

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

Année 2010

N° : 44

ÉTUDE D'UN SYSTÈME DE DÉTECTION DU
TARTRE : LE PERIOSCAN

THÈSE POUR LE DIPLÔME D'ÉTAT DE
DOCTEUR EN CHIRURGIE DENTAIRE

Présentée

Et soutenue publiquement par

Monsieur CLÉE Thibaud

Né le 23 mai 1986

Le 16 décembre devant le jury ci-dessous

Président Monsieur. le Professeur Assem SOUEIDAN

Assesseur Monsieur. le Docteur Christian VERNER

Assesseur Monsieur. le Docteur Zahi BADRAN

Directeur de thèse : Monsieur. le Professeur Assem SOUEIDAN

Co-directeur de thèse : Monsieur. le Docteur Julien DEMOERSMAN

Sommaire

Introduction	3
I. Le tartre	4
I.1. Intro	4
I.1.1. Le tartre supragingival.....	4
I.1.2. Le tartre sous gingival	5
I.2. Composition	5
I.3. Formation	6
I.4. Pathogénicité du tartre.....	9
I.5. Elimination du tartre.....	10
I.5.1. Sous-traitement.....	12
I.5.2. Sur-traitement	13
II. Moyen diagnostic : la détection du tartre	16
II.1. Endoscopie	16
II.1.1. Principe.....	16
II.1.2. Etudes	21
II.1.3. Conclusion.....	23
II.2. Fluorescence.....	24
II.2.1. Principe.....	24
II.2.2. Etudes	24
II.2.3. Conclusion.....	25
II.3. Détection par sonde couplée à une diode électroluminescente	26
II.3.1. Principe.....	26
II.3.2. Etudes	26
II.3.3. Conclusion.....	27
II.4. Détection ultrasonore	27
II.4.1. Historique	27
II.4.2. Etudes	28
II.4.3. Perioscan®	31
III. Présentation d'une étude pilote	34
IV. Conclusion.....	42
V. Références Bibliographiques.....	43

Introduction

Le tartre est un dépôt minéral formé à partir du biofilm et de la salive. Malgré son état minéralisé et, à priori inerte, il est l'un des principaux acteurs de la maladie parodontale. En effet, une fois formé, il entrave les manœuvres d'hygiène, favorise la colonisation et le développement bactérien (Schroeder et coll. 1969 (79)). Il a été découvert quelques centaines d'années avant JC et les Romains avaient déjà mis au point des instruments pour son élimination. Aujourd'hui, de nombreuses techniques et de nombreux appareils pour l'éliminer sont disponibles. Ces appareils ont différents principes de fonctionnement et ils peuvent être complémentaires.

Après avoir étudié la structure réelle du tartre, sa formation et sa pathogénicité, nous verrons les intérêts de son élimination dans la prise en charge des maladies parodontales. Nous parlerons de différents appareils pour son élimination ainsi que leurs limites. Puis, nous aborderons les voies d'avenir pour répondre à ces limites avec différents moyens de détection. Nous nous attarderons sur un système basé sur la technologie ultrasonore, et nous présenterons une étude pilote pour évaluer son efficacité. L'objectif de ce travail est de réaliser un protocole in vitro de détection du tartre sur des dents extraites. Les difficultés de réalisation de ce type de protocole seront détaillées.

I. Le tartre

I.1. Intro

Le tartre se trouve sous 2 localisations : le tartre supragingival et le tartre sous gingival.

I.1.1. Le tartre supragingival

Le tartre supragingival est situé sur la surface dentaire, au niveau de la bordure gingivale. Il dépasse rarement le bombé cervical et il s'épaissit, strate par strate, si son élimination n'est pas effectuée. (Sand et coll. 1949 (76), Schroeder et coll. 1969 (79), Hazen 1995 (30)). Nous le retrouvons principalement en regard des canaux excréteurs de la salive (Lovdal et coll. 1958 (54), Mandel et coll. 1986 (56)) :

- bloc incisivo-canin mandibulaire en lingual, au niveau des canaux excréteurs (Warthon) des glandes sous maxillaires.

- 1^{ères} molaires maxillaires en vestibulaire, au niveau des canaux excréteurs (Sténon) des glandes parotides.

La vitesse de formation du tartre dépend de la formation de biofilm et du flux de sécrétion salivaire. Ainsi, on le retrouve dans les endroits où le contrôle de plaque est difficile. Cependant, même avec de bons gestes d'hygiène, du tartre se formera par la minéralisation des protéines salivaires. (Zander et coll. 1960 (105), Theilade et coll. 1964 (96), Schroeder et coll. 1969 (79))

Le tartre supragingival a un aspect rugueux et est de couleur jaunâtre (Fig 1). La couleur varie selon les patients et leurs habitudes. (Alimentation, tabac). Il est directement visible et cet aspect inesthétique pousse les patients à consulter (à juste titre) pour un détartrage.



Fig 1 : Tartre supragingival

I.1.2. Le tartre sous gingival

Le tartre sous gingival est situé dans le sulcus ou dans les poches parodontales. Son aspect est noirâtre car il incorpore des composés sanguins (notamment l'hémoglobine). Notons qu'après un détartrage, l'inflammation gingivale diminue, la gencive est moins œdématiée et hyperplasique et une partie du tartre sous gingival passe en situation supragingivale.

Le tartre sous gingival est issu de la minéralisation de la plaque sous gingivale, du sang et du fluide gingival. Il s'étend au fur et à mesure de la progression de l'épithélium jonctionnel en direction apicale. Comme nous l'avons exposé, le tartre supragingival inquiète le patient par son aspect inesthétique et sa rugosité, tandis que le tartre sous gingival requiert toute l'attention du parodontologiste, puisqu'il entretient la maladie parodontale sans que le patient en ait conscience.

I.2. Composition

Le tartre a une composition complexe. Comme dans toute structure calcifiée, nous retrouvons une partie organique et une partie inorganique.

D'une part, le tartre est constitué de minéraux tels que le calcium, phosphore et magnésium. (Glock et coll. 1938 (27), Jensen et coll. 1954 (34), White et coll. 1997 (103)). Ces minéraux forment des sels inorganiques (Mühler et coll. 1962 (67)) :

Le calcium phosphate : $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$: 75.9%

Le carbonate de calcium : CaCO_3 : 3.1%

Le magnésium phosphate : $\text{Mg}_3(\text{PO}_4)_2$: (traces)

Autres : Oxalate de calcium, phosphate d'ammonium, potassium, aluminium, fer, cuivre, silice, baryum, strontium, bismuth, nickel, zinc, manganèse, cobalt, plomb, or (notamment issus des matériaux utilisés dans les soins dentaires).

Les sels inorganiques s'organisent en structure minéralisée cristalline à différents moments de la minéralisation. (Hazen 1995 (30)). 4 organisations principales sont retrouvées (Lindhe 2008 (49)) :

1. $\text{CaH}(\text{PO}_4) \times 2 \text{H}_2\text{O} = \text{brushite}$
2. $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6 \times \text{OH}_2 = \text{hydroxyapatite}$
3. $\text{Ca}_4\text{H}(\text{PO}_4)_3 \times 2 \text{H}_2\text{O} = \text{octa calcium phosphate}$
4. $\beta\text{-Ca}_3(\text{PO}_4)_2 = \text{whitelockite}$.

Nous retrouvons le brushite au premier stade. Celui-ci est au bout de 2 semaines de minéralisation remplacé par l'hydroxyapatite, forme la plus présente. L'octacalcique phosphate arrive au dernier stade de la minéralisation. Le Whitelockite est principalement retrouvé dans le tartre sous gingival.

Les formes moins courantes sont le Trihydrates triphosphates, Monohydratétracalcique, monoétite, Calcite. (Wasserman et coll. 1958 (102), Rowles et coll. 1958 (74))

D'autre part, la matière organique est constituée d'un ensemble de :

- glycoprotéines salivaires
- cellules épithéliales desquamées
- leucocytes
- microorganismes (essentiellement bactérien)

Au niveau moléculaire, nous retrouvons :

-de 1.9 à 9.1 % de carbohydrates tels le galactose, glucose, rhamanose, mannose, acide glucoronique, galactosamine et parfois arabinose, glucosamine. (Little et coll. 1966 (51), Stanford et coll. 1966 (92)).

- 5.9 à 8.2% de protéines salivaires (acides aminés)

- 0.2% de lipides (acide gras insaturés, acide gras neutre, cholestérol, phospholipides...) (Little et coll. 1964 (52)).

I.3. Formation

L'adhésion à la surface dentaire, puis la minéralisation, sont les 2 étapes principales de la formation du tartre.

Après son éruption, la dent est recouverte d'une pellicule salivaire nommée pellicule acquise exogène. Cette fine couche salivaire est inférieure à 1 µm et permet l'adhésion du biofilm bactérien.

Ensuite, le processus de minéralisation commence par la précipitation d'un infiltrat de sels de calcium au sein du biofilm constituée de bactéries, de protéines salivaires, et de débris alimentaires.

