  43. Comité de la pédiatrie communautaire, Société canadienne de Pédiatrie. L'ankyloglossie et l'allaitement. *Pediat. Child Health* 2000;7(4):273-4.
  44. Lalakea M-L., Messner A-R Ankyloglossia does it mater? *Pediatr Clin North Am* 2003;50:381-397.
  45. RABERIN M. Incidences cliniques des postures de la zone orolabiale. *Encycl Med Chir (Paris), Odontologie/Orthopédie dentofaciale*, 23-474-B-10, 2007-Médecine buccale, 28-630-M-10,2008.
  46. Testelin S., Devauchelle B., Dupuis A. Frein lingual et ankyloglossie congénitale. *Langue et dystrophie* 1997;153-161.
  47. Chalard M. La freinotomie : connaissances et pratiques des sages-femmes du limousin [Thèse de mémoire Diplôme d'état de sage-femme], Limoges(France): Faculté de médecine de Limoges; 2013.
  48. Landouzy J-M. La langue, une alliée - une ennemie. *J Edgewise Collège Eur Orthod* 2002;46(1):33-7.
  49. Fournier MY. La rééducation fonctionnelle chez l'enfant et son contrôle par

- l'orthodontiste. Rev Orthop Dentofac 1994;28:473-85.
50. Soulet A. Rôle de la langue au cours des fonctions oro-faciales. Rev Orthop Dentofac 1989;23:31-52.
  51. Suter V., Bornstein M. Ankyloglossia: Facts and Myths in Diagnosis and treatment. J Periodontol 2009;80(8): 1204-1219.
  52. Soulet A. Brièveté du frein lingual. Rev Orthop Dentofac 1987;21:479-484.
  53. Puthussery FJ, Shekar K, Gulati A, Downie IP. Use of carbon dioxide laser in lingual frenectomy. British Journal of Oral and Maxillofacial Surgery 2011;49(7):580-581.
  54. Kotlow L. Diagnosis and treatment of ankyloglossia and tied maxillary fraenum in infants using Er: YAG and 1064 diode lasers. European Archives of Paediatric Dentistry 2011 ; 12 (2) : 106- 112.
  55. <http://www.orthodontisteenligne.com/laser-a-tissus-mous/>.
  56. Delsol L, Orti V, Chouvin M, Canal P. Canines et incisives maxillaires incluses. Diagnostic et traitement. Encyc Med Chir (Paris) 2008;28:635.
  57. Moskowitz E M, Garcia RC. The management of palatally displaced maxillary canines: Considerations and challenges Semin Orthod 2014;2:46–58.
  58. Ericson S, Kurol J. Radiographic assessment of maxillary canine eruption in children with clinical signs of eruption disturbance. Eur J Orthod 1986;8(3):133–40.
  59. Fleury JE, Deboets D, Assaad-Auclair C, Maffre N, Sultan P. The impacted canine. Review of 212 cases. General principles of treatment. Rev Stomatol Chir Maxillofac 1985;86(2):122-31.
  60. McSherry PF. The ectopic maxillary canine: a review. Br J Orthod 1998; 25(3):209–16.
  61. Thilander B, Jacobson B. Local factors in impaction of maxillary canines. Acta Odontol. Scand. 1968;26(145-168).
  62. Celikoglu M, Kamak H, Oktay H. Investigation of transmigrated and impacted maxillary and mandibular canine teeth in an orthodontic patient population. J Oral Maxillofac Surg 2010;68:1001-1006.
  63. Bishara SE: Impacted maxillary canine: a review. Am J Orthod Dentofacial Orthop 1992;101:159-171.
  64. Kim Y, Hyun HK, Jang KT. Interrelationship between the position of impacted maxillary canines and the morphology of the maxilla Am J Orthod Dentofacial

