



Conférences de post graduation OCE 4^{ème} Année Résidanat



L'apport de la biotechnologie en OCE : Ultrasons



Plan du travail :

1	Introduction	5
2	Définitions	5
2.1	Le son	5
2.2	Les ultrasons	6
2.3	Le spectre sonore	7
2.4	Le sonique	7
2.5	La piézoélectricité	7
2.6	L'effet piézoélectrique	7
3	Principe de fonctionnement des ultrasons	8
3.1	La magnétostriction	8
3.2	La piézoélectricité	8
4	Effets des ultrasons	9
4.1	Effets physico-chimiques des ultrasons	9
4.1.1	La cavitation	9
4.1.2	Le microcourant acoustique	9
4.1.3	La réactions sono-chimiques	10
4.1.4	La production d'aérosols	10
4.2	Effets biomécaniques des ultrasons	10
4.2.1	Le martèlement	10
4.2.2	Le balayage	11
4.2.3	L'abrasion	11
5	Risques liés à l'utilisation des ultrasons	11
5.1	Les risques sur l'audition	11
5.2	Les risques thermiques	11
5.3	Les risques de contact	12
6	Application clinique des ultrasons en odontologie conservatrice/endodontie	13
6.1	Utilisation des ultrasons en cariology	13
6.1.1	Utilisation des ultrasons pour la détection des lésions carieuses	13
6.1.2	Utilisation des ultrasons pour le curetage de la lésion carieuse	13
6.2	Utilisation des ultrasons en restauration directe	14
6.2.1	L'attitude clinique	14
6.2.2	Les actions des instruments ultrasonores	14
6.2.2.1	Actions mécaniques	15
6.2.2.2	Actions physico-chimiques	15
6.2.3	Les inserts	15
6.2.3.1	Différents types	15
6.2.3.1.1	Les inserts boules	15

6.2.3.1.1.1	Description	15
6.2.3.1.1.2	Indications	15
6.2.3.1.1.3	Applications	15
6.2.3.1.1.4	Avantages	16
6.2.3.1.1.5	Inconvénients	16
6.2.3.1.2	Les inserts hémi-travillants	16
6.2.3.1.2.1	Description	16
6.2.3.1.2.2	Indications	16
6.2.3.1.2.3	Applications	16
6.2.3.1.2.4	Avantages	16
6.2.3.1.2.5	Inconvénients	16
6.2.3.2	Indications cliniques	17
6.2.3.2.1	Atteintes non cavitaires, stade 0	17
6.2.3.2.2	Cavités occlusales, site 1	17
6.2.3.2.3	Cavités proximales, site 2	17
6.2.3.2.4	Cavité juxta-gingivales, site 3	18
6.3	Utilisation des ultrasons en restauration indirecte	18
6.3.1	La mise en forme d'une cavité pour inlay et onlay	18
6.3.2	Le collage des inlays/onlays	18
6.3.2.1	La description des inserts	19
6.3.2.2	Les indications	19
6.3.2.3	Les applications cliniques du collage aux ultrasons.....	19
6.4	Utilisation des ultrasons en endodontie orthograde.....	19
6.4.1	Cavité d'accès endodontique (CAE)	20
6.4.1.1	Les inserts cylindro-côniques	20
6.4.1.2	Les inserts boules	21
6.4.2	Préparation du système canalaire.....	21
6.4.3	Irrigation du système radiculaire	21
6.4.3.1	L'irrigation ultrasonique	22
6.4.3.2	L'irrigation passive ultrasonique.....	22
6.4.4	Obturation canalaire	24
6.4.5	Fracture des instruments endocanalaire.....	25
6.4.5.1	Retrait des instruments selon la localisation	25
6.4.5.1.1	Retrait dans le tiers coronaire	25
6.4.5.1.2	Retrait dans le tiers moyen	25
6.4.5.1.2.1	Le contournement	26
6.4.5.1.2.2	Le desserrage.....	26
6.4.5.1.3	Retrait dans le tiers apical	26

6.4.5.2	Indications et utilisations des inserts	27
6.4.5.2.1	Les inserts cylindro-côniques abrasifs.....	27
6.4.5.2.2	Les inserts lisses de martèlement.....	27
6.4.6	Utilisation des ultrasons pour le retraitement endodontique	27
6.4.6.1	Pointes d'argent et tenons métalliques fracturés	28
6.4.6.2	Dépose des reconstitutions corono-radicales	28
6.4.6.2.1	L'attitude clinique	28
6.4.6.2.2	Les inserts	29
6.4.6.2.2.1	Les inserts utilisés en martèlement	29
6.4.6.2.2.1.1	Indications.....	30
6.4.6.2.2.1.2	Applications	30
6.4.6.2.2.2	Les inserts utilisés en abrasion	30
6.4.6.2.2.2.1	Indications.....	30
6.4.6.2.2.2.2	Applications	30
6.4.6.2.2.2.3	Application du MTA.....	30
6.5	Utilisation des ultrasons en endodontie rétrograde : L'utilisation des ultrasons en endodontie chirurgicale	31
6.5.1	L'attitude clinique.....	31
6.5.2	Les inserts	32
6.5.2.1	L'attitude clinique	33
6.5.2.2	La description	33
6.5.2.2.1	Les micro-inserts droits.....	33
6.5.2.2.2	Les micro-inserts orientés.....	33
6.6	Utilisation des ultrasons pour l'éclaircissement dentaire	34
7	Contre-indications des ultrasons.....	34
7.1	Le pacemaker	34
7.2	Les maladies contagieuses	34
7.2.1	Hépatite B et VIH	34
7.2.2	Tuberculose.....	35
7.3	Les patients immunodéprimés	35
7.4	Chez les enfants.....	35
8	Conclusion	35
9	Bibliographie	36

1 Introduction

En odontologie, les instruments ultrasoniques sont employés depuis 1950, en tant qu'alternative aux pièces à main rotatives.

Plus tard, les applications ont été élargies aux préparations endodontiques, à la chirurgie apicale, au traitement des poches parodontales, aux préparations conservatrices et à la chirurgie osseuse, grâce au développement d'inserts spécifiques pour chacune de ces spécialités.

L'utilisation des instruments ultrasonores modifie considérablement la pratique odontologique. Son succès est lié à une meilleure connaissance des effets mécaniques et biologiques des vibrations, à la maîtrise de l'instrumentation par l'opérateur et aux progrès technologiques (Lugand 2013).

2 Définitions

2.1 Le son

Le son est la propagation de l'énergie mécanique à travers les gaz, les liquides et les solides. Le son se propage bien à travers la plupart des solides et liquides élastiques ou presque élastiques, en particulier ceux ayant une faible viscosité à des fréquences ultrasoniques supérieures à 20 kHz (Zandona and Longbottom 2019).

Trois éléments sont nécessaires à l'existence d'un son :

- Une source qui produit le son.
- Un milieu qui transmet la vibration.
- Un récepteur, l'oreille.

L'onde sonore est produite par la vibration mécanique d'un support fluide ou solide, propagée sous forme d'ondes longitudinales, grâce à l'élasticité du milieu environnant. Dans un milieu compressible, le plus souvent dans l'air, le son se propage sous forme d'une variation de pression créée par la source sonore. Seule la compression se déplace et non les molécules d'air, qui ne font que vibrer très faiblement autour de leur position d'équilibre. L'onde sonore est une onde dite de compression (Lugand 2013).

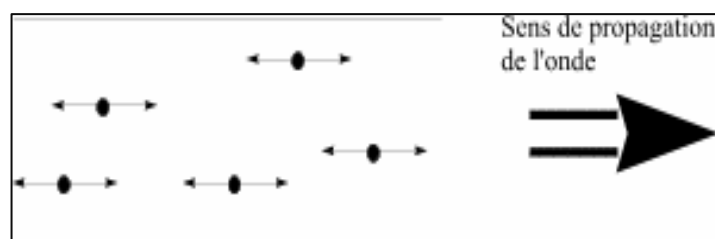


Figure : Propagation de l'onde sonore (Van Der Weijden, 2007).

Source : LUGAND, Marc. Les ultrasons en odontologie conservatrice et en endodontie : données actuelles. 2013. Thèse de doctorat. Université de Lorraine.

La fréquence d'un son est exprimée en hertz (Hz). Une fréquence faible correspond à un son grave et inversement, une fréquence élevée à un son aigu (Lugand 2013).

Tout être vivant doté d'une ouïe ne peut percevoir qu'une partie du spectre sonore. Les physiologistes s'accordent à dire que l'oreille humaine moyenne ne perçoit que les sons de fréquences comprises entre 20 et 20000 Hz. En dessous de cet intervalle, les sons sont qualifiés d'infrasons et au delà d'ultrasons puis d'hypersons au-dessus de 1GHz (Gagnot, 2008).

Tableau 1 : Les fréquences sonores (Gagnot, 2008).

Source : LUGAND, Marc. Les ultrasons en odontologie conservatrice et en endodontie : données actuelles. 2013. Thèse de doctorat. Université de Lorraine.

Infrasons	Sons	Ultrasons	Mégasons	Hypersons
1Hz →	20Hz →	20KHz →	1MHz →	100MHz...

Les fréquences audibles sont généralement trop basses en énergie pour provoquer certaines réactions chimiques telles que la cavitation ou les micro-courants acoustiques qui nous intéressent particulièrement en odontologie (Lugand 2013).

2.2 Les ultrasons

L'ultrason désigne des ondes sonores à haute fréquence dans la gamme de 2 à 16 millions de cycles par seconde. L'humain ne peut pas entendre les ultrasons. Dans la nature, les chauves-souris et les dauphins se déplacent grâce à leur capacité sonar (Zandona and Longbottom 2019).

L'onde ultrasonore est une variation de pression qui se propage dans un milieu élastique. Sa propagation nécessite d'être dans un milieu matériel, à la différence de l'onde électromagnétique qui peut se propager dans le vide.

Le milieu de propagation de l'onde ultrasonore est soumis à une succession de surpressions et de dépressions. Les particules constitutives du milieu sont alors animées d'un mouvement de va-et-vient dans l'axe de déplacement des ultrasons.

Les fréquences ultrasoniques utilisées dans les cabinets dentaires sont comprises entre 20 et 40 KHz pour les traitements parodontaux, prothétiques, ou encore endodontiques et jusqu'à 100 KHz pour les bacs de nettoyage des instruments souillés (Lugand 2013), et à titre de comparaison, la gamme de fréquences sonores est comprise entre 6 et 9 kHz (Patel 2015).

2.3 Le spectre sonore

Tous les sons peuvent se décomposer en une série d'harmoniques, dans un rapport rationnel ou irrationnel avec la fréquence fondamentale. L'ensemble de ces fréquences harmoniques ou inharmoniques représente le spectre sonore (Lugand 2013).

2.4 Le sonique

L'adjectif « sonique » est un terme relatif à la vitesse du son et aux phénomènes particuliers qui se produisent à cette vitesse (Lugand 2013).