Le début des calcifications varie selon les personnes et les dents. Une variation intra individuelle est observée. (Mühler et coll. 1962 (67), Turesky et coll. 1962 (97)).

Les premières calcifications sont formées 4 à 8 heures après le dépôt de la plaque. Elles progressent du 1^{er} au 14^{ème} jour. 50% de la plaque est minéralisée en 2 jours et 60 à 90 % en 12 jours. (Schroeder et coll. 1963 (77), Mühlemann et coll. 1964 (66), Sharawy et coll. 1966 (82)). Il faut cependant attendre 1 mois pour obtenir une structure cristalline organisée. (Schroeder et coll. 1966 (80)). Ensuite, le tartre croît par stratification. De 2 à 6 mois, les forces mécaniques (mastication, langue, lèvre) limitent son extension. (Volpe et coll. 1969 (99))

La vitesse de formation du tartre dépend aussi de l'accumulation du biofilm et des gestes d'hygiène effectués. (Löe et coll. 1965 (53))

Les mécanismes de minéralisation sont nombreux et complexes ; un patient formant beaucoup de tartre produit plus de calcium, moins de potassium, mais surtout 3 fois plus de phosphate. Ainsi, Mandel et coll. en 1969 (55) s'interrogeaient sur le rôle du phosphate dans la minéralisation.

La formation du tartre commence par la minéralisation de la matrice extracellulaire. Cependant, certaines bactéries se minéralisent d'elles-mêmes. (Zander et coll. 1960 (105)). De plus, un phénomène de croissance épitaxiale se crée : différents petits noyaux minéralisent puis grossissent pour se réunir et former des ensembles plus importants.

Nous retrouvons dans la littérature 2 théories principales de minéralisation : l'augmentation du degré de saturation des ions calcium et phosphate et la croissance de centres de nucléation

L'augmentation du degré de saturation des ions calcium et phosphate est associée :

- à une augmentation du pH (Bibby en 1935 (6), Hodge et coll. 1950 (32)) issue de la diminution du gaz carbonique (Hazen 1995 (30))
- à des protéines salivaires visqueuses maintenant un degré de saturation en sels de calcium. (Schroeder et coll. 1966 (80)) et servant de matrice à la précipitation des sels minéraux.

- aux enzymes (salivaires et bactériennes) phosphatases estérases qui libèrent du phosphate par hydrolyse d'éléments organiques. (Wasserman et coll. 1958 (102), Baer et coll. 1959 (4))

Les centres de nucléation sont créés par certains agents. Ceux-ci ne sont pas encore connus mais ils sembleraient être issus de la matrice extracellulaire. Les centres s'agrandissent pour se rejoindre et former des ensembles.

➤ *Rôles des microorganismes*

Outre leur rôle dans l'adhésion, les bactéries Gram + (surtout filamenteuses) et Gram – minéralisent. (Hazen 1995 (30), White et coll. 1997 (103)). Ces minéralisations se produisent en extracellulaire et en intracellulaires. En effet, certaines bactéries comme *bactérionema* et *veillonella* produisent des apatites au niveau intracellulaire.

De plus, certaines bactéries :

- augmentent le degré de saturation des ions phosphates par leur phosphatase estérase.
- produisent des variations biologiques entraînant la précipitation salivaire ou du fluide gingival comme *leptotrichia buccalis*. (Carranza et coll. 2006 (11))

Cependant, les microorganismes ne sont pas indispensables. En effet, le tartre peut se former sans la présence de bactéries. (Gustafsson et coll. 1962 (28)).

➤ *Ancrage du tartre sur la surface dentaire*

Différents mécanismes sont responsables d'un ancrage du tartre sur la surface dentaire relativement résistant (Carranza et coll. 2006 (11))

- Minéralisation de la pellicule acquise exogène
- Les anfractuosités des surfaces dentaires qui sont colonisées par le tartre et créent un micro clavetage. (Kopczyk et coll. 1968 (43) ; Selvig et coll. 1970 (81))
- Une adaptation étroite des monticules de tartre sur les concavités du ciment (Standford et coll. 1966 (92))
- Une pénétration bactérienne dans les surfaces cémentaires et dans les anciens sites d'insertions des fibres de Sharpey. (Bercy et coll. 1980 (5))

I.4. Pathogénicité du tartre

Selon Fijikawa et coll. en 1998 (19), le tartre ne provoque pas une agression directe des tissus. Waerhaug et coll. en 1978 (100) expliquent dans une étude que la rugosité du tartre n'est pas responsable de gingivites. Ces théories sont confirmées par Allen et coll. en 1965 (1). En plaçant du tartre stérile sous le derme, ils ont observé une encapsulation fibreuse sans la moindre infection. D'autres auteurs ont été jusqu'à montrer la possibilité de cicatrisation parodontale en présence de tartre décontaminé. (Nyman et coll. 1988 (69)). L'adhésion épithéliale peut en effet se réaliser sur du tartre stérile. (Listgarten et coll. 1972 (50)). Ces auteurs ont donc conclu que le tartre lui-même n'est pas directement responsable de la pathologie.

Cependant, lors de son élimination rigoureuse, une guérison parodontale et un maintien de la gencive saine sont généralement observés. (Nyman et coll. 1986 (68), Mombelli et coll. 1995 (64)). Drisko et coll. en 2000 (17) et Teles et coll. en 2006 (95) rappellent que de nombreuses études ont montré le bénéfice de l'élimination du tartre avec notamment une diminution des bactéries parodontopathogènes contenu dans le biofilm.

Waerhaug et coll. en 1952 (101) ont expliqué que la surface rugueuse du tartre ne crée pas d'inflammation mais qu'elle était un support pour la colonisation bactérienne. En effet, le tartre provoque une parodontopathie car il est toujours recouvert de biofilm bactérien non minéralisé. (Lövdal et coll. 1958, Schroeder et coll. 1965 (78)). Le développement du biofilm bactérien se fait par des colonisations bactériennes successives. Chaque couche devient de plus en plus parodontopathogène. (Socransky et coll. 1998 (88)).

Le tartre est également source d'autres problèmes (Friskopp et coll. 1980 (25)) :

- une gêne esthétique pour le patient,
- un obstacle au gain d'attache,
- une entrave aux gestes d'hygiène. (fig 2)



Fig 2 : Le tartre est une entrave au geste d'hygiène

I.5. Elimination du tartre

La base du traitement parodontal repose sur l'élimination du tartre. La prise en charge parodontale commence par une thérapeutique non chirurgicale (Darby et coll. 2009 (14)), dite étiologique ou initiale. Cette approche est effectuée en première intention, après potentialisation du contrôle de plaque et est, selon Badersten et coll. en 1984 (3), bénéfique pour tous les sites atteints.

Pour ce faire, une collaboration étroite entre le praticien et son patient doit s'installer. En effet, les objectifs sont :

- 1 - un assainissement des tissus avec la maîtrise du contrôle de plaque et l'élimination des dépôts.
- 2 - une réparation des tissus,
- 3 - un maintien de la santé parodontale.

Pour y parvenir, le praticien doit enseigner à son patient les techniques d'hygiène adaptées et prescrire le matériel nécessaire pour aboutir à un contrôle de plaque efficace. Ensuite, le clinicien réalisera un débridement des surfaces dentaires et radiculaires pour éliminer notamment les dépôts tartriques. (Van der Weijden et coll. 2002 (98)).

Pour réaliser le débridement, le praticien dispose de nombreux instruments :

- Instruments manuels (curettes)
- Instruments mécaniques (sonic, ultrasonic, laser)

Ces instruments permettent une élimination du biofilm et du tartre sous gingival. Cependant, l'instrumentation conventionnelle (manuelle, ultrasonore) n'a pas la capacité de détecter le tartre et de l'éliminer sélectivement. (Kocher et coll. 1997 (39)). De plus, comme le rappellent Sherman et coll. en 1990 (83), aucun des paramètres cliniques (récession, perte d'attache, saignement au sondage) ne permet d'affirmer ou non la présence de tartre : seuls les radiographies et le sens tactile permettent au praticien de détecter le tartre et de juger la qualité d'un débridement. Cependant, ces outils sont sources d'erreurs.

D'une part, selon Buchanan et coll. en 1987 (10), la sensibilité de détection du tartre sur des radiographies est basse. Seules les concrétions tartriques importantes sont visibles. Elle est estimée à 44% soit 56% de faux négatif.



Fig 3 : Tartre sous gingival visible sur une radiographie

D'autre part, une étude de Sherman et coll. en 1990 (83) analyse le jugement de praticien selon leur sens tactile. En effet, ces auteurs étudient au microscope des dents débridées, puis extraites et notent que :

- 58 % des dents présentent du tartre résiduel
- 77 % des dents étaient jugées sans tartre suite à l'examen du praticien alors qu'elles en présentaient encore
- 11.8 % des dents présentaient encore du tartre selon les praticiens alors qu'elles en étaient complètement exemptes.