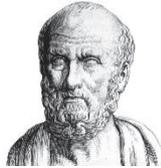
- Orthop. 2012; 141:556-62.
65. Jacoby H. The etiology of maxillary canine impaction. *Am J Orthod* 1983; 84: 125-32.
  66. Yan B, Sun Z, Fields H, Wang L, Luo L. Etiologic factors for vestibulaire and palatal maxillary canine impaction: A perspective based on cone-beam computed tomography analyses. *J Am Orthod Dentofacial Orthop* 2013;143:527-34.
  67. Westerlund A, Sjoström M, Björnström L, DDS, Ransjö M. What Factors Are Associated With Impacted Canines in Cleft Patients? *J Oral Maxillofac Surg* 2014;72:2109-2114.
  68. Peck S, Peck L, Kataja M. Site-specificity of tooth agenesis in subjects with maxillary canine malpositions. *Angle Orthod.* 1996; 66(6):473-6.
  69. Chapokas AR, Almas K, BDS, Schincaglia GP. The impacted maxillary canine: a proposed classification for surgical exposure. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol* 2012; 113:222-228.
  70. Thomine F, Kordenbau, Martineau C. Mise en place chirurgico-orthodontique des dents retenues. *Réalités cliniques* 1995;3,351-369.
  71. Isaacson, K. G. Guidelines for the use of radiographs in clinical Orthodontics. British Orthodontic Society, London 2004.
  72. Husain J, Burden D, McSherry P. Management of the palatally ectopic maxillary canine. Royal College of Surgeons of England Clinical Guidelines 2010.
  73. Carels C, De Ridder L, Van Loock N, Bogaerts K, Eyssen M, Obyn C. Orthodontie chez les enfants et adolescents. Health Services research (HSR). Bruxelles: Centre fédéral d'expertise des soins de santé (KCE); 2008;77(2).
  74. Mathews D, Kokich V. Palatally impacted canines: The case for preorthodontic uncovering and autonomous eruption. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics* april 2013;143(4).
  75. Becker A, Stella Chaushu. Palatally impacted canines: The case for closed surgical exposure and immediate orthodontic traction *Orthodontics and Dentofacial Orthopedics* april 2013;143(4).
  76. Kokish V. Surgical and orthodontic management of impacted maxillary canines. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2004; 126:278-83.
  77. Gabrić PD, Ivona B, Davor K, Janez Z, Ivana M, Ivic A. Comparison of Er : YAG laser and surgical drill for osteotomy in oral surgery : an experimental study.

- Journal of oral & Maxillofacial surgery 2012;70(11):2515-2521.
78. Passi D, Pal US, Mohammad S, Singh RK, Mehrotra D, Singh G et al. Laser vs bur for bone cutting in impacted mandibular third molar surgery : a randomized controlled trial. *Journal of Oral Biology and Craniofacial Research* 2013;3(2):57-62.
  79. Kotlow LA. Lasers in pediatric dentistry. *The dental clinics of north America* 2004;48:889-992.
  80. Armitage GC. Development of the classification system for periodontal and conditions. *Ann Periodontol* 1999;4:1-6.
  81. V. Sibaud, E. Vigarios, S. Tavitian, P. Cougoul, C. de Bataille, F. Campana, J.-C. Fricain. Accroissements gingivaux : approche pragmatique. *Annales de dermatologie et de vénéréologie* 2016; 143:467-481.
  82. Costuleanu M, Plamadela P, Castuleanu N et al. The causes of gingival overgrowth. *Rev Medico-Chir Soc Med.* 1999;103(1-2):63-7.
  83. Kouraki E, Bissada NF, Palomo JM et al. Gingival enlargement and resolution during and after orthodontic treatment. *N Y State Dent J.* 2005;71(4):34-7.
  84. ANAES. Parodontopathie : diagnostic et traitement. Service des recommandations et références professionnelles 2002; 1-18. In.
  85. Sarver DM, Yanosky M. Principles of cosmetic dentistry in orthodontics : part 2. Soft tissue laser technology and cosmetic gingival contouring. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2005;127(1):85-90.
  86. Glez D, Hourdin S, Sorel O. Laser Er:YAG en parodontologie et implication dans le plan de traitement orthodontique. *Orthod Fr.* 2010;81(1):19-26.
  87. Stübinger S, Saldami B, Jürgens P et al. Soft tissue surgery with the diode laser - theoretical and clinical aspects. *Schweiz Monatsschr Zahnmed.* 2006;116(8):812-20.
  88. Pourrat F, Pourrat F. Maintenir et embellir les traitements orthodontiques : le laser, une place de choix. Flageul F, éditeur. *Rev Orthopédie Dento-Faciale.* avr 2018;52(2):147-168.
  89. Kulh Nieke B, Fischbach H, Schwarz C. Post retention crowding incisor irregularity: a long term follow up evaluation of stability and relapse. *Br J Orthod* 1995;22(3):249-257. In.
  90. Sarver D. Enameloplasty and Esthetic Finishing in Orthodontics – Identification and Treatment of Microesthetic Features in Orthodontics Part 1. *J Dent Esth*