2.5 La piézoélectricité

La piézoélectricité (du grec « piezen » signifiant « presser » ou « comprimer »); désigne l'« électricité par pression ». Elle décrit la propriété que disposent certains corps à se polariser électriquement sous l'effet d'une contrainte mécanique et à se déformer sous l'action d'un champ électrique. Ce phénomène physique est spécifique à certains cristaux (quartz, tourmaline, sel de seignette, titanate de baryum...). En effet, ces cristaux disposent d'une structure anatomique particulière (absence de centre de symétrie) qui leur confère ce caractère piézoélectrique (Patel 2015, Blanc 2019).

2.6 L'effet piézoélectrique

En 1880, deux frères Pierre et Jacques Curie, découvrent et prouvent l'effet piézoélectrique direct, (Blanc 2019).

En 1881, Gabriel Lippmann, s'empare de la découverte des frères Curie et suggère l'effet piézoélectrique inverse. Cet effet sera confirmé et prouvé par les frères Curie. Ces deux effets sont indissociables, la première est appelée effet piézoélectrique direct, et la seconde, effet piézoélectrique indirect (Lugand 2013, Blanc 2019).

L'effet piézoélectrique direct : lorsqu'on soumet un cristal à une contrainte mécanique, sa structure atomique se modifie entraînant un déplacement des centres de gravité des charges électriques (positives et négatives). Les différentes faces de la structure se polarisent, une différence de potentiel apparaît, et un courant électrique est généré (Blanc 2019).

L'effet piézoélectrique inverse : lorsqu'on soumet un cristal à un champ électrique, on apporte des charges supplémentaires à sa structure atomique créant des forces électrostatiques sur les charges liées aux molécules du cristal. Ces molécules se déplacent alors les unes par rapport aux autres et une déformation de la structure cristalline du matériau apparaît (Blanc 2019)..

3 Principe de fonctionnement des ultrasons

L'énergie ultrasonore utilisée en endodontie est produite par un générateur piézoélectrique ou magnétostrictif. La technologie piézoélectrique produit des ultrasons grâce à la vibration d'un cristal de quartz parcouru par un courant électrique et la technologie magnétostrictive utilise un matériau ferromagnétique qui, soumis à un champ électromagnétique, produit une vibration ultrasonore. Un générateur piézoélectrique fournira une vibration d'une plus grande intensité, plus adaptée à l'usage endodontique.

Ces vibrations sont caractérisées par la fréquence, l'amplitude et le trajet décrit par la pointe de l'insert. La qualité du générateur, du transducteur, de l'insert ainsi qu'un bon accord entre eux permettent d'effectuer un traitement plus efficace grâce à la production de vibrations de bonne qualité (Bertrand Khayat and Michonneau 7 mars 2007).

3.1 La magnétostriction

La magnétostriction a été découverte par James Prescott Joule en 1842.

Il a mis en évidence la capacité de changement de longueur des matériaux ferromagnétiques, tels que le fer ou le nickel, lorsqu'ils sont soumis à un champ magnétique.

Le composant caractéristique de l'unité magnétostrictive peut être une gaine de fines bandes de nickel-cobalt, soudées ensemble aux extrémités, ou une barre ferromagnétique fixée à l'insert.

Autour de ce composant est spiralé un fil de cuivre qui génère un champ magnétique lorsque le courant passe, entraînant sa contraction.

Si ce champ magnétique est alterné, la barre ou la gaine change de forme continuellement et perpendiculairement à l'axe longitudinal, produisant ainsi des vibrations. Ce phénomène se produit à une fréquence double afin que la contraction ait lieu dans le même champ magnétique.

Les unités produisant beaucoup de chaleur, elles nécessitent un spray refroidissant abondant potentiellement gênant au cours de certains actes.

Les ultrasons magnétostrictifs ont pour inconvénient de donner un mouvement elliptique non propice aux traitements conservateurs, endodontiques chirurgicaux et non chirurgicaux. Ils seront donc exclusivement utilisés lors de traitements parodontaux (Lugand 2013).

3.2 La piézoélectricité

En 1880, Pierre et Jacques Curie découvrent l'effet piézoélectrique direct. Ce phénomène correspond à la propriété qu'ont les cristaux de quartz, convenablement orientés et soumis à une pression mécanique, de créer une polarisation électrique.

L'année suivante, les frères Curie mettent en évidence l'effet inverse : lorsqu'un cristal de quartz est soumis à un champ électrique, il se comprime ou se dilate. Ces deux effets sont indissociables. Lorsqu'une force de traction est appliquée sur le cristal, la polarité du courant s'inverse.

Le quartz et les autres cristaux piézoélectriques sont excités et vibrent mécaniquement à la même fréquence grâce à un courant électrique de haute fréquence.

Les détarteurs piézoélectriques utilisés en dentisterie sont constitués d'une pièce à mains incrustée de disques en céramique électriquement réactifs, changeant de forme (élongation et contraction) lorsque le courant est alterné, provoquant ainsi la vibration de l'insert.

Une augmentation de température est un phénomène physique, dû à l'énergie cinétique produite par le déplacement de l'extrémité de l'insert. Les vibrations se déplacent dans les tissus où l'énergie des ondes est en partie transformée en énergie thermique entraînant une augmentation de la température.

Les expériences menées par Kocher et Plagmann en 1996 sur les effets thermiques des ultrasons ont montré que ceux-ci pouvaient entraîner une augmentation de la température pulpaire de 35° C en l'absence de liquide d'irrigation, contre une augmentation de 4°C en présence un liquide de refroidissement (Lugand 2013).

4 Effets des ultrasons

4.1 Effets physico-chimiques des ultrasons

4.1.1 La cavitation

La cavitation est la formation, l'oscillation radiale et l'implosion de bulles de gaz ou de vapeur dans un liquide en dépression. Elle peut être **hydrodynamique** (due à un écoulement rapide) ou **acoustique** (due à une onde sonore) (Lugand 2013).

La cavitation génère des bulles de courte durée dont l'implosion libère une onde de choc, augmentant pression et température, causant ainsi une érosion des surfaces dentaires et la destruction des bactéries. Son efficacité dépend de plusieurs facteurs, dont la forme de l'insert et le débit d'eau, qui ne doit pas dépasser 2,5 ml/mn. Bien que peu efficace contre le tartre, elle aide à éliminer la plaque dentaire jusqu'à 0,5 mm de l'insert (Lugand 2013).

4.1.2 Le microcourant acoustique

Le microcourant acoustique est un phénomène qui génère des forces de cisaillement autour de l'insert des détarteurs à ultrasons, permettant d'éliminer la plaque dentaire et de nettoyer les poches parodontales. Bien qu'il n'ait pas d'effet bactéricide direct, il peut provoquer la destruction des bactéries et avoir un

impact thrombogénique. Ce phénomène est observé non seulement avec les ultrasons, mais aussi avec les instruments soniques (Lugand 2013).

4.1.3 La réactions sono-chimiques

La chimie sous ultrasons, utilise les ondes ultrasonores pour catalyser des réactions chimiques, accélérant les processus de décomposition. Bien que son utilisation en odontologie soit encore peu explorée, elle pourrait rapidement se développer. Les ultrasons permettent de décomposer des solutions organiques, produisant des radicaux libres comme les radicaux hydroxyles, utilisés dans les réactions d'oxydation. Ce phénomène modifie les mécanismes classiques de réaction, augmentant la vitesse des processus jusqu'à 100 000 fois dans des milieux non aqueux. En endodontie, la cavitation de l'hypochlorite de sodium (NaOCl) améliore son efficacité à concentration égale (Lugand 2013).

4.1.4 La production d'aérosols

L'utilisation d'instruments ultrasoniques génère un aérosol contenant des microorganismes pathogènes, notamment des bactéries provenant de la plaque dentaire, de la salive et du sang. Une étude a montré que des bactéries étaient détectées jusqu'à 150 cm du patient après 40 mn de traitement, et l'aérosol persiste dans l'air pendant plus de 30 mn. Les générateurs ultrasoniques n'ont pas d'impact significatif sur la quantité de bactéries, mais l'effet aérosol peut être réduit en diminuant la puissance des vibrations ou en augmentant le débit du liquide d'irrigation. Un rinçage avec de la CHX ou du Listerine® peut également réduire la charge bactérienne dans l'aérosol. Des mesures de protection, telles que le port de masques filtrants et de lunettes de protection, sont essentielles pour réduire les risques d'infection pour le personnel soignant et les patients (Lugand 2013).

4.2 Effets biomécaniques des ultrasons

4.2.1 Le martèlement

Le martèlement se produit lorsque l'insert ultrasonique heurte la surface dentaire, permettant le détachement des dépôts adhérents. L'intensité sonore varie selon l'amplitude du mouvement vibratoire, et des bruits dysharmoniques peuvent indiquer une mauvaise orientation de l'insert. Le contact entre l'extrémité de l'insert et la surface doit être tangentiel, et seule l'extrémité travaillante doit frapper le dépôt. La force de l'impact dépend de l'amplitude de la vibration, ce qui facilite l'élimination des dépôts mais augmente les risques de destruction tissulaire. Des amplitudes élevées nécessitent un contrôle précis de l'impact à l'aide de loupes ou d'un microscope opératoire (Lugand 2013).

4.2.2 Le balayage

Le balayage est l'action du déplacement tangentiel de l'insert ultrasonique, qui permet d'éliminer les dépôts peu adhérents et de polir ou abraser le ciment par frottement. Le déplacement de l'insert peut être calculé en fonction de sa fréquence, amplitude et durée de contact, donnant une valeur en mètre par seconde. À 25 000 Hz et une amplitude de 100, l'insert parcourt 2,5 mètres par seconde, bien plus rapide qu'une instrumentation manuelle. Cette action de balayage est cruciale pour l'efficacité du traitement. Le déplacement de l'insert varie en fonction du générateur et de la forme de l'insert (Lugand 2013).

4.2.3 L'abrasion

La capacité abrasive des ultrasons est apparue avec les inserts diamantés. Elle est dépendante de la qualité du diamant et de la dureté du tissu : plus le grain du diamant est gros, plus il est abrasif, et plus le tissu est dur plus l'effet est efficace. Il n'existe aucun effet abrasif sur les tissus mous. La précision des vibrations permet de faire des préparations complexes de type tunnel ou entonnoir, et des finitions de préparation sans léser la gencive marginale. L'abrasion est également essentielle pour la mise en forme de la cavité d'accès endodontique et la recherche des entrées canalaire lors d'un traitement endodontique. Enfin, cette capacité est aussi exploitée en chirurgie osseuse grâce à des générateurs plus puissants, un transducteur spécifique et des inserts très abrasifs et coupants (Lugand 2013).

5 Risques liés à l'utilisation des ultrasons

La transmission des ultrasons, inaudibles ou quasi-inaudibles, a des niveaux suffisamment élevés et prolongés, provoque des effets nocifs.

5.1 Les risques sur l'audition

L'utilisation du détartreur ultrasonique en cabinet dentaire peut engendrer un risque auditif pour le patient et le praticien, notamment par le bruit intense généré. Plus l'amplitude des vibrations est élevée, plus le son devient agressif, pouvant causer acouphènes ou perte auditive temporaire. Des études montrent que ces effets sont en général réversibles et liés à une irritation des cellules sensorielles de la cochlée. Le seuil critique de 85 dB est souvent dépassé, avec des pics à 95 dB enregistrés. Une exposition à 120 dB peut déjà affecter l'audition, bien que des dommages permanents ne soient attendus qu'au-delà de 140 dB. Les porteurs de prothèses auditives doivent désactiver leurs appareils pour éviter les interférences sonores (Lugand 2013).