Ces résultats montrent que le praticien ne dispose pas de retour d'information. Il ne peut connaître la quantité de tartre, sa localisation précise, ni la qualité de son débridement. Le sens tactile reste subjectif et source d'erreurs thérapeutiques. Sherman et al en 1990 (83) estiment une sensibilité à 24% et une spécificité à 88% du sens tactile pour la détection des surfaces. Kocher et coll. en 2001 (40) ajoutent également que la sensibilité du sens tactile est basse, ainsi des zones de tartre ne sont pas détectées.

Pippin et coll. en 1992 (71) relèvent la nécessité d'une méthode efficace de détection du tartre pour assurer un débridement optimal.

I.5.1. Sous-traitement

➤ Définition

Le sous-traitement est un débridement incomplet. Des concrétions tartriques sont laissées et le biofilm sous gingival n'est pas complètement éliminé. Le complexe bactérien peut, ainsi, continuer à se développer et les toxines bactériennes agressent de nouveau les tissus.

➤ Causes

Les causes du sous-traitement sont multiples :

- le manque de visibilité et d'accessibilité. En effet, selon Lindhe en 1983 (48), une vision directe des surfaces lors d'une chirurgie d'assainissement permet une élimination supérieure au débridement non chirurgical. Stambaugh et coll. en 1981 (90) et Rabbani et coll. en 1981 (72) montrent que plus les poches sont profondes, plus le débridement est incomplet. De plus, la forme et la taille des instruments limitent l'accès sur certaines zones qui restent non traitées.

- l'anatomie des dents. La morphologie des dents est variable et complique l'instrumentation. Comme l'a décrit Jones et coll. en 1978 (35) et Stambaugh et coll. en 1981 (90), les concavités, les angles et les furcations sont un ensemble de caractères anatomiques rendant difficile l'accès aux instruments.

- l'expérience du praticien. Brayer et coll. en 1989 (8), Dragoo et coll. en 1996 (15) reprennent le fait que l'accès est déterminant et ajoutent l'expérience du praticien : un praticien expérimenté élimine plus de tartre par rapport à un praticien inexpérimenté, surtout lorsque les poches sont profondes. Kocher T et coll. en 1997 (39,41) ont estimé à 65% l'élimination du tartre par un praticien inexpérimenté, alors qu'elle est de 80% pour un praticien expérimenté.

➤ **Conséquences**

Les conséquences d'un sous traitement sont :

- une non guérison du parodonte,
- le maintien d'une situation inflammatoire et la persistance d'une poche.

Philstrom et coll. en 1997 (70) rappellent que le succès d'un traitement parodontal requiert une élimination complète du biofilm et du tartre et un maintien des structures assainies. Drisko et coll. en 2000 (17) ajoutent qu'une situation inflammatoire ne peut revenir à une situation saine sans élimination complète du biofilm et du tartre. De plus, l'oubli de petits dépôts tartriques permet l'adhésion et le développement du biofilm. Ainsi, le processus de cicatrisation est compromis. (Tan et coll. 2004 (94)).

Le sous-traitement peut aboutir à une forme d'échec de la thérapeutique. Un moyen permettant d'optimiser le traitement serait judicieux.

I.5.2. Sur-traitement

➤ **Définition**

Le sur-traitement représente un non respect de l'économie tissulaire, et peut même être suspecté comme cause dans l'apparition de certaines pathologies (hypersensibilité radiculaire). De plus, à l'heure actuelle, les traitements en odontologie s'inscrivent dans des concepts conservateurs avec une économie tissulaire.

Moore et coll. en 1986 (65) montrent que les surfaces cémentaires contaminées peuvent être nettoyées par un brossage ou un balayage ultrasonique. Il n'est donc pas justifié d'éliminer tous les tissus contaminés par un curetage manuel. Smart et coll. en 1990 (87), suivent ce raisonnement et expliquent que les taux de lipopolylysaccharides (LPS) bactériens dans le ciment sont équivalents entre une surface contaminée débridée aux ultrasons et une surface saine. De plus, Cheetham et coll. en 1988 (13), ont montré qu'après élimination du ciment infiltré, il persistait environ la même quantité des LPS.

➤ *Causes*

Ces auteurs recommandent la non-élimination du tissu cémentaire infiltré. Cependant, les causes de sur-traitement sont :

- L'utilisation de techniques invasives. En effet, Ritz et coll. en 1991 (73), Jacobson et coll. en 1994 (33), McGuire et coll. en 1996 (57), Flemmig et coll. en 1998 (20, 21, 22), montrent que certaines techniques de débridement sont plus invasives :

- 11.6 microns pour les techniques ultrasoniques

- 93.5 microns pour les aéropolisseurs

- 108.9 microns pour les curettes manuelles

- 118.7 microns pour les inserts diamantés.

- difficulté d'élimination du tartre en laissant le ciment intact. (Kocher et coll. 1997 (38)).

- les critères de jugement d'un débridement sont la dureté et la sensation de surface lisse. Or, Drisko et coll. en 1993 (16) rappellent que les surfaces lisses sont issues de l'élimination complète du ciment. Le praticien, pour ressentir cet aspect de surface, est amené à appliquer des forces latérales importantes et à retirer trop de ciment.

➤ *Conséquences*

Les conséquences pour le patient sont une moins bonne cicatrisation et un risque de récessions accru. De plus, à la suite d'un traitement parodontal, certains patients présentent une hypersensibilité dentinaire, généralement due à une rétraction gingivale, ainsi qu'au retrait total du ciment. En effet, son élimination expose les tubulis dentinaires et les sensibilités apparaissent. (Haugen et coll. 1988 (29), Tammaro et coll. 2000 (93)).

Nous observons également une sommation des pertes de substances consécutives aux multiples instrumentations réalisées lors des maintenances. (Zappa et coll. 1991 (106), Rühling et coll. 2004 (75)).

Par ailleurs, la conservation du ciment permet un meilleur potentiel de régénération de l'attache conjonctive. En effet, dans une étude réalisée sur des singes, a comparé une désinfection radiculaire avec des agents chimiques et un débridement (manuel ou ultrasonique). Ce dernier a éliminé en totalité le ciment. Une ré-attache du tissu conjonctif a été mise en évidence sur les zones où le ciment a été préservé. (Blomlöf et coll. 1987 (7)).

Ces différents éléments montrent la problématique du traitement parodontal : le tartre recouvert d'un biofilm parodontopathogène doit être éliminé en totalité et les tissus parodontaux doivent être conservés pour une cicatrisation optimale.

Les industriels ont proposé de nouvelles technologies permettant la détection du tartre et un meilleur contrôle de son élimination. Si le praticien dispose d'outils pour le diagnostic et pour contrôler son débridement il pourra utiliser les techniques les moins traumatiques possibles.

II. Moyen diagnostic : la détection du tartre

Pour solutionner les problèmes de sous traitement et de sur traitement exposés, les industriels, parfois aidés de clinicien, ont proposé de nouveaux appareils. De nombreuses voies de recherches ont été explorées menant à des concepts différents.

En effet, l'accès par endoscopie, la technologie ultrasonore, l'autofluorescence sont les grands principes utilisés pour la détection du tartre. Ils répondent au cahier de charge initial (visualisation direct ou détection du tartre sans chirurgie, instrumentation des surfaces exclusivement recouverte de tartre) et de nombreuses études ont été réalisées pour estimer leur sensibilité et leur spécificité. Un autre système par transillumination a été décrit (Charon et coll. 2003 (12)) mais il n'a fait l'objet d'aucune étude documentant son efficacité.

Ainsi, nous présenterons les différents principes de détection et les études menées sur ces systèmes.

II.1. Endoscopie

II.1.1. Principe

➤ Généralités

L'endoscopie est une technologie très utilisée en médecine pour le diagnostic et le traitement des pathologies. Endoscopie vient du Grec « endo » : intérieur, « skopein » : voir.

Un endoscope est constitué de :

- une lentille d'acquisition de l'image
- un système pour transmettre l'image
- un oculaire réalisant le focus et la netteté de l'image
- un système d'éclairage.

Ces éléments sont contenus dans un tube rigide ou flexible.

D'autres dispositifs peuvent se greffer pour améliorer l'endoscope :

- un prisme au niveau de la lentille pour voir dans toutes les directions,
- une caméra pour la visualisation de film,
- un bras articulé,
- une soufflette d'air et d'eau,
- des sondes et des instruments chirurgicaux.

Plusieurs technologies sont possibles pour la lentille d'entrée des données et pour le système de transmission. En effet, des lentilles simples seules ou une succession de lentilles avec différents indices de réfraction sont disponibles. De plus, la transmission peut s'opérer par des relais de lentilles identiques, par des relais de lentilles ayant un indice de réfraction différents ou par des faisceaux de fibres optiques (collées ou fusionnées dans une matrice). Dans ce dernier cas, l'endoscope se nommera alors : fibroscope ou flexoscope.