- and Resto Dentistry 2011;23(5):296-302.
91. Caudill R, Chiche G. Esthétique et gencive. In : Chiche G, Pinault A (eds). Esthétique et restauration des dents antérieures. Paris : CdP 1995:177-198.
  92. Loe H. The gingival index, the plaque index, and the retention index systems. J of Periodontol 1967;38(6):610-616.
  93. Garguiolo AW, Wrentz FM, Orban B. Dimensions and relations of dentogingival junction in human. J Periodontol 1961;32:261-267.
  94. Maynard JG, Wilson RD. Diagnosis and management of mucogingival problem in children. Dent North Am 1980;24:683-703.
  95. Edwards JG. A surgical procedure to eliminate rotational relapse. Am J Orthod 1970;57:35-46.
  96. Frick LL, Rankine CA. Comparison of electrosurgery with conventional fiberotomies on rotational relapse and gingival tissue in the dog. Am J Orthod Dentofacial Orthop 1990;97:405-412.
  97. Hall RR. The healing of soft tissues incised by a carbon dioxide laser. Br J Surg 1971;58:222-225.
  98. Kim SJ, et al. Laser-aided circumferential supracrestal fiberotomy and low-level laser therapy effects on relapse of rotated teeth in beagles. Angle Orthod 2010;80(2):2010.
  99. Gokhale S, A. Effects of laser-aided circumferential supracrestal fiberotomy on relapse of orthodontically treated teeth: A pilot study. J Dental Lasers 2015;1(9):16-22.
  100. Baron P., Quoi de neuf en pratique orthodontique ? : une interview avec Mr Baron. Dental tribune 2011;10-11. In.
  101. Dammak S. [mémoire DUO]. Toulouse (France): Université de Toulouse;2014.
  102. Kravitz N. D., Kusnoto B. Risks and complications of orthodontic miniscrew., Am J Orthod Dentofacial Orthop 2007;131:00.
  103. Dalessandri D., Salgarello S., Dalessandri M., Lazzaroni E., Piancino M., Paganelli C., Maiorana C., Santoro F. Determinants for success rates of temporary anchorage devices in orthodontics : a meta-analysis. Eur J Orthod 2014;36:303-313.
  104. Ellouze S., Darqué F. Mini-implants. L'orthodontie de demain, éd. Quintessence International 2012;3-24.
  105. Papageorgiou S. N., Zogakis I. P., Papadopoulos M. A. Failure rates and

- associated risk factors of orthodontic miniscrew implants : a meta-analysis. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2012;142:577-95.
106. Kuroda S., Tanaka E. Risks and complications of miniscrew anchorage in clinical orthodontics, *Japanese Dental Science Revue*, 2014.
  107. Gama SKC, De Araujo TM, Pinheiro ALB. Benefits of the use of the CO2 laser in orthodontics. *Lasers Med Sci.* 2008;23(4):459-65.
  108. Gontijo I, Navarro RS, Haypek P, et al. The applications of diode and Er:YAG lasers in labial frenectomy in infant patients. *J Dent Child Chic Ill.* 2005;72(1):10-5.
  109. Fornaini C, Merigo E, Vescovi P et AL. Use of laser in orthodontics : applications and perspectives. *Laser Ther.* 2013;22(2):115-24.
  110. Kravitz ND, Kusnoto B. Soft-tissue lasers in orthodontics : an overview. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2008;133(4):S110-4.
  111. Kara C. Evaluation of patient perceptions of frenectomy : a comparison of Nd:YAG laser and conventional techniques. *Photomed Laser Surg.* 2008;26(2):147-52.
  112. Kara C, Süleyman H, Tezel A, et al. Evaluation of pain levels after Nd: YAG laser and scalpel incisions : an experimental study in rats. *Photomed Laser Surg.* 2010;28(5):635-8.
  113. Tuncer I, Ozçakir-Tomruk C, Sencif K, et al. Comparison of conventional surgery and CO2 laser on intraoral soft tissue pathologies and evaluation of the collateral thermal damage. *Photomed Laser Surg.* 2010;28(1):75-9.
  114. Aras MH, Görgen M, Güngörmus M, et al. Comparison of diode laser and Er:YAG lasers in the treatment of ankyloglossia. *Photomed Laser Surg.* 2010;28(2):173-7.
  115. Kafas P, Stavrianos C, Jerjes W, et al. Upper-lip laser frenectomy without infiltrated anaesthesia in a paediatric patient : a case report. *Cases J.* 2009;2:7138.
  116. Borgetti A, Monnet-C V. *La chirurgie parodontale.* Elsevier Masson CDP, 2000: 179-189.
  117. Zhang M, Mcgrath C, Hägg U. Changes in oral health-related quality of life during fixed orthodontic appliance therapy. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2008;133(1):25-9.