5.2 Les risques thermiques

Les dispositifs ultrasoniques dentaires, fonctionnant entre 20 et 50 kHz, sont couramment utilisés en endodontie pour l'irrigation, le retrait de tenons et la rétro-préparation endodontique. Ils améliorent

l'efficacité des traitements et réduisent l'inconfort, mais génèrent de la chaleur pouvant endommager les tissus de soutien.

Lors de la préparation canalaire, la température augmente modérément (environ 3 °C), restant sous le seuil critique si une irrigation suffisante est assurée.

Pendant l'irrigation, l'effet tampon des solutions limite l'élévation thermique à moins de 1 °C. En revanche, le retrait de tenons sans refroidissement peut provoquer des élévations dangereuses de température, jusqu'à 32,2 °C.

Un débit d'irrigation élevé (40 mL/min) est plus efficace pour limiter la surchauffe que 20 mL/min. Les facteurs influençant la température incluent : puissance ultrasonique, type d'embout, épaisseur de dentine résiduelle, et efficacité du refroidissement.

Les tenons métalliques dégagent plus de chaleur que les tenons céramiques, sans différence statistiquement significative. Les systèmes piézoélectriques génèrent plus de chaleur que les systèmes magnétostrictifs. Des embouts plus petits, une puissance plus élevée et un temps de contact prolongé augmentent le risque thermique. Un refroidissement actif à l'eau est donc indispensable pour protéger les structures parodontales.

Les études in vitro révèlent des risques de lésions irréversibles, notamment au niveau de l'os alvéolaire et du ligament parodontal, en cas de surchauffe. Des cas cliniques ont rapporté des nécroses osseuses sévères et des pertes dentaires suite à une mauvaise utilisation des ultrasons.

Des recommandations précises sont proposées : faire des pauses régulières, utiliser des systèmes avec irrigation performante et surveiller la température du tenon (Kwon, Park et al. 2013).

5.3 Les risques de contact

Lundstrom et Lindmark (1982) ont constaté une perte de sensibilité tactile chez les utilisateurs d'instruments pneumatiques, causée par les percussions de grande amplitude altérant le flux sanguin digital, entraînant le phénomène des « doigts blancs ». Burke et Jacques (1993), dans une étude sur 60 dentistes, ont montré que les vibrations ultrasoniques diminuent la force et la sensibilité des doigts, en ralentissant la circulation sanguine.

Ils recommandent de limiter l'usage quotidien des instruments ultrasoniques à **75 minutes** pour réduire les effets nocifs. Lugand (2013) confirme que ces troubles sont dus à la **diminution du flux sanguin** dans les doigts. Ces altérations circulatoires peuvent engendrer des risques professionnels à long terme. Le contact direct avec une source ultrasonore industrielle (comme une sonotrode ou un bain à ultrasons) expose la main à une intensité ultrasonore élevée. Cela accentue les dangers pour les tissus mous et la

vascularisation locale. Il est donc crucial de respecter des mesures de protection et de limitation du temps d'exposition (Kwon, Park et al. 2013).

6 Application clinique des ultrasons en odontologie conservatrice/endodontie

6.1 Utilisation des ultrasons en cariologie

6.1.1 Utilisation des ultrasons pour la détection des lésions carieuses

L'impédance acoustique spécifique du contenu minéral du corps de la lésion d'émail a été introduite, indiquant que les ondes ultrasonores à haute fréquence (18 MHz) peuvent distinguer une surface d'émail intacte et déminéralisée. Certaines études détectent le potentiel de l'USG (ultrasonographie) dans la déminéralisation de l'émail et les caries initiales de l'émail. En résumé, les études ont montré que l'USG offre des résultats prometteurs et fiables dans la détection des caries dentaires, la profondeur des lésions et l'usure, montrant des résultats similaires à ceux d'une mesure de référence (microscopie et QLF), avec une haute sensibilité et spécificité (Zandona and Longbottom 2019).

6.1.2 Utilisation des ultrasons pour le curetage de la lésion carieuse

Les dispositifs à ultrasons peuvent être utilisés comme approche mini-invasive, car la vibration oscillatoire peut favoriser une préparation conservatrice de la cavité et, par conséquent, une élimination moins excessive de la dentine cariée.

Les inserts soniques et ultrasoniques sont reconnus pour leur utilité pour l'élimination précise et contrôlée des lésions carieuses et des tissus durs non supportés.

Les instruments soniques et ultrasoniques éliminent les lésions carieuses par abrasion des tissus dentaires durs et mous grâce à des pointes oscillantes diamantées. Les pointes ultrasoniques produisent des oscillations linéaires à haute fréquence, de 6 500 à 40 000 Hz, alimentées par des inserts piézoélectriques. De même, les pointes soniques produisent également des oscillations elliptiques à basse fréquence (6 000 Hz) générées par un insert de détartreur à air. Les deux systèmes d'abrasion oscillante sont refroidis par pulvérisation d'eau. Ces pointes oscillantes offrent une technique innovante d'élimination des lésions carieuses grâce à plusieurs caractéristiques :

- (1) Une préparation de la cavité peu invasive.
- (2) Une grande visibilité de la lésion carieuse pendant la préparation de la cavité.
- (3) Élimination facile des caries situées dans les zones difficiles d'accès (c.-à-d. surfaces linguales ou buccales des dents postérieures) grâce aux formes angulaires spécifiques des pointes oscillantes.
- (4) Faible fréquence de lésions iatrogènes des dents voisines lors du traitement des lésions carieuses proximales.

- (5) faible niveau sonore et (6) faible besoin d'anesthésie pendant le traitement du patient (Cianetti, Abraha et al. 2018).

Les ultrasons focalisés de haute intensité (HIFU) utilisent une énergie ultrasonore de haute amplitude focalisée précisément sur la zone ciblée, induisant une contrainte mécanique et une microcavitation au sein des tissus. Les microbulles créées peuvent éroder ou d'enlever les tissus grâce à l'effet liquéfiant généré par les gradients de pression hydrodynamiques, les micro jets et les micro-courants. Des études ont démontré le potentiel des HIFU pour l'administration de médicaments à travers les tubuli dentinaires, l'élimination de la boue dentinaire, l'exposition des tubuli dentinaires, la contraction et le remodelage du collagène, ainsi que la création de dentine texturée ou de surfaces radiculaires lisses en cas d'exposition prolongée.

De plus, les HIFU présentent un effet bactéricide renforcé affectant l'intégrité des cellules bactériennes, avec des dommages superficiels minimes. Cependant, la pénétration de l'énergie et l'efficacité de ces effets dépendent fortement du tissu ciblé et des paramètres opérationnels des HIFU, notamment le temps d'exposition, la puissance, l'intensité et le cycle de service. Par conséquent, l'optimisation des paramètres des HIFU pourrait permettre d'éliminer sélectivement la dentine cariée à l'échelle microscopique et de manière mini-invasive (Rajan, Shrestha et al. 2025).

Il convient de noter que les augmentations de température associées à l'espace pulpaire suite à l'exposition aux HIFU sont restées dans les limites de tolérance physiologique des tissus pulpaire (Rajan, Shrestha et al. 2025).

6.2 Utilisation des ultrasons en restauration directe

6.2.1 L'attitude clinique

La micro-dentisterie réparatrice se base sur l'association d'instruments particuliers (les inserts ultrasonores), l'utilisation d'aides optiques et sur les propriétés adhésives des matériaux de collage. Ces trois domaines, en perpétuel progrès, améliorent le pronostic de soins. Il est aujourd'hui possible de réaliser des microcavités grâce aux inserts ultrasonores qui offrent un grand confort d'utilisation. La pièce à main est maniée comme « un pinceau », permettant ainsi de dégager le champ de vision et de réduire la pression latérale. Un appui insuffisant ne peut entraîner de baisse d'efficacité de taille car le « cruise control » maintient en permanence la puissance affichée, alors qu'une pression latérale trop forte provoquerait des encoches irréversibles préjudiciables à la qualité des limites de préparation (Gagnot et al, 2008) (Lugand 2013).

6.2.2 Les actions des instruments ultrasonores

Les inserts utilisés en odontologie restauratrice sont exclusivement diamantés au niveau de leur partie travaillante (Lugand 2013).

6.2.2.1 Actions mécaniques

En début de soin, les ultrasons permettent d'éliminer l'émail non soutenu et les zones fragiles, tout en préservant les structures saines. L'abrasion progressive des parois amélaire facilite une ouverture minimale de la lésion carieuse, préparant le curetage dentinaire. Cette action se fait par un mouvement doux de va-et-vient latéral de l'insert. L'efficacité de l'abrasion dépend de la granulométrie des diamants, de la puissance et du tissu ciblé. Elle agit efficacement sur l'émail sans endommager la gencive, à pression constante. Enfin, elle permet une finition régulière des bords de cavité, favorisant un collage optimal (Kwon, Park et al. 2013).

6.2.2.2 Actions physico-chimiques

L'irrigation permet de nettoyer le champ opératoire en éliminant les débris et en refroidissant l'extrémité de l'insert, ce qui préserve son efficacité. Elle est indispensable en odontologie restauratrice, où la puissance des inserts ultrasoniques est maximale. La cavitation produite par les ultrasons facilite le décollement des débris (organiques, minéraux, bactériens) et leur mise en suspension. Les microcourants générés lysent les micro-organismes, contribuant à la désinfection de la cavité. L'échauffement provoqué par le mouvement de l'insert peut être dangereux pour la pulpe dentaire. Cet échauffement doit donc être strictement contrôlé par une irrigation continue (Kwon, Park et al. 2013).

6.2.3 Les inserts

Ils sont fabriqués à partir d'une gamme d'alliages métalliques (acier inoxydable, alliage de titane) et peuvent être recouverts d'un matériau abrasif tel que le diamant ou le zirconium pour augmenter l'efficacité de coupe, avec ou sans orifices d'eau (Patel 2015).

6.2.3.1 Différents types

6.2.3.1.1 Les inserts boules

6.2.3.1.1.1 Description

Ces inserts polyvalents s'utilisent pour tous types de cavités. De forme sphérique de 1,7mm de diamètre, ils sont totalement recouverts d'un revêtement diamanté (46 µm). On retrouve par exemple l'EX1 (Satelec®), le Procavity (EMS®) et le V-G70 (NSK®) ou encore l'insert OT de Satelec® de diamètre inférieur (Lugand 2013).

6.2.3.1.1.2 Indications

Ces inserts boules sont utilisés pour le traitement des cavités occlusales, cervicales et proximales (Lugand 2013).

6.2.3.1.1.3 Applications

Leur utilisation s'effectue à puissance maximale.

- L'effraction amélaire et l'élimination des prismes d'émail non soutenus se font par martèlement.

- Le mouvement de balayage sagittal est, quant à lui, utilisé pour le curetage dentinaire et la finition des bords de la cavité.
- L'approche occlusale permet de sculpter des cavités tunnels (Lugand 2013).