Ces diverses solutions offrent différents avantages et inconvénients. En effet, le relais de lentilles identiques offre la meilleure qualité, cependant, le coût de fabrication est élevé, la miniaturisation est impossible et le système de transmission est droit et rigide. L'utilisation de fibre optique offre une qualité d'image inférieure, cependant, la miniaturisation est possible et l'appareil est flexible. (Stambaugh et coll. 2002 (91))

Le système utilisé en parodontologie est un système flexible. Son utilisation n'est pas une pratique courante. Cependant, cette technique permet un accès aux surfaces radiculaires. Ainsi, le praticien peut détecter et diagnostiquer (Stambaugh et coll. 2002 (91)) les concrétions tartriques, les fêlures et les fractures, les perforations endodontiques et les caries sous gingivales.

➤ *Dispositif en Parodontologie*

Le premier endoscope en parodontologie a été mis au point en 1999 par Irvine. (Dental view, Irvine CA) (Stambaugh et coll. 2002 (91)). Pour son utilisation, l'endoscope (ou fibroscope) dispose d'une sonde pour examiner les parties gingivales, d'un écarteur pour récliner les tissus mous lors de l'exploration, d'une couverture de protection stérile entre le patient et l'endoscope, d'une pompe pour l'irrigation, d'un système d'éclairage et d'un capteur vidéo pour un monitoring en direct sur écran LCD.

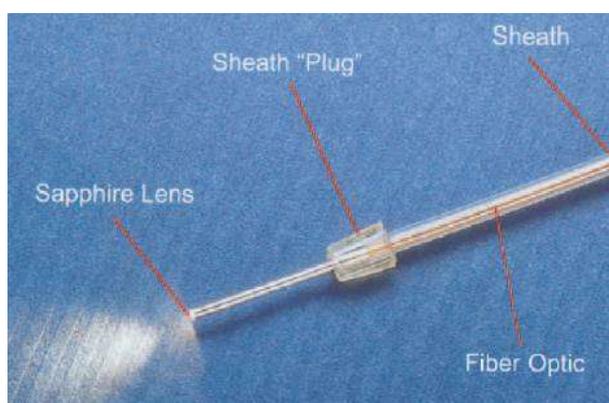


Fig 4 : Fibroscope dentaire stérile (Stambaugh et coll. 2002 (91))

L'endoscope peut être combiné à des instruments tels une sonde parodontale, une curette, un insert ultrasonique. Ainsi, le praticien analysera en temps réel la surface explorée ou instrumentée.

- Couplage endoscope/sonde :

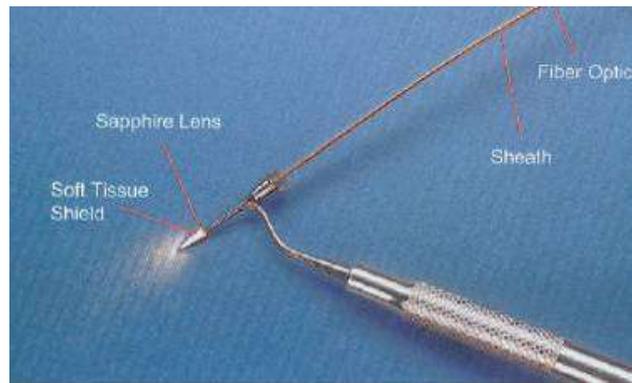


Fig 5 : Endoscope couplé à une sonde (Stambaugh et coll. 2002 (91))

Le couplage avec une sonde permet une visualisation des surfaces pendant l'exploration tactile. L'endoscope dispose d'un éclairage et d'une irrigation. Un écarteur permet de récliner les tissus mous pour une meilleure visualisation des tissus durs.

- Couplage endoscope/curette

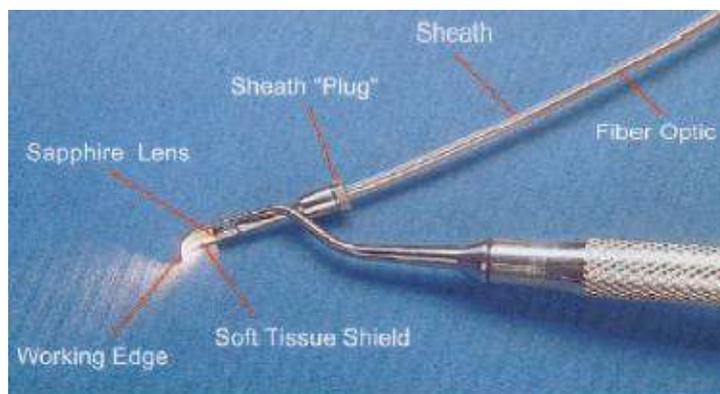


Fig 6 : Endoscope couplé à une curette (Stambaugh et coll. 2002 (91))

Le couplage aux curettes permet une visualisation des surfaces pendant le traitement et une instrumentation sélective. Ainsi, le praticien traitera uniquement et exclusivement les surfaces atteintes. L'endoscope est fixé à la curette via un tube en métal relié directement à la lame de la curette. Ce système dispose d'un partie pour écarter la gencive (et la protéger de la lame), d'une irrigation et d'un éclairage.

- Couplage endoscope/insert ultrasonique



Fig 7 : Endoscope couplé à l'insert d'une pièce à main ultrasonique. (Stambaugh et coll. 2002 (91))

Le couplage à un insert ultrasonique permet le repérage des zones pathologiques et leur instrumentation sélective. L'endoscope est fixé dans un tube en métal maintenu par une vis au manche de l'insert et non directement sur l'insert. Ainsi pendant l'oscillation de l'insert, la lentille du fibroscope reste fixe. Un éclairage, une irrigation et un écarteur gingival sont également présents.

➤ **Utilisation**

En odontologie, les endoscopes utilisés sont des fibroscopes. Ils sont donc flexibles mais ils ont une qualité d'image inférieure aux endoscopes rigides. Les faisceaux de fibres optiques sont de 0,99 mm, pour une résolution de 10 000 pixels. L'image obtenue est de forme ronde et a pour diamètre 2,4 à 6,6 mm. Le grossissement optique utilisé est de x 24 à x 48. Par ailleurs, les déplacements de l'appareil doivent être les plus limités possibles, en effet, le temps d'acquisition de l'image peut induire une différence entre image observée et zone explorée si la vitesse de déplacement est trop importante. (Stambaugh et coll. 2002 (91)).

Pour être reproductible, il est nécessaire d'apprendre à manipuler l'appareil. En effet, la vitesse de déplacement, l'angle entre la lentille et la racine, l'intensité de lumière et la partie rétracteur de gencive sont des paramètres d'utilisations à prendre en compte. Une image n'est jamais figée, et une maîtrise de ces facteurs est indispensable pour leur bonne analyse. (Stambaugh et coll. 2002 (91)). La manipulation et l'interprétation demandent environ 8 heures d'apprentissage, et la maîtrise de cette technique demande 2 à 4 semaines d'utilisation clinique. Ensuite, l'habitude de la manipulation de l'endoscope permet de l'utiliser lors d'un examen parodontal de routine.

De même, le couplage avec les ultrasons nécessite plus de dextérité. La technique dite « des 2 mains (fig 8) » est, selon Kwan et coll. en 2005 (47), la technique de référence. Par la main non dominante, l'endoscope est manipulé, par l'autre, les ultrasons sont utilisés. Ainsi, le praticien voit ce qu'il fait et non pas ce qu'il a fait.



Figure 9a. Eyes on screen.



Figure 9b. Two-handed technique.



Figure 9c. Bilateral pedal operation.

Fig 8 : Manipulation à deux mains de l'endoscope. (Kwan et coll. 2005 (47))

II.1.2. Etudes

Une étude a été menée en 2000, par Stambaugh et coll. (88) sur des patients ayant déjà bénéficié de débridements sans endoscope. Ces auteurs suggèrent, que d'après leurs résultats, un nouveau débridement, combiné à l'utilisation de l'endoscope, augmente de manière significative le gain d'attache clinique et la réduction de la profondeur de poche. Cette technique a permis ainsi d'éviter la réalisation de certaines chirurgies prévues dans le plan de traitement initial.

A contrario, l'étude de Avradopoulos et coll. en 2004 (2) n'a montré aucune différence significative entre un débridement conventionnel associé ou non à l'utilisation d'un endoscope sur les paramètres suivants :

- l'indice de plaque, l'indice gingival GI, l'indice de saignement,
- la mesure de l'attache,
- la profondeur de poche,
- le fluide gingival,
- les cytokines (PGE2, Il-1b).

Une nouvelle étude de Geisinger et coll. en 2007 (26) a mesuré la quantité de tartre résiduel après débridement seul (groupe contrôle) et débridement couplé à l'endoscope (groupe test). Cette étude a également comparé le temps de traitement entre ces deux techniques. Les résultats obtenus sont représentés dans les tableaux suivant (fig 9 et 10.). Ils montrent que les surfaces testées ont environ 12% de tartre en moins, et que le temps de traitement est de 75% à 21% plus long selon l'expérience de l'utilisation de l'endoscope.