118. Hibst R, Keller U. Experimental studies of the application of the Er:YAG laser on dental hard substances: I. Measurement of the ablation rate. *Lasers Surg Med.* 1989;9(4):338-44.
119. Usümez S, Orhan M, Usümez. A. Laser etching of enamel for direct bonding with an Er,Cr:YSGG hydrokinetic laser system. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2002;122(6):649-56.
120. Raji SH, Birang R, Majdzade F, et al. Evaluation of shear bond strength of orthodontic brackets bonded with Er-YAG laser etching. *Dent Res J.* 2012;9(3):288-93.
121. Kang Y, Rabie A, Wong R. A review of laser applications in orthodontics. *Int J Orthod Milwaukee Wis.* 2014;25(1):47-56.
122. Tocchio R, Williams P, Mayer F, et al. Laser debonding of ceramic orthodontic brackets. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 1993;103(2):155-62.
123. Lai R, Wang H, Chen T, et al. Pulsed Nd:YAG laser-aided debonding for removing the metal brackets. *Chin J Stomatol.* 2010;45(7):407-10.
124. Fornaini C. Le laser Er:YAG dans les phases de collage et de dépose des brackets lors du traitement orthodontique. *Dent Tribune.* 2014;2(4):26-9.
125. Oztoprak MO, Nalbantgil D, Erdem AS, ET AL. Debonding of ceramic brackets by a new scanning laser method. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2010;138(2):195-200.
126. Nalbantgil D, Oztoprak MO, Tolzu M, ET AL. Effects of different application durations of ER:YAG laser on intrapulpal temperature change during debonding. *Lasers Med Sci.* 2011;26(6):735-40.
127. Strobl K, Bahn TL, Willham L et AL. Laser-aided debonding of orthodontic ceramic brackets. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 1992;101(2):152-8.
128. Parker S. Laser regulation and safety in general dental practice. *Br Dent.* 2007;202(9):523-32.
129. Maillet H. Le Laser : principes et techniques d'application : industries, nucléaire, armement, télécommunications, médecine. 1986;550.
130. Dickers B. et al. Temperature rise during photo-activated disinfection of root canals. *Lasers Med. Sci.* 2009 ; 24(1) 81-85.



## 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.



**OBJOIS Marie** – Utilisation des propriétés ablatives des lasers en orthodontie  
Th. : Chir. dent. : Marseille : Aix –Marseille Université : 2020

**RUBRIQUE DE CLASSEMENT** : Orthopédie-dento-faciale

**RESUME** :

Apparu en odontologie en 1960, le LASER, ou « Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation » est devenu un outil de travail précis, efficace et incontournable. Ses applications se sont depuis multipliées, notamment en orthopédie-dento-faciale où il a trouvé toute sa place pour faciliter et améliorer les traitements.

Dans ce travail, seront présentés les lasers non pénétrants, immédiatement absorbés au voisinage du point d'impact. Ils peuvent être utilisés avant, pendant et après le traitement, tant pour les chirurgies muco-gingivales que pour les traitements des tissus durs (mordançage de l'émail et dépose de brackets).

Un travail de recherche bibliographique a été mené afin d'en comprendre le fonctionnement, l'intérêt, détailler chaque utilisation dans la pratique orthodontique et en préciser les protocoles cliniques. Les contraintes juridiques et sécuritaires quant à son utilisation en cabinet seront également abordées.

**MOTS CLES** :

laser - orthodontie – photoablation au laser – thérapie des tissus mous – diode laser

**OBJOIS Marie** – Use of the laser ablative properties in Orthodontics

**ABSTRACT:**

Used in odontology since 1960, the LASER or « Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation » became a precise, efficient and essential work tool. There have been growing applications, especially in Orthodontics allowing to improve and facilitate treatments.

This thesis will present non-penetrative laser, immediatly absorbed close to the impact point. They can be used before, during and after the treatment, in soft tissue therapy or hard tissue treatment (enamel etchning and braces removal).

A bibliography research has been led to understand the working principe of the laser and its interest, to detail each application in orthodontic practice and to specify the clinical protocols. The legal and safety considerations as for its use in office will also be discussed.

**MESH:**

Laser – orthodontics – laser photoablation of tissue – soft tissue therapy – diode laser