6.2.3.1.1.4 Avantages

- L'ergonomie des inserts améliore la visibilité du champ opératoire.
- La qualité des vibrations augmente le confort des patients.
- Le manque d'efficacité de ces inserts sur la dentine affectée (Lugand 2013).

6.2.3.1.1.5 Inconvénients

- Le changement d'insert souvent fastidieux.
- Les fortes pressions non maîtrisées risquant de provoquer fissures et fractures amélaire. (Gagnot, 2008) (Lugand 2013).

6.2.3.1.2 Les inserts hémi-travaillants

6.2.3.1.2.1 Description

Ces inserts ont une extrémité travaillante, avec une face active diamantée demi sphérique et une face passive, lisse et plane. Ces inserts peuvent être droits avec une extrémité travaillante dans l'axe de la pièce à main ou orientés à 45° par rapport à cet axe. Il s'agit des séries Excavus (Satelec®), Procavity finishing (EMS®), V-G75 et V-G6 (NSK®) (Lugand 2013).

6.2.3.1.2.2 Indications

Ces inserts sont utilisés pour des préparations cavitaires de petite taille au niveau des faces proximales. L'abord est vestibulaire ou lingual, permettant ainsi une effraction minimale avec conservation des crêtes marginales (Lugand 2013).

6.2.3.1.2.3 Applications

Les inserts EX2 et 3 de Satelec® ou leurs équivalents sont utilisés pour traiter les faces proximales des dents postérieures. Les inserts EX L et R de Satelec® ou leurs équivalents sont utilisés pour traiter les faces proximales des prémolaires et des dents antérieures (Lugand 2013).

6.2.3.1.2.4 Avantages

- Seul un côté de l'extrémité est travaillant, ainsi la face proximale des dents adjacentes est préservée.
- Diminution des risques de saignement papillaire (Lugand 2013).

6.2.3.1.2.5 Inconvénients

- Une aide optique nécessaire pour le contrôle visuel de l'instrument.
- La forme et la petite taille des cavités rendant l'obturation plus délicate. (Gagnot, 2008)(Lugand 2013).

6.2.3.2 Indications cliniques

6.2.3.2.1 Atteintes non cavitaires, stade 0

Ce stade regroupe les atteintes superficielles de l'émail sans présence de bactéries. Les hypoplasies ou hypocalcifications de l'émail, sont souvent rencontrées au niveau des incisives, et sont marquées par des dépressions linéaires horizontales plus ou moins larges. Les opacités de l'émail sont caractérisées par des taches blanchâtres ou brunâtres signant une désorganisation des cristaux d'apatites. Les inserts boules diamantés sont utilisés par brefs contacts afin d'abraser l'émail de manière sélective et contrôlée. Le réglage du générateur se fait à la puissance minimale de la plage des inserts de dentisterie restauratrice (Lugand 2013).

6.2.3.2.2 Cavités occlusales, site 1

Stade 1 : L'accès à la lésion est ponctuel, limité uniquement aux zones atteintes, sans ouverture des sillons adjacents. La forme de préparation doit être arrondie avec conservation de l'émail surplombant. Les bords doivent être nets et sans biseau. Les inserts boules sont indiqués pour ce type de cavités (Lugand 2013).

Stade 2 : L'accès à la lésion est réalisé grâce à un insert boule. L'émail surplombant est conservé en dehors des zones de contact occlusal. Le curetage de la dentine cariée en fond de cavité peut être fait par un excavateur ou une fraise carbure de tungstène (Lugand 2013).

Stade 3 et 4 : L'utilisation des ultrasons pour ces stades n'est pas justifiée (Lugand 2013).

6.2.3.2.3 Cavités proximales, site 2

Stade 1 : Lorsque l'embrasure est large ou augmentée par une alvéolyse importante, une cavité en forme de cannelure allongée dans le sens vestibulo-lingual peut être réalisée. L'accès à la lésion est réalisé par un insert hémi-travaillant, permettant ainsi de protéger la dent adjacente (Lugand 2013).

Stade 2 et 3 : Lorsqu'il y a effondrement de la crête marginale, l'accès à la lésion est réalisé par une cavité occluso-proximale. Les inserts boule réalisent l'effraction et le curetage puis les inserts hémi-travaillants assurent la finition des bords cervicaux et créent ainsi une limite de préparation parfaitement maîtrisée (Lugand 2013).

Des cavités tunnels occluso-proximales sont réalisées lorsque les fossettes sont cariées et qu'un accès direct à l'embrasure est impossible. Un accès ponctuel au niveau de la fossette par un insert boule de petit diamètre jusqu'à la zone interne de l'émail sous le point de contact permet de réaliser cette cavité. La paroi amélaire peut parfois être conservée et se reminéraliser au contact d'un matériau d'obturation bioactif. Si celle-ci ne peut être conservée, une protection de la face adjacente à l'aide d'une matrice métallique est recommandée (Lugand 2013)

6.2.3.2.4 Cavité juxta-gingivales, site 3

Pour les stades 1, 2 et 3 l'utilisation d'un insert boule de gros diamètre, idéal pour la mise en forme, est recommandé évitant ainsi l'effraction gingivale et facilitant l'adhésion des matériaux de restauration dans ces secteurs (Lugand 2013)

6.3 Utilisation des ultrasons en restauration indirecte

6.3.1 La mise en forme d'une cavité pour inlay et onlay

En 2008, Vanderlei montre dans son étude que le temps nécessaire à la réalisation d'une cavité est quatre fois plus important avec des ultrasons qu'avec des fraises diamantées : pour réaliser la même cavité, trois minutes suffisent avec une fraise diamantée alors que près de quatorze minutes sont nécessaires avec les inserts ultrasonores. Cependant, la comparaison de l'augmentation de température intrapulpaire donne l'avantage aux ultrasons. En effet, il relève une augmentation de l'ordre de 3,82°C lors de la préparation de la cavité avec les ultrasons contre une augmentation de 4,9°C avec une fraise diamantée. Cette étude conclue que l'utilisation des ultrasons est certes chronophage mais permet une meilleure protection pulpaire (Vanderlei et coll., 2008) (Lugand 2013).

En odontologie restauratrice, les instruments ultrasonores sont recommandés pour :

- Leur maniabilité et leur précision, autorisant une préparation de grande qualité.
- Leurs formes et leurs courbures, offrant un accès idéal pour des préparations micro-invasives.
- Leur irrigation et le dégagement du champ visuel qu'ils engendrent, supérieurs à ceux de l'instrumentation rotative, leur capacité à travailler au contact de la gencive saine, sans risque de saignement.

Les limites de leur utilisation sont dues à :

- Leur efficacité de coupe qui, bien que satisfaisante sur l'émail et la dentine saine, reste moyenne sur la dentine affectée et nulle sur les tissus mous.
- Leur vitesse de taille nettement inférieure à celle des instruments rotatifs.
- Leurs formes encore limitées, qui doivent être améliorées afin de répondre à un maximum de situations cliniques (Lugand 2013).

6.3.2 Le collage des inlays/onlays

Cantoro et Schmidlin ont montré grâce à leurs études que lors d'une insertion ultrasonique de l'inlay/onlay, le ciment apparaît plus dense et moins poreux que lors d'une insertion manuelle. Les vibrations de l'insert optimisent la mise en place de la pièce prothétique. Elles permettent d'augmenter la température du ciment ou des résines composites, facilitant leur étalement et le retrait des excès (Schmidlin et coll., 2005 ; Cantoro et coll., 2011). L'utilisation de l'instrumentation ultrasonore permet donc de diminuer

l'épaisseur du ciment ou de la colle, augmentant ainsi les propriétés mécaniques de l'assemblage. Cette technique n'est pas utilisable sur des pièces en céramique du fait du risque de fissure ou de fracture de ces dernières (Lugand 2013).

6.3.2.1 La description des inserts

Les inserts présentent une forme droite et un corps plus ou moins angulé. La partie travaillante, cylindrique et recouverte par une bague en polypropylène (GI-1 C-20 ou PiezoCem, Satelec® ; Varios G-21 et G-22, NSK®), se situe dans l'axe de la pièce à main. Cette bague permet de mieux répartir la pression sur la pièce prothétique en la préservant d'éventuelles rayures (Lugand 2013).

6.3.2.2 Les indications

Tous les matériaux prothétiques résistent aux vibrations de ces inserts à l'exception des céramiques feldspathiques, trop fragiles. Leur utilisation se limite au positionnement des coiffes unitaires (Lugand 2013).

6.3.2.3 Les applications cliniques du collage aux ultrasons

L'insert est placé au contact de l'élément prothétique positionné dans la cavité. Une légère pression est alors appliquée dans l'axe d'insertion avant de mettre en action le générateur à forte puissance. Les impulsions sont émises par séquences successives jusqu'au stade où le fluage de colle ne donne plus d'excès. Le retrait délicat des excédents de matériau peut commencer avec ou sans polymérisation partielle, selon la technique choisie et la pression axiale sera maintenue durant toute la phase de prise (Gagnot, 2008) (Lugand 2013).

6.4 Utilisation des ultrasons en endodontie orthograde

Lors d'un traitement ou d'un retraitement endodontique l'instrumentation ultrasonore est complémentaire aux techniques manuelles et rotatives, recommandées pour la préparation des cavités d'accès, le cathétérisme et la mise en forme canalaire. L'utilisation d'instruments ultrasonores permet d'obtenir une meilleure précision de travail en libérant le champ visuel du praticien. Les inserts seront systématiquement mis en place avant d'être activés. L'irrigation n'est pas toujours nécessaire. Une utilisation des inserts sans irrigation sera justifiée afin d'éviter (Lugand 2013) :

- La nébulisation d'aérosols dont la production augmente avec la puissance.
- La formation de boue dentinaire qui gêne la vision et favorise les manœuvres iatrogènes.

Une utilisation des inserts avec irrigation sera souhaitée :

- En flux séquentiel pour nettoyer les cavités d'accès et refroidir les inserts.
- En flux continu pour la décontamination au cours du débridement canalaire.

Il est recommandé de travailler à puissance modérée lorsque le générateur le permet. Le refroidissement de l'insert peut se faire avec un flux d'air sous pression, qui en même temps nettoie la zone de travail.

Il est important de réaliser de légers déplacements de brossage latéral, par séquences courtes, afin de limiter l'échauffement de l'insert. Les inserts à ultrasons pourront être utilisés à différents stades du traitement endodontiques :

- L'aménagement de la cavité d'accès.
- Le débridement.
- L'obturation canalaire. Pour chacune de ces étapes, des inserts de profil et de mode d'action distincts seront utilisés, avec des spécificités physiques et biologiques différentes (Gagnot, 2008) (Lugand 2013).