Percentage of Residual Calculus (mean ± SD)

	Control Root Surfaces	Test Root Surfaces	Difference (Control-Test)
Total percentage of residual calculus	17.84 ± 3.81	15.70 ± 2.75	2.14 ± 3.13*
Interproximal percentage of residual calculus	19.80 ± 4.34	16.87 ± 3.24	2.93 ± 3.52*
Buccal/lingual percentage of residual calculus	15.79 ± 4.33	14.49 ± 3.14	1.30 ± 3.55†

Fig 9 : Mesure du tartre résiduel. (Geisinger et coll. 2007 (26))

Treatment Time Analysis (mean ± SD): Treatment Time Across Treatment Order Groups

Subjects	N Tooth Pairs	Mean Test Treatment Time (minutes)	Mean Control Treatment Time (minutes)	Mean Increased Test Treatment Time (minutes)
1 to 5	14	26.34 ± 5.63	15.07 ± 4.88	11.27 ± 4.79
6 to 11	16	20.04 ± 4.81	14.09 ± 3.81	5.95 ± 2.22
12 to 15	20	15.23 ± 3.35	12.56 ± 3.50	2.66 ± 2.03

Fig 10 : Mesure du temps d'utilisation (Geisinger et coll. 2007 (26))

Cette expérimentation a été menée uniquement sur des dents monoradiculées. Aussi, une nouvelle étude a permis de préciser l'avantage de l'utilisation de l'endoscope sur des dents pluriradiculées. En effet, Michaud et coll. 2007 (63) ont réalisé une recherche similaire sur des 1^{ères} et 2^{ndes} molaires dont les racines ne sont pas fusionnées. Les résultats diffèrent de ceux de l'étude de Geisinger et coll. en 2007 (26) : L'aide de l'endoscope améliore le débridement au niveau des faces proximales et des sites profonds, cependant, sur l'ensemble des faces de la dent, l'avantage ne semble pas significatif. De plus, au niveau des furcations, la visualisation des surfaces est une aide, cependant, l'accès aux instruments reste difficile et le débridement n'est pas plus efficace.

Enfin, Kwan et coll. en 2005 (47) précisent que l'examen des furcations distales des molaires maxillaires, la présence de poches très inflammées ou abcédées, des racines courbes, et une limitation de l'ouverture buccale sont des paramètres rendant parfois plus difficile l'utilisation de l'endoscope.

II.1.3. Conclusion

L'utilisation en parodontologie de l'endoscope permet d'avoir un accès visuel direct aux surfaces non visibles sans chirurgie. Cependant, tous les sites ne sont pas visibles avec l'endoscopie (5% selon Stambaugh et coll. 2002 (91)). De plus, parmi les surfaces visualisées, toutes ne sont pas directement accessibles ensuite avec les instruments pour leur débridement.

L'emploi de l'endoscope présente un intérêt sur les dents monoradiculées, et sur les sites profonds. (Geisinger et coll. 2007 (26)). Cependant, aucune différence n'a été démontrée sur les pluriradiculées.

Sa manipulation (notamment avec la technique des 2 mains) nécessite un apprentissage et la durée du traitement lors de son utilisation est augmentée. L'expérience du praticien permet de diminuer au fur et à mesure le temps d'utilisation de l'endoscope.

Kwan et coll. en 2005 (47) rappellent en effet que l'utilisation de l'endoscope nécessite apprentissage, investissement financier et temps. Cependant, ces facteurs sont aussi source de nouveau bénéfice, de satisfaction personnelle et d'amélioration du soin.

Aucune étude n'a cependant permis de montrer directement un effet bénéfique sur la cicatrisation parodontale de l'utilisation de l'endoscope même si la quantité de tartre résiduel est inférieur par rapport à un traitement sans endoscope.

II.2. Fluorescence

II.2.1. Principe

Selon le même principe que la détection de la lésion carieuse par irradiation au laser (Hibst et coll. 1998 (31)), la détection du tartre est basée sur la différence d'intensité de fluorescence entre le tartre et le ciment après irradiation laser. En effet, le retour de fluorescence du tartre est supérieur à celui d'une surface radiculaire saine.

L'auto fluorescence est une réaction électromagnétique produite immédiatement après excitation de la surface. L'intensité de fluorescence émise dépend de l'absorption par le tissu et du spectre de l'excitation initiale. L'autofluorescence provient de l'excitation de métabolites bactériens, notamment la protoporphyrine issue de l'activité métabolique de *Porphyromonas Gingivalis*. (Duerden et coll. 1997 (18)).

Une cellule photosensible analyse l'autofluorescence et conclut sur la présence du tartre.



Fig 11 : Détection au laser Er :Yag (37)

II.2.2. Etudes

Les travaux de Folwaczny et coll. en 2002 (23) étudient ce principe en comparant la fluorescence émise par le ciment et le tartre dans différents milieux. (Air, solution électrolytique, sang). La fluorescence est induite dans l'étude par un laser diode InGaAsp (longueur d'onde 655 nm) équipé d'une cellule photoélectrique (récepteur). Les résultats obtenus montrent une intensité de fluorescence :

- Pour le ciment : 0,4 dans l'air, 0,4 dans la solution et 2,13 dans le sang
- Pour le tartre : 29,09 dans l'air, 60,77 dans la solution et 39,63 dans le sang

Les résultats de cette étude in vitro estiment une sensibilité et une spécificité à 100% et montrent que la détection par la fluorescence permet de renseigner sur la présence de tartre.

Une autre étude de Krause et coll. en 2003 (44) a été menée pour analyser la détection après un débridement radiculaire. En effet, comme nous l'avons rappelé, le praticien ne dispose que de peu d'élément pour évaluer la qualité de son débridement. Cette étude utilise un laser diode AlGaInp (longueur d'onde : 655nm) pour exciter les surfaces et détecter indirectement le tartre résiduel. Ces auteurs ont montré que les quatre surfaces : surface radiculaire débridée, surface recouverte de tartre, surface cariée et surface saine avaient des valeurs de fluorescence significativement différentes. De plus, la détection ne varie pas en présence de fluide ou de sang. Ainsi, en utilisant ce système, il est possible d'avoir des informations sur la qualité de son débridement.

Kurihara et coll. en 2004 (46) ont recherché les courbes d'autofluorescence des tissus durs. Ils cherchaient à déterminer les longueurs d'onde d'excitation les plus adaptées pour la détection du tartre et des caries radiculaires dans un contexte de maladie parodontale (tartre, bactéries parodontopathogènes, sang ...). Ces auteurs recommandent une longueur d'onde source de 633 nm. En effet, selon eux, la différence d'auto fluorescence du tartre et des tissus durs sains est supérieure lors d'une excitation à 655nm, même si, cette longueur d'onde permet, selon les auteurs, également une détection du tartre. De plus, la détection semble être perturbée lorsque le tartre est recouvert de plaque bactérienne et de caillot sanguin.

Folwaczny et coll. en 2004 (24) ont poursuivi leurs recherches. Ils ont réalisé une comparaison entre la détection par la fluorescence et la détection manuelle avec une sonde. Le protocole est le suivant : des dents, partiellement recouvertes de tartres, ont été extraites puis débridées manuellement dans des conditions simulant la situation clinique. Une sonde pour le groupe de contrôle et la détection au laser diode (655nm) pour le groupe test validaient la fin du débridement. La quantité de tartre résiduel est ensuite analysée lors d'une observation sous microscope. Les résultats obtenus montrent une meilleure détection pour les pluriradiculées, alors qu'elle n'est pas significativement supérieure au niveau des monoradiculées.

II.2.3. Conclusion

La détection du tartre par autofluorescence est fiable et reproductible : Folwaczny et coll. en 2002 (23) estiment in vitro une sensibilité et une spécificité de 100 %. Elle permet au praticien de rechercher les surfaces recouvertes de tartres et de contrôler le débridement.

Cette technique nous paraît la plus fiable. De plus, certains dispositifs la couplent avec un système laser Er:Yag et permettent un débridement simultané et ciblé des surfaces.

II.3. Détection par sonde couplée à une diode électroluminescente

II.3.1. Principe

La lumière émise par une diode électroluminescente (LED) est réfléchiée de différentes manières en fonction des surfaces. En effet, les surfaces saines et les surfaces recouvertes de tartre ont des taux d'absorption, de réflexion et de diffraction différents. Ainsi, une cellule photosensible, reçoit les lumières réfléchies et les convertit en signal numérique. Ensuite, un ordinateur via un algorithme spécifique trie ces différentes valeurs et indiquent lorsque la sonde est sur une surface recouverte de tartre. (Krause et coll. 2005 (45))

II.3.2. Etudes

Une étude in vitro (Krause et coll. 2005 (45)) a analysé cette détection en fonction des angulations et dans différents milieux (solution aqueuse, sang) entre la sonde LED et la surface radiculaire. L'estimation de la sensibilité et de la spécificité est présentée dans le tableau suivant.