6.4.1 Cavité d'accès endodontique (CAE)

Lors de la préparation de la CAE à l'aide d'une fraise Zekrya en carbure de tungstène, des surplombs dentinaires peuvent persister, empêchant alors la découverte de tous les canaux. L'utilisation d'une instrumentation ultrasonore facilite la destruction de ces ponts dentinaires et permet l'ouverture des canaux calcifiés. Elle facilite la pénétration sans contrainte des instruments de préparation canalaire en élargissant les entrées des canaux. L'élimination de ces structures dentinaires est réalisable grâce à des inserts diamantés. Les inserts à ultrasons ne présentent pas de rotation de leur partie travaillante contrairement aux fraises, permettant ainsi un contrôle de l'élimination des tissus beaucoup plus simple et précise (Gianluca et coll., 2007). Le travail s'effectue par de petites pressions latérales permettant d'avoir un geste contrôlé afin d'éviter une perforation lors d'un geste iatrogène (Gagnot, 2008). Lors de la recherche des canaux, il faut se rappeler que la dentine secondaire est blanchâtre ou opaque, tandis que le plancher pulpaire est sombre et plus gris en apparence. Afin de trouver et ouvrir les canaux radiculaires, l'utilisation de différents inserts à des fréquences variables sera nécessaire. Si la puissance des ultrasons est trop forte, l'action de coupe sera trop agressive augmentant le risque de perforation et de création de formes aberrantes de la chambre pulpaire (Gianluca et coll., 2007). Ce geste est systématiquement réalisé sous aide optique et sans irrigation afin d'avoir un champ de vision optimal. L'aménagement de la cavité d'accès se fait avec des micro-inserts abrasifs. Actuellement deux formes d'inserts sont proposées : Cylindro-cônique ou boule (Lugand 2013).

6.4.1.1 Les inserts cylindro-côniques

Il s'agit d'inserts en forme de sonde droite dont la partie travaillante est recouverte d'un revêtement abrasif en diamant ou en zirconium. La longueur et le diamètre des pointes sont variables. Ces inserts sont utilisés pour l'élimination des surplombs dentinaires, des calcifications ainsi que pour l'élargissement de l'accès canalaire.

Ils sont d'abord positionnés, puis la partie travaillante est déplacée selon un mouvement de léger brossage avec une pression latérale aussi faible que possible. Leur utilisation doit se faire sous aide optique, sans irrigation et à puissance moyenne.

Ces inserts permettent d'obtenir un champ opératoire dégagé diminuant ainsi la fatigue visuelle de l'opérateur. Lors de leur utilisation, le geste doit être sûr et précis car leurs extrémités travaillantes peuvent entraîner des perforations du plancher pulpaire (Gagnot, 2008) (Lugand 2013)

6.4.1.2 Les inserts boules

Il s'agit d'inserts cylindro-côniques dont l'extrémité travaillante sphérique est recouverte d'un revêtement abrasif. Ces inserts permettent la recherche de canaux calcifiés et l'exploration du plancher pulpaire. Ils doivent être utilisés sous aide optique sans irrigation. Ils sont directement positionnés sur la zone de travail à puissance moyenne. La partie travaillante est déplacée avec un mouvement de léger brossage sans pression latérale, l'action instrumentale s'exerçant principalement sur la dentine secondaire en respectant le plancher pulpaire d'aspect nacré. Contrairement aux fraises boules même à long col, ces inserts boules permettent d'obtenir un champ de vision dégagé (Gagnot, 2008) (Lugand 2013).

6.4.2 Préparation du système canalaire

Les appareils à ultrasons ont été introduits pour la préparation canalaire en 1957 par Richman. En 1980, Martin et al. ont démontré la capacité des limes de type K activées par ultrasons à couper la dentine (Plotino, Pameijer et al. 2007).

Pour la technique d'instrumentation par ultrasons, une lime 10 K et une lime 15 K ont été utilisées à la main jusqu'à la longueur de travail. Ensuite, la lime 15 K a été placée dans l'adaptateur de lime à ultrasons, placée dans le canal et activée, se déplaçant dans un mouvement de va et vient pendant environ 1 min jusqu'à ce que la longueur de travail soit atteinte. Ensuite, la lime de 20 K a été placée dans l'adaptateur à ultrasons, et cela a été répété avec des limes séquentiellement plus grandes jusqu'à ce que la taille apicale souhaitée soit atteinte.

Une modification de la technique, consistant à activer les ultrasons pendant quelques minutes après la préparation manuelle, a permis d'obtenir une meilleure propreté du canal et de l'isthme par rapport à la préparation manuelle seule. Malgré la multitude d'études menées sur la préparation canalaire ultrasonique avec des limes activées par ultrasons, le consensus actuel est qu'il ne s'agit pas d'une technique clinique viable (Plotino, Pameijer et al. 2007).

6.4.3 Irrigation du système radiculaire

En raison de la complexité du système canalaire, il est impossible de nettoyer la totalité des canaux principaux et secondaires et ceci, même avec des instruments en nickel titane apportant une grande

flexibilité. L'utilisation de l'irrigation couplée aux ultrasons permet une meilleure élimination du tissu pulpaire, des débris dentinaires et bactériens (Lugand 2013).

La littérature décrit deux types d'irrigation avec un système ultrasonore :

- L'irrigation ultrasonique (UI : Ultrasonic Irrigation) : combinaison simultanée de l'instrumentation ultrasonique et de l'irrigation.
- L'irrigation ultrasonique passive (PUI : Passive Ultrasonic Irrigation) qui fonctionne sans irrigation simultanée (Lugand 2013).

6.4.3.1 L'irrigation ultrasonique

Certaines études montrent que le nettoyage des dents préparées avec le système UI est sensiblement meilleur qu'avec des techniques conventionnelles (Martin et coll., 1980 ; Cunningham et Martin, 1982 ; Cunningham et coll., 1982a ; Cunningham et coll., 1982b ; Martin et Cunningham, 1982 ; Goodman et coll., 1985 ; Lev et coll., 1987 ; Stamos et coll., 1987 ; Haidet et coll., 1989 ; Archer et coll., 1992 ; Lee et coll., 2004a et b).

D'autres, au contraire n'ont pas réussi à établir une différence significative entre ces deux techniques (Ahmad et coll., 1987a ; Ahmad et coll., 1987b ; Ahmad et coll., 1988 ; Pugh et coll., 1989 ; Walker et del Rio., 1989 et 1991).

Ces résultats contradictoires pourraient être attribués aux contraintes que subissent les instruments dans des canaux insuffisamment préparés ne permettant pas la libre vibration de l'insert dans la solution d'irrigation (Ahmad et coll., 1987b).

De plus, ces inserts ayant une partie travaillante pour réaliser le cathétérisme, donnaient des préparations canalaire aberrantes. Lorsque la lime était activée dans le canal, il était alors très facile de créer des perforations, principalement dans les canaux courbes, ou d'atteindre et dépasser la partie apicale d'un canal droit (Mozo et coll., 2012). Par conséquent, l'irrigation ultrasonique, n'est plus considérée comme une alternative fiable aux techniques de préparation conventionnelle. Au contraire, la littérature endodontique soutient qu'il est plus avantageux d'appliquer les ultrasons une fois la préparation terminée (Zehnder, 2006) (Lugand 2013).

6.4.3.2 L'irrigation passive ultrasonique

L'irrigation passive ultrasonique est fondée sur la transmission d'énergie acoustique d'un instrument oscillant à l'irrigant dans le canal radiculaire, induisant ainsi un flux et des cavitations acoustiques. Le flux acoustique correspond au mouvement rapide d'un fluide autour d'un instrument en oscillation. Ainsi, le flux se créant dans un canal radiculaire pendant la PUI est décrit comme un micro-flux acoustique (Leighton, 1994). La cavitation acoustique quant à elle, peut être définie par la création de nouvelles bulles par expansion, contraction et/ou distorsion de bulles préexistantes dans un liquide (Leighton, 1994). Avec les procédures endodontiques actuelles, il est impossible de mettre en forme et de nettoyer intégralement le

canal, ceci étant principalement dû à la complexité de l'anatomie du système canalaire. La conicité et le diamètre des canaux sont des éléments importants pour assurer un nettoyage efficace (Lugand 2013).

Deux méthodes d'utilisation sont décrites pour la PUI (Gu et coll., 2009) (Lugand 2013) :

- Une irrigation intermittente : L'utilisation d'une seringue est alors indispensable afin d'injecter l'irrigant. Celui-ci est ensuite activé grâce à l'utilisation d'un instrument ultrasonique. Le canal radiculaire est alors irrigué une nouvelle fois pour faire remonter les débris dissouts et délogés.
- Une irrigation continue : L'irrigant est directement délivré par la pièce à main ultrasonique vers la zone apicale permettant ainsi un renouvellement constant de la solution d'irrigation (Lugand 2013).

Les auteurs admettent que la PUI est efficace pour supprimer les résidus pulpaire, les débris et la boue dentinaire (smear-layer) (Goodman et coll., 1985 ; Sabins et coll., 2003 ; Lee et coll., 2004a et b). En effet, les oscillations de l'instrument vont forcer l'irrigant dans les zones non accessibles, comme les canaux latéraux, les delta apicaux ou toutes autres irrégularités canalaire (Lumley et coll., 1992 ; Lee et coll., 2004a). Différentes études ont démontré que la PUI, après mise en forme canalaire, réduisait significativement le nombre de bactéries et était plus efficace que l'irrigation manuelle. Ces résultats peuvent être expliqués par deux facteurs principaux : le flux acoustique et les cavitations. Le flux acoustique déstructure les biofilms, rendant les bactéries plus sensibles aux irrigants. Quant aux cavitations acoustiques, elles entraînent un affaiblissement temporaire des membranes cellulaires, rendant les bactéries plus perméables à l'hypochlorite de sodium (Van der Sluis et coll., 2007 ; Gu et coll., 2009) (Lugand 2013)

L'utilisation des ultrasons pour la PUI est fixée à 30 KHz. L'intensité ou le flux d'énergie, exprimée en Watts/cm², peut être ajustée par le réglage de la puissance. La fréquence et l'intensité jouent un rôle dans la transmission de l'énergie d'oscillation par la lime ultrasonore à l'irrigant, cependant une pleine compréhension du mécanisme fait encore défaut. Une fréquence plus élevée devrait a priori entraîner une plus grande vitesse de microcourant de l'irrigant, provoquant un microcourant acoustique plus puissant. Cependant, l'augmentation de l'intensité ne produit pas une augmentation linéaire de l'amplitude de déplacement de la lime ultrasonore (Ahmad et coll., 1987a, Walmsley et Williams 1989, Lea et coll., 2004). Toutefois, cette observation est faite à partir d'études réalisées sur l'oscillation de la lime à l'air libre, par conséquent une relation directe avec le microcourant acoustique n'a pas pu être établie (Bertrand Khayat and Michonneau 7 mars 2007).

Deux types de cavitation peuvent se produire dans le liquide d'irrigation : une stable et une éphémère (Roy et coll., 1994).

La cavitation stable est constituée de bulles qui vibrent et implosent dans le liquide d'irrigation, faisant augmenter sa température. Un microcourant acoustique se produit autour des bulles. Lors du passage des

ultrasons dans le liquide d'irrigation, il présente un dessin marqué dans lequel les bulles se forment. Ces dernières provoquent de forts bouillonnements qui peuvent imploser très rapidement sous forme d'une décharge de vagues de choc : ce phénomène est appelé cavitation éphémère (Van Der Weijden, 2007).

Une solution de NaClO à 2,5% activée aux ultrasons, permet l'augmentation de sa température, produisant une solubilité des tissus comparable à celle d'une solution à 5% appliqué manuellement (Mozo et coll., 2012). Une préparation canalaire idéale favorise la circulation de la solution d'irrigation, offrant alors un effet optimum à l'hypochlorite. L'utilisation de l'insert s'effectue à puissance moyenne, sans irrigation, pendant trois minutes. La décontamination peut être réalisée soit trois fois durant une minute avec un renouvellement du NaClO, soit durant trois minutes sans renouvellement de l'irrigation ; il est cependant préférable de renouveler la solution d'irrigation toute les minutes. La lime doit être insérée 1mm en retrait de la longueur de travail et vibrer sans contrainte à l'intérieur de la lumière canalaire. L'irrigation au NaClO combiné avec les ultrasons potentialise son effet antibactérien. L'utilisation de cette combinaison améliore l'échange de substances dans le canal et élimine les débris et une partie de la couche de smear-layer (Lugand 2013).

6.4.4 Obturation canalaire

Lors de l'obturation à chaud, l'insert à ultrasons est mis en contact avec la gutta-percha puis activé, produisant ainsi de la chaleur et permettant le ramollissement du matériau d'obturation. Cette chaleur est transmise à l'ensemble de la dent mais d'après l'étude de Bailey en 2004, cette transmission ne dépasse pas les 10°C, seuil maximal pour la santé périradiculaire. Cette augmentation de température serait encore plus faible à l'apex (Bailey et al, 2004a). Les vibrations ultrasoniques permettent également une meilleure répartition du ciment de scellement sur les parois canalaires et ainsi une meilleure étanchéité (Gagnot, 2008) (Lugand 2013).

- **Les inserts d'obturation canalaire**

Ces inserts ont une forme de sonde lisse, cylindro-conique, d'une longueur de 19mm en moyenne et de conicité comprise entre 3 et 4% permettant l'obturation de canaux fins. Ils sont fins et souples pour pénétrer dans les canaux étroits et peuvent être précourbés pour mieux s'adapter aux canaux courbes. Ils ont pour actions principales l'échauffement et la vibration. Les condenseurs sont utilisés à puissance moyenne sans irrigation et sont insérés à la longueur de travail minorée de 1 à 2mm comme pour un condenseur manuel. Le condenseur ultrasonore est positionné avant d'être activé. La condensation se fait sous vibration en poussées légères, en compactant le maître cône latéralement sur la paroi dentinaire pendant 10 à 15 secondes. L'opération est renouvelée pour sceller les cônes accessoires (Gagnot, 2008) (Lugand 2013).

6.4.5 Fracture des instruments endocanalaire

Trois types d'instruments fracturés doivent être distingués : les cônes d'argent, les instruments d'obturation du type bourre-pâte ou condenseur thermomécanique et les instruments de préparation canalaire. Les cônes d'argent et les instruments d'obturation canalaire sont en règle générale entourés d'un film de ciment de scellement et sont donc plus faciles à éliminer une fois libérés de ce ciment (Lugand 2013).

Les instruments de préparation canalaire quant à eux, sont plus difficiles à éliminer parce qu'ils sont engainés dans le canal. Toutefois, en raison de leur profil et de l'anatomie canalaire, ils ne sont jamais liés aux parois canalaire dans les trois dimensions. Le dégagement de la portion engainée et la vibration de l'instrument permettent généralement leur élimination. Les instruments en nickel-titane ont tendance à se fracturer à cause des vibrations ultrasonores. Ils sont alors dégagés en les faisant vibrer à faible puissance tout en prenant appui sur la paroi radiculaire (Gagnot, 2008). Les limes de rotation continue en nickel-titane sont plus difficiles à éliminer que les instruments manuels, car elles sont généralement fracturées sur une petite longueur, plus apicalement, ou dans la courbe de canaux étroits. De plus, en raison de leur mouvement de rotation, elles sont généralement vissées dans la racine et les parois du canal, créant une occlusion totale de la lumière canalaire (Lugand 2013).

Lorsqu'un instrument se fracture trois décisions thérapeutiques se présentent :

- Tenter de retirer l'instrument.
- Tenter de contourner l'instrument puis le noyer dans la pâte d'obturation, permettant ainsi de nettoyer la partie apicale de la racine.
- Obturer au dessus de l'instrument car il est impossible de le retirer et/ou le contourner (Lugand 2013).

6.4.5.1 Retrait des instruments selon la localisation

6.4.5.1.1 Retrait dans le tiers coronaire

Si l'instrument est fracturé dans le tiers coronaire de la racine est immobile et qu'il n'existe aucune possibilité d'utiliser des pinces à mors fins, il faudra réaliser une cuvette de 2 mm autour de l'élément fracturé à l'aide d'un insert diamanté fin. Il sera alors possible de passer un insert ultrasonore fin autour de l'instrument et ainsi lui donner quelques mouvements de libertés, afin qu'il puisse être retiré. L'insert est utilisé à pleine puissance, avec une irrigation intermittente (Lugand 2013).

6.4.5.1.2 Retrait dans le tiers moyen

Pour réaliser le retrait du tiers moyen radiculaire d'un instrument fracturé ou d'un cône d'argent visible grâce à des aides optiques, il faudra systématiquement faire un « contournement » et un « desserrage ». La justification de cette technique est basée sur une distinction entre ces deux phases de la procédure de

retrait. Dans certains cas, chacune de ces phases nécessite une technique spécifique et un matériel distinct (Lugand 2013).

6.4.5.1.2.1 Le contournement

Il s'agit de réaliser un « by-pass » avec des limes manuelles précourbées de 0,08 mm à 0,15 mm de diamètre. Cette étape permettra de réaliser un passage le long de l'élément à retirer afin de pouvoir y placer un insert à ultrasons (Lugand 2013).

6.4.5.1.2.2 Le desserrage

Lorsque le contournement est réalisé, l'insert peut être positionné le long du fragment pour lui donner des mouvements de liberté et ainsi réaliser son desserrage.

Les systèmes à ultrasons sont des dispositifs efficaces pour desserrer et récupérer des cônes d'argent, des limes fracturés, des tenons radiculaires, des screw post et autres corps étrangers dans le canal radiculaire grâce au mouvement d'oscillation de l'insert. La pointe de l'insert ayant un mouvement de déplacement latéral, le contournement doit nécessairement être réalisé au préalable afin que l'énergie ultrasonore soit transmise à l'élément à retirer.

L'insert doit être utilisé à puissance maximale et une irrigation en intermittence sera nécessaire (Lugand 2013).

Lorsque l'élément fracturé n'est pas visible, généralement à cause d'une légère courbure, un foret de Gates pourra être utilisé, permettant ainsi de créer une plateforme au dessus de l'instrument et d'avoir un champ visuel dégagé pour pouvoir retirer l'instrument fracturé (Lugand 2013).

6.4.5.1.3 Retrait dans le tiers apical

Au niveau du tiers apical, la réussite du retrait de l'instrument fracturé dépend de la cause de la fracture et du diamètre du canal. Si l'instrument se fracture suite à une contrainte trop importante dans un canal courbe, une tentative de retrait ne sera pas envisagée, le rapport bénéfice/risque n'étant pas suffisant (Lugand 2013).

Dans la situation où l'instrument fracturé n'est pas visible par l'opérateur et qu'il s'est brisé suite à une contrainte, il sera probablement très largement ancré dans la dentine radiculaire. Toute tentative de retrait provoquerait alors une perforation. Il est alors fortement conseillé de laisser l'instrument en place, de réaliser une irrigation et d'obturer la racine (Lugand 2013).

6.4.5.2 Indications et utilisations des inserts

6.4.5.2.1 Les inserts cylindro-côniques abrasifs

Ces inserts présentent des longueurs variables comprises entre 17 et 24 mm. Leur extrémité travaillante est diamantée pour les inserts de Satelec® et EMS® et recouverte de nitrate de zirconium pour les inserts de ProUltra® Maillefer® (Lugand 2013).

- ET 20D et ET 40D chez Satelec®
- Endo 3, 4 et 5 pour ProUltra® Maillefer®
- RT2 de EMS® Les inserts courts ET 20D de Satelec®, Endo 3 de ProUltra® Maillefer® et RT2 de EMS® sont utilisés pour dégager la partie supérieure de l'obstacle située du tiers coronaire jusqu'à la moitié du canal. Les inserts longs ET 40D de Satelec® et Endo 5 de ProUltra® Maillefer® permettent de dégager l'obstacle en partie apicale. Plus l'insert est long plus son extrémité travaillante est fine (Lugand 2013).

Tous ces inserts sont utilisés à puissance moyenne avec irrigation (Lugand 2013).

6.4.5.2.2 Les inserts lisses de martèlement

Il s'agit d'inserts lisses cylindro-coniques, ET 20, ET 25S et L, ET 40 pour Satelec®, RT3 pour EMS® et d'inserts à parois parallèles, Endo 6, 7 et 8 pour ProUltra® Maillefer®. Les longueurs sont variables entre les inserts d'une même marque et d'une marque à l'autre (Lugand 2013).

L'utilisation de ces inserts doit se faire :

- Sous aide optique.
- À faible puissance.
- Avec une irrigation air-eau en intermittence.
- Et sous pression latérale légère en appui, pour détourner l'instrument fracturé à l'aide d'un insert abrasif. Lors d'un retraitement endodontique sur une dent pluriradiculée, il est nécessaire de placer des pointes papier ou de gutta-percha dans les autres canaux déjà débarrassés de toute obturation afin d'éviter toute contamination par l'élimination de l'instrument qui peut être brutale et non contrôlée (Gagnot, 2008) (Lugand 2013).

6.4.6 Utilisation des ultrasons pour le retraitement endodontique

Le profil des inserts ultrasonores, associé à leur faible encombrement, permet au praticien d'avoir un champ de vision dégagé lors de la procédure de retraitement. Il permet ainsi de travailler dans un minimum d'espace en réduisant les risques de dégâts radiculaires (Gagnot, 2008) (Lugand 2013).

6.4.6.1 Pointes d'argent et tenons métalliques fracturés

Plusieurs études ont montré que la récupération des cônes d'argent peut être effectuée avec des techniques traditionnelles utilisant des instruments manuels et des dispositifs particuliers et des extracteurs.

D'autres techniques utilisent l'énergie ultrasonique en cas d'obstruction intracanalair et éliminent l'obstruction avec des inserts ultrasonores particuliers. Cela s'applique principalement aux pointes d'argent à l'intérieur des canaux, qui ne peuvent pas être contournés par les méthodes conventionnelles.

La procédure clinique traditionnelle pour retirer les tenons canalaire ou les pointes en argent fracturés au niveau de l'orifice consiste à exposer la partie coronaire de l'obstacle en coupant environ 2,0 mm autour de l'obstacle avec une fraise diamantée fine. La pointe d'une unité à ultrasons est ensuite appliquée sur le côté du fragment de tenon à pleine puissance avec irrigation à l'eau. Des vibrations ultrasonores sont appliquées pendant des périodes de quelques secondes suivies d'un séchage à l'air comprimé. Cela doit entraîner le délogement du fragment de tenon, qui peut ensuite être retiré avec une pince fine (Lugand 2013).