	Sensitivity (%)	Specificity (%)
Saline solution 0-10°	96	95
Blood 0-10°	70	100
Saline solution 45°	93	99
Blood 45°	89	100
Saline solution 90°	100	100
Blood 90°	100	100

Fig 12 : Résultat de sensibilité et de spécificité. (Krause et coll. 2005 (45))

En 2008, Kasaj et coll. en 2008 (36) ont mené une étude pour connaître la sensibilité et la spécificité de la détection par une sonde LED dans des conditions in vivo. Dans un groupe A, une détection in vivo par le système LED a été réalisée, et dans un groupe B, un débridement a été effectué jusqu'à ce que le dispositif ne détecte plus aucune concrétion tartrique. Les résultats obtenus montrent que ce dispositif est efficace pour la détection du tartre et pour le contrôle du débridement. En effet, dans le groupe A, 90% des surfaces recouvertes de tartre ont été diagnostiquées, et dans le groupe B, 83% des surfaces débridées ne présentaient plus de tartre.

II.3.3. Conclusion

Ces études montrent que la détection des surfaces recouvertes de tartre par une sonde équipée d'une LED semble efficace. C'est un outil supplémentaire pour le praticien pour détecter le tartre et vérifier ses débridements. Cependant, Kasaj et coll. en 2008 (36) rappellent que l'angulation et le milieu d'utilisation sont des paramètres influant sur la sensibilité et la spécificité. Enfin, le dispositif n'accède pas à toutes les surfaces en fonction de l'anatomie radiculaire.

Krause et coll. en 2005 (45) estiment que de nouvelles études sont nécessaires pour préciser le seuil critique de détection, la détection dans des conditions *in vivo* et une éventuelle amélioration de la cicatrisation et du pronostic des zones traitées.

II.4. Détection ultrasonore

II.4.1. Historique

La reconnaissance des surfaces dentaires par les ultrasons a commencé avec l'idée d'analyser les ondes réfléchies. Le principe est le suivant : l'insert d'un appareil émet des ondes ultrasonores sur une surface, ces ondes sont réfléchies différemment en fonction des surfaces, et leur analyse par un ordinateur permet de classer les surfaces. (Kocher et coll. 2000 (42))

L'appareil ultrasonore fonctionne avec un générateur piezo-électrique. Une impulsion électrique excite des disques en céramique et crée une oscillation (selon le même principe qu'une montre à quartz). Cette technologie permet également un retour d'information. En effet, l'insert est également un récepteur : l'onde réfléchie est transmise aux éléments en céramique qui la transforment en données numériques. (Kocher et coll. 2000 (42))

Selon Theilade et coll. en 1989 dans Lindhe et coll. 2008 (49), les différents tissus ont une élasticité, une dureté, une densité et des propriétés de surfaces différentes. Ainsi, chaque onde réfléchie donne une valeur numérique caractéristique de la surface étudiée.

Ces valeurs numériques sont analysées par un ordinateur. Celui-ci utilise 2 principes :

- « La transformée rapide de Fourier » qui traite les données numériques
- « The Fuzzy sets theory » qui analyse ensuite ces données.

La transformée rapide de Fourier (FFT) est un algorithme de calcul rapide utilisant la transformée discrète de Fourier. (DFT) Celle-ci est un outil mathématique de traitement du signal numérique (wikipédia (104)). La formule est la suivante :

DFT :

$$S(k) = \sum_{n=0}^{N-1} s(n) \cdot e^{-2i\pi k \frac{n}{N}} \quad \text{pour} \quad 0 \leq k < N$$

Cette formule permet de transformer des données spectrales en fréquences.

« The fuzzy sets theory » a été fondé en 1965 par Zahdeh. C'est un algorithme permettant de classer des données. La base de cet algorithme est le traitement de données binaires (0,1). Zahdeh a ensuite permis d'ajouter des paramètres pour trier des données multiples. (Wikipédia (104)). Ainsi, divers paramètres peuvent rentrer en compte. (Age, pathologie ...) et permettre à l'appareil de classer les surfaces.

Après une phase initiale de calibration, des résultats ont été enregistrés. Ils montrent que la reconnaissance ultrasonore assistée par ordinateur détermine les surfaces étudiées avec un coefficient kappa d'erreur de $k = 0.97$. (Kocher et coll. 2000 (42)).

II.4.2. Etudes

D'autres études ont été menées ensuite pour évaluer les performances de la détection ultrasonore (spécificité, sensibilité) suivant différentes conditions d'utilisation. (Angulation de l'insert, force latérale appliquée, mouvement ...)

Meissner et coll. en 2005 (59) évaluent pour la première fois dans une recherche pré clinique son utilisation. Les résultats de la détection pourraient en effet être modifiés, entre autre, par l'angulation de l'insert ou l'intensité des forces latérales appliquées par l'utilisateur. Une étude a été réalisée dans des conditions statiques avec un système ultrasonore classique couplé à un ordinateur pour les analyses. Selon l'étude, aucun de ces paramètres ne peut être responsable d'une modification du résultat. Ainsi, lors de cette étude, la sensibilité de la détection ultrasonore est estimée à 74% et la spécificité à 82%.

Ensuite, des auteurs ont proposé une étude pour comparer la détection ultrasonore, réalisée in vivo, aux données requises après l'extraction de la dent. Les résultats obtenus montrent un indice de reproductibilité kappa de 0,95 lorsque cette méthode est utilisée. (Meissner et coll. 2005 (58)).

Une nouvelle recherche a évalué la spécificité et la sensibilité de la détection en mouvement. (Meissner et coll. 2006 (60)). Selon cette étude in vitro, le degré de reproductibilité in vivo est de 68%. Les résultats apportés ici montrent un taux de reconnaissance estimé à 81% avec une sensibilité de 76% et une spécificité de 86%.

Cependant, les auteurs s'accordent pour dire que la détection manuelle et la détection ultrasonore ne peuvent pas être comparées. En effet, les protocoles et les principes d'utilisation restent trop différents.

Enfin, une autre étude (Meissner et coll. 2006 (61)) relate des limites de détection de l'appareil. Cette étude a recherché les plus petits dépôts tartriques pouvant être détectés. Les points critiques trouvés sont :

Taille : 21,598 μm^2 (sensibilité : 73.3%, spécificité: 80%),

Diamètre : 219.4 μm (sensibilité : 74.2%, spécificité: 80%),

Circonférence : 748 μm (sensibilité : 73.3%, spécificité: 80%).

Ces valeurs reflètent alors les limites de cette détection. Le praticien est à nouveau confronté au choix de continuer à traiter ou de limiter son débridement.

Par ailleurs, Meissner et coll. en 2008 (62) ont recherché pour la première fois in vivo la sensibilité et la spécificité de la détection ultrasonore. Cette étude a été menée en suivant le protocole de comparaison des données in vivo / in vitro pour la comparaison de la détection ultrasonore établi par Meissner et coll. en 2005 (58)). Cette première étude in vivo rassemble les conditions d'utilisation :

- influence de la cavité buccale (pH, température, fluide gingivale, salive, sang ...)
- paramètres d'utilisation (pression latérale, angle de l'insert, déplacement ...)

Les surfaces étudiées sont :

- 44 spots de tartre
- surface sans tartre divisée mathématiquement en 153 spots.

Les résultats obtenus sont :

Table 2. Detection results of the in vivo detection, verified in vitro after tooth extraction in all positions where the detection system indicated calculus

	Number of identified spots with		
	calculus	cementum	sum
Test result			
Positive	40	28 (12)	68 (52)
Negative	4	125	129
Total	44	153 (137)	197 (181)

Numbers in parentheses indicate the same results with the exclusion of potential artifacts (such as touching crown margins, double contact of the tip at an adjacent tooth, touching the surface with the front or back side of the insert, or jamming movements).

Fig 13 : Tableau de présentation des résultats de détection in vivo. (Meissner et coll. 2008 (62))

Cette étude montre que les ultrasons ont détectés :

40 vrais positifs de tartre

125 vrais positifs de ciment

28 faux positifs (l'appareil a confondu le ciment avec le tartre)

4 : faux négatifs (l'appareil a confondu le tartre avec le ciment)

La sensibilité et la spécificité sont respectivement estimées à 91% et 82%. De plus, l'étude montre que l'analyse des surfaces in vitro est praticien-dépendant car 10 spots de tartre n'ont pas été détectés car ils n'ont pas été scannés.

Cependant, la non-analyse de pluriradiculées ou de zones comme les furcations, les faces linguales et distales comptent parmi les limites de cette étude.

II.4.3. Perioscan®

Les travaux exposés précédemment montrent qu'il est possible de reconnaître les surfaces radiculaires (recouvertes ou non de tartre) par les ultrasons. Un appareil a ensuite été élaboré : le Perioscan® (fig 14). Il intègre un système ultrasonore et un logiciel d'analyse. Il est composé d'un générateur (PerioSonic), de compartiments pour les solutions d'irrigation, d'une pièce à main comportant une diode annulaire et d'une pédale de commande. Le générateur est de type piézoélectrique.