6.4.6.2 Dépose des reconstitutions corono-radiculaires

6.4.6.2.1 L'attitude clinique

Les procédures non chirurgicales de retraitement endodontique nécessitent très souvent la dépose de tenons radiculaires. Cette étape est délicate car l'objectif est de retirer le tenon sans affaiblir, perforer ou fracturer les structures dentaires résiduelles. La précision des systèmes ultrasonores permet la dépose des tenons coronoradiculaires en respectant au maximum les tissus dentaires et en réduisant le risque de dommages radiculaires (Lugand 2013).

Le succès de la dépose des ancrages corono-radiculaires et le choix de l'insert dépendent de la précision du diagnostic et du geste thérapeutique.

Le diagnostic radiographique précise :

- La morphologie racinaire de la dent à traiter (longueur et largeur des racines, présence de courbure).
- La longueur du tenon à déposer et son diamètre.
- La direction intra-radiculaire et son extension dans la chambre pulpaire.
- Le type d'ancrage à déposer (tenon métallique, screw-post, fibres).

L'extrémité coronaire du tenon doit être dégagée pour augmenter la surface de contact avec l'insert. Afin de mobiliser l'ancrage, la partie latérale de l'extrémité travaillante de l'insert doit rester en contact avec celui-ci de façon à potentialiser le transfert d'énergie et de favoriser la dislocation du ciment ou de la résine de scellement. L'insert est utilisé en martèlement. En première intention, la mobilisation se fera par contact de l'insert sur la tête du tenon ou sur une pince hémostatique ayant préalablement clampé le tenon.

Si cette procédure ne permet pas la mobilisation du tenon, l'élimination du matériau de scellement autour de celui-ci à l'aide d'un insert abrasif permettra d'engager les inserts de martèlement au contact du tenon en direction plus apicale. L'élimination des matériaux (ciment, amalgame, résine composite) est réalisée par un léger mouvement de brossage appliqué sur le bord périphérique du tenon.

Si nécessaire, le dégagement de l'entrée du canal peut être réalisé avec des inserts diamantés fins. La nature du matériau de scellement influence également les procédures de dépose et le choix de l'instrument. Les tenons métalliques scellés à l'aide de ciment sont martelés par des inserts métalliques résistants et les tenons fibrés collés sont abrasés par des inserts diamantés.

En cas de tenon métallique vissé, l'application de l'insert s'accompagne d'un mouvement de brossage en rotation anti-horaire, favorisant le dévissage. Les vibrations ultrasonores permettent la fragmentation du ciment de scellement, elles sont plus efficaces lorsqu'elles sont transmises au travers de tenons en acier inoxydable ou en titane (Cagnot, 2008).

À l'inverse, les tenons fibrés collés à l'aide de résine composite possèdent un module d'élasticité très faible qui empêche la transmission des vibrations et diminue donc l'efficacité des ultrasons. Les résines composites n'étant pas friables, les vibrations ultrasonores ne peuvent pas produire de micro-fracture au sein du matériau de collage. Ces tenons sont éliminés par usure et abrasion (Plotino et coll., 2007) (Lugand 2013).

6.4.6.2.2 Les inserts

La forme et la taille de l'insert jouent un rôle majeur dans la réussite de la dépose de l'ancrage coronoradiculaire. Son extrémité travaillante ne doit pas être trop fine afin d'être efficace sans risque de fracture, et ni trop large pour qu'elle soit toujours en contact avec le tenon lors des mouvements anti-horaires appliqués autour de ce dernier.

Ces inserts doivent être utilisés à puissance modérée ou élevée. Deux familles d'inserts sont utilisées pour réaliser les descellements :

- Les inserts utilisés en martèlement.
- Les inserts utilisés en abrasion (Lugand 2013).

6.4.6.2.2.1 Les inserts utilisés en martèlement

Ces inserts en titane possèdent une extrémité abrasive pour l'insert Endo1, ProUltra® Maillefer® ou lisse pour l'insert ETPR de Satelec® (Lugand 2013).

6.4.6.2.2.1.1 Indications

Ces inserts transmettent les vibrations et permettent le martèlement des tenons métalliques. Les inserts courts sont destinés aux interventions coronaires et les inserts plus longs et plus fins, ET 25S (Satelec®) et Endo 6 (ProUltra®, Maillefer®), sont destinés aux interventions dans le tiers médian du canal.

6.4.6.2.2.1.2 Applications

L'utilisation de ces inserts se fait sous puissance maximale et irrigation abondante en flux continu. L'insert doit être positionné au contact du tenon. Pour augmenter la résonance et l'efficacité de la vibration, un manche de miroir peut être placé en opposition à l'insert (Lugand 2013).

6.4.6.2.2.2 Les inserts utilisés en abrasion

Ils sont placés en contact et parallèlement au tenon.

6.4.6.2.2.2.1 Indications

Ils facilitent la fragmentation du ciment de scellement dans les zones les plus apicales et peuvent être utilisés pour la dépose de tenons fibrés. Ils permettent également un élargissement des entrées canalaies (Lugand 2013).

6.4.6.2.2.2.2 Applications

Ces inserts doivent être utilisés sous aide optique, à puissance modérée et sous irrigation séquentielle. Ils doivent être positionnés le long du tenon avant leur mise en action. (Gagnot, 2008) (Lugand 2013).

6.4.6.2.2.2.3 Application du MTA

Witherspoon et Ham ont décrit l'utilisation des US. pour faciliter le placement du MTA. Les irrégularités inhérentes et la nature divergente de certains apex ouverts peuvent prédisposer le matériau à des percolations marginales à l'interface de la dentine. Il a été démontré qu'avec l'ajout des US, une étanchéité significativement meilleure avec le MTA a été obtenue. L'application de MTA avec des vibrations ultrasonores et un condenseur endodontique a amélioré l'écoulement, la sédimentation et le compactage de MTA. De plus, le MTA condensé par ultrasons est apparu plus dense radiographiquement, avec moins de vides (Lugand 2013).

La méthode d'application recommandée consiste à sélectionner un insert fouloir, puis à ramasser et à placer le MTA avec l'insert à ultrasons, puis à l'activer et à déplacer lentement le matériau MTA vers le bas en utilisant un mouvement de condensation vertical de 1 à 2 mm. L'énergie ultrasonique directe vibre et génère un mouvement ondulatoire, ce qui facilite le déplacement et l'adaptation du ciment aux parois du canal. Cette technique a été préconisée initialement pour placer le MTA dans les apex ouverts et divergents, mais elle peut également être utilisée pour mettre le matériau dans les cavités à retro, dans les perforations, surtout celles du plancher de la chambre pulpaire (Lugand 2013).

6.5 Utilisation des ultrasons en endodontie rétrograde : L'utilisation des ultrasons en endodontie chirurgicale

Les unités piézoélectriques sont devenues les dispositifs les plus couramment utilisés en dentisterie. Elles ont quelques avantages par rapport aux unités magnétostrictives, car elles offrent davantage de cycles par seconde (Lugand 2013).

Les inserts de ces unités travaillent de manière linéaire, selon le modèle d'un piston, idéal pour l'endodontie. Cette notion est importante en endodontie chirurgicale lors de la création d'une préparation pour un remplissage rétrograde. Une unité magnétostrictive, crée un mouvement elliptique, non adapté à une utilisation endodontique chirurgicale ou non chirurgicale (Lugand 2013).

En chirurgie endodontique, cette caractéristique ne permet pas la coupe nette et précise d'une cavité. Les unités magnétostrictives génèrent de la chaleur, nécessitant un refroidissement adéquat ce qui présente un inconvénient ; une surchauffe n'étant pas souhaitable en endodontie chirurgicale. En 1990, les premiers inserts de chirurgie endodontiques ont été développés. Cette nouvelle technique d'instrumentation canalaire rétrograde est devenue rapidement populaire et a été établie comme un complément indispensable à la chirurgie péri radiculaire (Lugand 2013).

Cependant, les propriétés de coupe des inserts à cette époque étaient limitées et semblaient dépendre de la pression exercée, du réglage de la puissance et de l'orientation de l'insert par rapport à l'axe longitudinal de la pièce à main. Pour certains inserts, le refroidissement de l'extrémité travaillante était insuffisant pour la dentine et l'os, pouvant alors subir une augmentation de température trop importante entraînant des nécroses (Lugand 2013).

6.5.1 L'attitude clinique

Le succès de la chirurgie endodontique est lié à la qualité de l'obturation a retro qui empêche la percolation des bactéries du réseau canalaire vers les tissus apicaux (Gagnot, 2008). Une des raisons du succès des ultrasons est due au développement des inserts de préparation a retro qui facilitent la préparation apicale grâce à leur petite taille. La préparation de la cavité n'étant pas parallèle au canal, l'accès à l'extrémité de la racine est rendu plus difficile, et le risque de perforations palatines ou linguales est plus important (Lugand 2013).

Les ultrasons permettent d'éliminer un plus grand nombre de tissus nécrotiques situés au sein des isthmes grâce au phénomène de cavitation. Ils permettent également d'avoir un délabrement osseux moins important car l'insert est plus petit que la tête du micro contre-angle (Lugand 2013).

Le développement des inserts a retro ultrasonores et sonores a révolutionné la chirurgie endodontique, permettant d'avoir une procédure chirurgicale améliorée et simplifiée grâce à un meilleur accès à l'extrémité de la racine, entraînant une meilleure préparation du canal (De Paolis et coll., 2010).

L'apicectomie est réalisée à la fraise, sans biseautage, afin de minimiser la surface d'échange et de limiter les risques de percolation. Aujourd'hui, la morphologie des inserts ultrasonores ne nécessite plus la réalisation de larges biseaux inclinés à 45°. La résection apicale est limitée à une hauteur de 2 à 3 mm de façon à supprimer la portion radiculaire comportant le plus de canaux accessoires et à permettre la réalisation d'une obturation a retro étanche. Le débridement canalaire s'effectue avec les instruments ultrasonores sur une hauteur d'au moins 3mm, permettant la réalisation d'une cavité dont les parois parallèles sont situées dans l'axe du canal radiculaire. La cavité est ensuite obturée à l'aide de ciment super EBA, d'eugénate à prise rapide ou de MTA® (Mineral Trioxide Aggregate®).

- **Les avantages des inserts de chirurgie endodontique à retro sont :**

- La réduction de la taille de l'ostéotomie d'accès à la zone apicale, la réalisation d'une cavité dans l'axe du canal, possible grâce à l'angulation de l'insert, la préparation de la cavité a retro dans l'axe du canal facilitée dans les zones difficiles d'accès (canal mésio-linguale des molaires mandibulaires, canal mésio palatin des molaires maxillaires, canal palatin des prémolaires maxillaires, canaux latéraux situés dans les zones interproximales).
- La réduction de production de boue dentinaire dans la cavité a retro lors du débridement radiculaire.
- La préparation des isthmes entre deux canaux d'une même racine, respectant l'anatomie canalaire.