Fig 14 : Le Perioscan® (sirona (85))

Données techniques	PerioScan	Données techniques	PerioSonic
Voltage	230 V ~ 50 Hz	Transmission	piézo-électrique
Type d'appareil	Classe I – Type B	Forme des oscillations	linéaire
Fonctionnement	continu	Fréquence des oscillations	28–32 kHz
Puissance	50 VA	Eclairage annulaire	environ 16 000 Lux
Pression de l'eau	1–5 bar	Ø Pièce à main	max. 18 mm
Dimensions (P/L/H)	305–150–210 mm	Ø dans la zone du manche	12/18 mm
Poids	3,1 kg	Longueur de la pièce à main (sans inserts)	101 mm
		Poids	50 g

Fig 15 : Données techniques du Perioscan® (85)

Il y a 2 phases lors de son utilisation :

- La première étape est la reconnaissance des surfaces. L'insert est placé parallèlement à l'axe de la dent. Lors de cette étape, des oscillations sont émises, réfléchies et analysées pour diagnostiquer les surfaces (fig 16). Un feed back sonore et lumineux permet au praticien de s'assurer que l'insert est correctement positionné et permet de connaître l'état de surface.

Fig 16 : La lumière au service du diagnostic et du traitement (sirona (84))

Pendant le traitement, PerioScan émet un signal visuel et sonore (si vous le souhaitez), pour vous indiquer où se trouvent les concrétions.



Lumière bleue :

Au cours du traitement, un changement de couleur au niveau de l'éclairage de la pièce à main, vous signale que l'insert a détecté la présence de concrétions dans la poche parodontale. Il est également possible d'activer un signal sonore.



Lumière verte :

Par mesure de précaution, le changement de couleur de la lumière est également visible grâce à l'illustration d'une dent en couleur sur l'écran de PerioScan : une lumière verte signifie « une surface radiculaire saine ». Vous avez éliminé correctement les concrétions où il n'y en a pas.



Pas de lumière :

Si l'illuminator ne s'allume ni en bleu ni en vert : l'extrémité distale de l'insert n'est pas correctement appliquée. Le système est alors inutilisable et ne peut délivrer aucune signalisation en retour ! PerioScan peut également vous en informer par l'émission d'un signal sonore.

- La deuxième étape est le traitement par l'élimination des concrétions diagnostiquées. L'opérateur actionne la pédale, l'appareil émet alors des oscillations comprises en 28 et 32 kHz.

Un contrôle peut ensuite être réalisé pour s'assurer de la qualité du débridement en repassant l'appareil en mode reconnaissance.

Brede et coll. en 2009 (9) ont présenté pour la première fois une étude sur le Perioscan® (fig 17).

Cette étude in vitro analyse :

- la différence entre un débridement par un appareil ultrasonore classique et par le Perioscan®.

- la sensibilité de détection du Perioscan®

- la durée de traitement par les ultrasons conventionnels, par le Perioscan® sans mode diagnostic, par le Perioscan® avec le mode diagnostic.

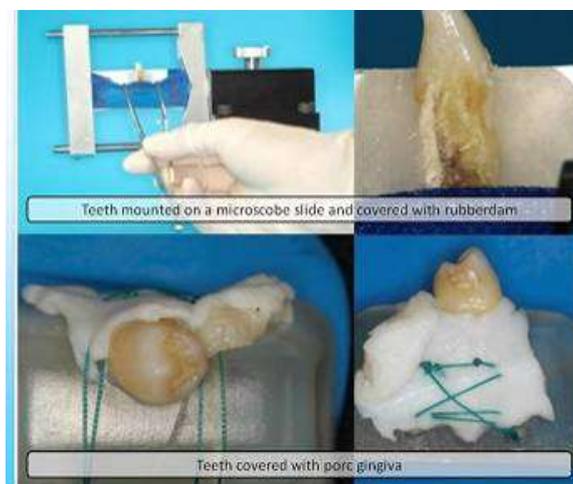


Fig 17 : Travaux sur la détection du PeriScan®. (Brede et coll. 2009 (9))

Les débridements ont été réalisés sur dents recouvertes de gencives de porc pour recréer des conditions in vivo (poches parodontales) et masquer les surfaces radiculaires.

Les résultats présentés sont :

- une sensibilité de détection estimée à 92,7 %
- une élimination du tartre par le PeriScan® supérieur aux ultrasons classiques ($p < 0.05$)

De plus, l'utilisation du mode diagnostic entraîne une augmentation du temps de traitement de 27 %.

III. Présentation d'une étude pilote

Lors de maladie parodontale, nous avons vu la problématique de la présence du tartre et la nécessité de l'éliminer. Pour être le plus précis possible et réaliser des traitements conservateurs nous avons vu l'intérêt d'utiliser des nouveaux systèmes permettant la détection du tartre. Nous avons décidé de réaliser une étude sur un des ces systèmes : Le Perioscan®.

Le Perioscan® est un outil qui semble prometteur pour la détection du tartre. Le but de cette étude pilote est de définir la sensibilité et la spécificité de détection de l'appareil. Cette étude in vitro a différents objectifs :

- principalement, s'assurer de la détection du tartre et des surfaces saines
- et secondairement, déterminer l'influence du type de dent (mono et pluriradiculées) et de certaines situations comme des changements de surface (jonction émail ciment), des perles d'émail, du ciment infiltré de tartre, les concavités et les convexités radiculaires, et les furcations radiculaires.

Avant cette étude, une phase clinique initiale a été réalisée pour tester la prise en main de l'appareil, apprendre son utilisation et sa manipulation en bouche et appréhender d'éventuelles limites et difficultés.

Lors des premiers essais de l'étude effectués, nous avons rencontrés de nombreuses difficultés. Nous présenterons ainsi la méthodologie prévue initialement et discuterons des raisons des problèmes rencontrés. Nous proposerons des solutions pour y remédier dans une future recherche similaire.

➤ *Matériel*

- Perioscan®
- Platine de translation
- Repère orthonormé défini par les règles de mesure du microscope
- Caméra numérique et un pied d'installation pour enregistrer les déplacements et les signaux du Perioscan®

- 30 Dents fraîchement extraites pour raisons parodontales, stockées dans du sérum physiologique.
- Silicone
- Résine chémozpolymérisable
- loupe binoculaire
- Informatique : tableur « Excel ® », logiciel vidéo « media Player classic ® », logiciel d'analyse d'image « photofiltre ® »
- Fraise diamantée montée sur turbine
- Papiers millimétrés
- Marqueur indélébile

➤ **Méthodes**

A- Elaboration de la platine de translation

Une platine de translation a été élaborée à partir d'une platine de microscope. Elle a été orientée à 15° par rapport à la verticale et a été fixée sur un plateau horizontal. Un support constitué d'une boîte de pétri rempli de silicone est collé au niveau de la platine. Il sert de réceptacle pour toutes les dents étudiées incluses dans un bloc de résine.

Un bac est placé sous la platine pour récupérer les liquides. Un support séparé est placé à côté de ce dispositif afin de positionner la pièce à main dans une situation fixe. L'insert reste droit et immobile durant l'analyse. La dent incluse dans son support est déplacée à l'aide des molettes de la platine du microscope.

B- Choix des dents et conservation

30 dents ont été choisies pour être analysées. Les critères d'inclusion des dents sont :

- extraites pour raison parodontales
- tartre présent sur la surface radiculaire

Les dents ont été conservées dans du sérum physiologique.

C- Fixation de la dent dans un bloc de résine chémopolymérisable et adaptation au support en silicone



Fig 18 : Dent incluse dans un bloc de résine adapté au support en silicone

Les dents sont fixées dans un bloc de résine chémopolymérisable. La forme de ce bloc est faite de telle sorte que le bloc de résine s'adapte parfaitement au support en silicone présent sur la platine de translation.

D- marquage des trajets étudiés

2 à 6 points sont marqués au feutre puis gravés sur chaque type de dent à l'aide d'une fraise diamantée montée sur turbine. La réunion de deux points délimite les trajets linéaires effectués par la pointe du Perioscan® lors de l'analyse. Ils sont placés sur les différentes zones à étudier (émail, jonction émail ciment, frontière tartre ciment ...) et leur distance est mesurée par le repère orthonormé associé à la platine.

E- photographie de la dent par une loupe binoculaire à une échelle 1:1.



Fig 19 : Loupe binoculaire utilisée pour réaliser les photographies

Installation de la dent devant l'objectif de la loupe. Réglage du grossissement pour obtenir une échelle 1 :1. Prise d'une photographie.

F- positionnement de la dent incluse dans la résine dans le support en silicone

Le bloc de résine contenant la dent est installé sur le support en silicone fixé à la platine.

G- installation de la caméra

La caméra est positionnée via un pied de caméra. Elle permet de filmer, dans un même champ visuel, la diode annulaire de couleur, la dent analysée et le repère orthonormé de la platine.