- **Les inconvénients des inserts de chirurgie endodontique à retro sont :**

- L'utilisation indispensable d'une aide optique, la formation de fêlures radiculaires. Ces microfractures dentinaires ont été mises en évidence lors de la réalisation de la cavité apicale à l'aide d'inserts ultrasonores à pointe lisses et sous forte puissance. L'utilisation systématique d'insert à pointe diamantée ou recouverte de nitrate de zirconium permet de s'affranchir de ce risque. (Gagnot, 2008).

6.5.2 Les inserts

En chirurgie endodontique, il est recommandé d'utiliser des micro-inserts qui présentent différentes angulations avec une partie travaillante de longueur suffisante pour accéder aux zones difficiles. Il existe deux variétés de micro-inserts : lisse et abrasifs. L'utilisation des micro-inserts lisses, dont l'action de martèlement nécessite l'utilisation de fortes puissances, risque de provoquer des micro-fracture apicales : elle est abandonnée. La partie terminale des micro-inserts diamantés est recouverte de poudre de diamant ou de nitrate de zirconium. Ce revêtement abrasif augmente l'efficacité de la coupe, facilite la pénétration et permet de réduire l'utilisation des fortes puissances, limitant ainsi le risque de micro-fractures dentinaires. Tous les inserts possèdent un orifice d'irrigation placé à proximité de la partie travaillante

pour permettre une irrigation abondante lors du débridement canalaire et ainsi améliorer leur efficacité (Gagnot, 2008) (Lugand 2013).

6.5.2.1 L'attitude clinique

Un insert de préparation a retro est défini par ses différentes angulations et le diamètre de sa pointe. Le choix de l'insert dépend de la position de la dent sur l'arcade, de la difficulté d'accès et de l'anatomie radiculaire. Un insert peut être orienté à gauche (L pour left) ou à droite (R pour right) de façon à pouvoir traiter les racines de chaque hémio-arcade. Leurs utilisations s'effectuent à puissance moyenne, sous irrigation d'eau stérile ou de sérum physiologique, en exerçant une pression la plus légère possible. Afin d'éviter de léser les tissus environnants, l'insert doit être placé, avant son activation, perpendiculairement au grand axe de la racine. La pointe travaillante doit pénétrer dans l'ancienne obturation sans résistance, avec une légère pression dans un seul mouvement vertical de va-et-vient, sur une hauteur de 3 mm sans appui pariétal de façon à ne pas fragiliser la racine. L'insert est désactivé avant sa sortie du canal pour éviter toute lésion de la surface du biseau radiculaire (Gagnot, 2008) (Lugand 2013).

6.5.2.2 La description

6.5.2.2.1 Les micro-inserts droits

Ces inserts droits sont des micro-inserts dont la hampe est dans l'axe de la pièce à main. Leur corps peut être de longueur variable et présenter des angles plus ou moins ouverts. La partie travaillante abrasive possède un angle compris entre 70 et 90° et un diamètre variable selon la largeur des canaux à traiter. L'insert S12-70D de Satelec® présente un angle de 70° dans sa partie travaillante tandis que l'insert S12-90ND possède un angle de 90°. Les inserts SURG 1 et SURG 2 de Dentsply, Maillefer® possèdent un angle plus ouvert dans leur partie cervicale. L'insert RE2 de EMS® présente une angulation de 90° et une partie travaillante de 2mm. Les inserts droits sont destinés à la préparation des canaux des dents antérieures. Ceux possédant un angle travaillant fermé (S12-70D) seront préférentiellement choisis lorsque la racine est fortement orientée en direction palatine ou linguale (Gagnot, 2008) (Lugand 2013).

6.5.2.2.2 Les micro-inserts orientés

Ces inserts orientés sont des micro-inserts dont la hampe est orientée soit vers la gauche (L) soit vers la droite (R). Le corps peut être de différentes longueurs et présenter des angles plus ou moins ouverts. La partie travaillante, abrasive, possède un angle compris entre 75 et 110°. Ce sont les inserts SURG 5 et SURG 6 pour Dentsply, Maillefer® et P15LD et S15LD pour Satelec®. Ces inserts sont destinés à la préparation a retro des dents postérieures. Ceux possédant des angulations plus marquées donnent plus de facilité au praticien quant à la préparation des racines situées en position palatine ou linguale (Gagnot, 2008) (Lugand 2013).

6.6 Utilisation des ultrasons pour l'éclaircissement dentaire

L'utilisation d'un appareil de blanchiment dentaire ultrasonore à transducteurs piézoélectriques, visant à améliorer l'efficacité du blanchiment par le phénomène de cavitation ultrasonore à prouver la réduction à la fois la concentration des agents blanchissants et la durée du traitement. Comparée à une méthode conventionnelle à lumière LED, la technologie ultrasonore a montré des performances supérieures, avec une amélioration de la couleur plus élevée et une efficacité accrue même avec un temps de traitement réduit de moitié (Lee, Paik et al. 2013).

7 Contre-indications des ultrasons

7.1 Le pacemaker

L'utilisation des ultrasons pour les patients porteurs de pacemaker posés avant 1985 est contre indiquée, ceux-ci étant sensibles aux champs électromagnétiques. Les nouvelles générations de pacemaker sont protégées contre ces perturbations électromagnétiques. Il est cependant conseillé de prendre quelques précautions lors de certains examens médicaux (IRM) ou lors de l'utilisation d'un défibrillateur magnétostrictif. Toutes les instructions d'utilisation des unités ultrasoniques magnétostrictives stipulent qu'elles ne doivent pas être utilisées chez des patients porteurs d'un pacemaker. Les générateurs piézoélectriques produisent des ultrasons sans champ magnétique et, à ce jour, aucune interférence avec un pacemaker n'a été établie. Il est donc possible d'utiliser des ultrasons produits par piézoélectricité pour les patients porteurs de pacemaker. Si l'opérateur a un doute, il doit impérativement entrer en contact avec le cardiologue du patient (Lugand 2013).

7.2 Les maladies contagieuses

7.2.1 Hépatite B et VIH

En 1988, Walmsley affirme que l'utilisation des ultrasons chez les patients présentant des maladies contagieuses est contre indiquée. Les virus de l'hépatite B et du VIH ont été détectés dans le sang et la salive. Chez les patients infectés, le risque d'une contamination croisée par les aérosols contenant du sang et de la salive est donc augmenté. De nos jours, la contamination via un aérosol par le virus de l'hépatite B ou du VIH est considérée comme nul. Cependant une contamination potentielle demeure. Il est donc suggéré d'utiliser une solution de Bétadine pour l'irrigation chez les patients porteurs du VIH, sans savoir si cela contribue réellement à une diminution du risque. Environ 4% des nouveaux cas d'hépatite B sont des personnes qui, en raison de leur profession, sont exposées au sang humain. C'est pourquoi la vaccination est essentielle (Van Der Weijden, 2007) (Lugand 2013).

7.2.2 Tuberculose

La tuberculose est une infection des bronches, transmise par des particules libérées lorsque qu'une personne infectée tousse à proximité d'une autre. En Europe de l'Ouest, la tuberculose a été presque complètement éliminée. Ainsi, pour les membres d'une équipe dentaire, les risques d'infections sont faibles avec de bonnes protections et des mesures d'hygiène standard. Cependant le nombre de cas de tuberculoses augmente ces dernières années notamment dans certaines communautés telles que les immigrés, les personnes en situation précaire, les toxicomanes et les patients porteurs du VIH. L'instrumentation ultrasonore doit être évitée chez les patients dont l'infection à la tuberculose est connue. L'existence de telles pathologies implique par principe, de considérer que chaque patient pourrait être une source potentielle de contamination. Ainsi des règles d'hygiène adéquates et strictes doivent être respectées pour chaque patient (Van Der Weijden, 2007) (Lugand 2013).

7.3 Les patients immunodéprimés

L'utilisation des instruments ultrasoniques est contre-indiquée pour tous patients présentant un système immunitaire déficient suite à une pathologie ou à une médication ainsi que pour les patients présentant des problèmes respiratoires. En effet, les aérosols infectés peuvent facilement passer au travers de leurs poumons, pouvant provoquer des infections respiratoires. Il est possible d'utiliser dans certains cas des masques couvrant le nez du patient et ainsi pouvoir réaliser des actes avec des instruments ultrasoniques (Van Der Weijden, 2007) (Lugand 2013).

7.4 Chez les enfants

Les tissus immatures en voie de croissance sont sensibles aux vibrations ultrasonores. Il est généralement accepté que l'instrumentation ultrasonique est contre-indiquée chez les enfants ayant des dents temporaires ou en éruption récente. Les dents temporaires présentant une chambre pulpaire volumineuse, le risque d'atteinte pulpaire est donc plus accru. L'émail des dents permanentes d'éruption récente est plus fragile du fait d'une immaturité de la minéralisation et la réalisation d'un détartrage aux ultrasons pourrait affecter la dureté de l'émail si l'insert n'est pas orienté tangentiellement à la surface dentaire (Van Der Weijden, 2007) (Lugand 2013).

8 Conclusion

La dentisterie moderne est une pratique de moins en moins invasive, et les ultrasons semblent être l'alternative parfaite aux fraises diamantées, qui ont un effet de coupe plus difficile à contrôler. Le développement de nombreux inserts spécifiques et complémentaires a permis d'élargir le champ d'application des ultrasons dans la dentisterie quotidienne.

Les ultrasons sont le présent et le futur de la dentisterie à minima. Pour autant, les ultrasons ne peuvent prétendre remplacer en toutes situations les instruments rotatifs et leurs fraises mais ils constituent une aide remarquable élargissant les possibilités thérapeutiques pour les praticiens.

9 Bibliographie

1. Bertrand Khayat and J.-C. Michonneau (7 mars 2007). "I n s e r t s à ultrasons en endodontie c o n v e n t i o n n e l l e." L'INFORMATION DENTAIRE.
2. Blanc, J. (2019). "L'intérêt de la piézochirurgie lors des avulsions complexes."
3. Cianetti, S., et al. (2018). "Sonic and ultrasonic oscillating devices for the management of pain and dental fear in children or adolescents that require caries removal: a systematic review." *BMJ open* 8(4): e020840.
4. Kwon, S.-J., et al. (2013). "Thermal irritation of teeth during dental treatment procedures." *Restorative dentistry & endodontics* 38(3): 105-112.
5. Lee, Y.-J., et al. (2013). "Development of a Piezoelectric Ultrasonic Tooth-whitening Apparatus." *Transactions on Electrical and Electronic Materials* 14(5): 268-272.
6. Lugand, M. (2013). Les ultrasons en odontologie conservatrice et en endodontie: données actuelles, Université de Lorraine.
7. Patel, B. (2015). "Endodontic diagnosis, pathology and treatment planning." Classification of pulp and perio-apical disease. Switzerland: Springer International Publishing.
8. Plotino, G., et al. (2007). "Ultrasonics in endodontics: a review of the literature." *Journal of endodontics* 33(2): 81-95.
9. Rajan, S. M., et al. (2025). "High-intensity focused ultrasound: an innovative approach for micro-manipulation of demineralized dentine." *Journal of Translational Medicine* 23(1): 29.
10. Zandona, A. F. and C. Longbottom (2019). "Detection and assessment of dental caries." *Cham: Springer Nat. Switz. AG* 3: 542-545.