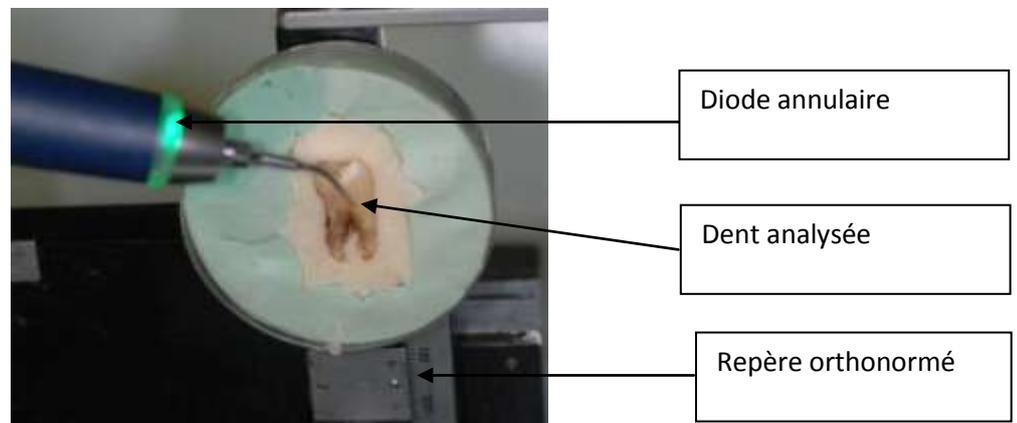


Fig 20 : Vue de la caméra

H- Première série d'analyse de détection

La caméra est déclenchée et 5 mouvements sont réalisés. Ils suivent le trajet linéaire, initialement délimité avec le Perioscan® réglé en mode diagnostic.

I- Débridement de la surface

La dent est montée au maximum de la platine. Un débridement pendant 30 secondes du trajet analysé est effectué par un système ultrasonore (Hue Friedy IQ®).

J- photographie de la dent par une loupe binoculaire à l'échelle 1 :1.

Une deuxième photographie de la dent est réalisée après retrait de bloc de résine du support en silicone dans les mêmes conditions que la première photographie.

K- Seconde série d'analyse de détection

Le bloc de résine est repositionné dans le support en silicone et 5 déplacements identiques aux précédents sont effectués avec le Perioscan® réglé en mode diagnostic. La caméra est à nouveau déclenchée dans les mêmes conditions que la première analyse.

L- Visionnage plan par plan des films

Les films sont ensuite visionnés au ralenti plan par plan avec le logiciel média classic Player ®. A chaque changement de couleur de la bague (verte, bleue ou incolore) la position sur le repère orthonormé est notée sur un papier millimétré reproduisant le trajet analysé. Ainsi, 10 graphiques linéaires (5 avant débridement et 5 post débridement) sont construits. Différentes zones (vertes : saines, bleues : pathologiques, blanches : mauvais positionnement) sont ainsi précisées avant et après débridement.

Exemple :

Trajet délimité par le repère orthonormé de 10, 3 à 11,5 cm.

Mesure : 1,2 cm

Résultats : - 10,3 à 10,7 : diode verte

- 10,7 à 10,9 : diode bleue

- 10,9 à 11,5 : diode verte

M- Analyse des clichés photographiques

Le logiciel Photofiltre ® est utilisé pour déterminer la position et l'étendu du tartre sur le trajet réalisé.

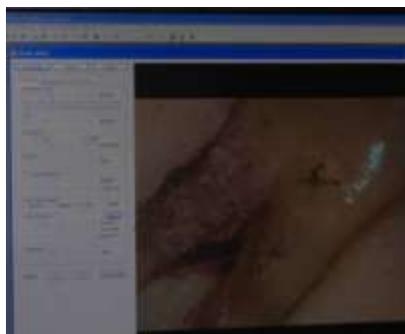


Fig 21 : Vue d'une photographie lors de l'analyse d'image

N- Présentation des résultats.

La méthodologie initiale était une comparaison entre les graphiques d'analyses effectuées et les photographies réalisées. La spécificité et la sensibilité de détection auraient pu être estimées.

➤ **Discussion**

Lors de la première phase clinique, nous avons appréhendé la facilité de fonctionnement du Perioscan®. Dans un milieu hospitalo-universitaire, le feed back est intéressant car il permet au jeune praticien de corriger une malposition de l'insert. De plus, nous avons relevé 2 avantages concernant la diode annulaire et le signal sonore :

- D'une part, ils permettent au praticien de connaître les surfaces analysées.
- D'autre part, ce sont des outils puissants pour la motivation des patients. En effet, grâce à eux, les patients visualisent et prennent conscience de leur maladie. Ce sont des arguments importants pour le traitement d'une pathologie chronique, telle qu'une maladie parodontale.

Outre ces avantages, le Perioscan® propose des dispositifs proches de ceux des autres appareils :

- réservoirs pour des solutions d'irrigations
- choix du débit d'irrigation
- double pédale pour différents modes de fonctionnement. (boost)
- éclairage sur la pièce à main

Lors de son utilisation, nous avons remarqué certaines limites :

- nécessité d'apprentissage pour scanner les surfaces. En effet, la manipulation de la pièce à main pour analyser les surfaces n'est pas innée, l'opérateur doit prendre l'habitude de son utilisation pour être reproductible. D'après le site internet dédié au Perioscan® (Sirona (86)) : *“Il faut exercer un mouvement régulier de va et vient dans le sens apical vers coronaire et mésial vers distal. Ce mouvement permet de parcourir méthodiquement toute la surface radiculaire. Afin d'éviter tout développement de chaleur excessif, il convient de toujours disposer d'une quantité suffisante de liquide de refroidissement”*.

- mode diagnostic disponible uniquement avec les inserts droits. Adapter le système du Perioscan® à des inserts angulés permettrait une ergonomie incomparable pour détecter le tartre au niveau des secteurs postérieurs.

- l'utilisation double pédale. La partie droite active l'irrigation, la partie gauche la fonction ultrasonore boost (augmentation de 20% de la puissance), l'appui simultané sur droite et gauche active la fonction ultrasonore standard. Il nous aurait paru logique d'inverser ces deux dernières activations.

Pour conclure, l'utilisation clinique du Perioscan® a mis en évidence des avantages et des inconvénients. Pour un même opérateur, les données restent reproductibles. Cependant, certaines zones restent difficiles d'accès. (Furcations).

Concernant l'étude pilote, nous avons fait le choix d'utiliser une platine de translation pour être le plus reproductible possible sur les mouvements réalisés. Cependant, de nombreuses difficultés ont été rencontrées :

- force de l'insert appliquée sur la dent. L'utilisation d'un dynamomètre en poussée pourrait résoudre ce problème.

- blocage sur des concrétions tarttriques importantes. Un choix des dents plus restrictif permettrait éventuellement de résoudre ce problème en excluant les dents fortement entarttrées. Les résultats obtenus ne pourraient par contre qu'être attribué à des dents faiblement atteintes par la maladie parodontale.

- perte d'analyse au niveau des concavités et convexités des dents. Le choix d'un trajet rectiligne dans tous les plans de l'espace semble peu adapté à l'anatomie d'une dent. Le sens tactile d'un praticien peut pallier ce problème en s'adaptant finement aux concavités et aux convexités rencontrées sur la surface dentaire. Ce paramètre est difficilement reproductible sur un système avec une platine de translation. Avec notre dispositif, l'utilisation de pastille de ciment recouverte artificiellement de tartre aurait pu éventuellement nous permettre de diminuer l'incidence de l'anatomie radiculaire.

- déplacement parasite de la dent dans son support

- déplacement parasite de l'insert du Perioscan® et de la pièce à main

- la vitesse de passage de l'ultrason. Les différences de vitesse jouaient à la fois sur les trajets effectués et sur la qualité de la détection (temps d'analyse trop faible). L'utilisation d'un moteur à vitesse constante aurait pu pallier ce phénomène.

Ces différents problèmes ont créés des biais dans l'étude. En effet, les trajets réalisés ne correspondaient pas exactement aux surfaces étudiées. Ainsi, les données obtenues n'étaient pas exploitables car non reproductibles.

Des études avaient été menées au préalable par des auteurs en réalisant le mouvement du Perioscan® à la main avec une dent fixe. Cela permettait de résoudre certains problèmes rencontrés mais nous avons initialement jugé nécessaire d'utiliser un dispositif reproduisant au maximum les mêmes mouvements. Ces études ont montré, comme dit précédemment (Brede et coll. 2009, page 31) une sensibilité du Perioscan® de 92,7 %.

L'idée de mettre en place une platine de translation était issue des travaux réalisés par certains auteurs (Krause et coll. 2003 (44)) sur la détection du tartre par retour de fluorescence laser. Cependant, cette technique ne nécessite pas un contact étroit avec la dent analysée pour aboutir à un résultat, contrairement au Perioscan®.

Nonobstant, lors de la phase expérimentale, nous avons constaté par l'analyse des films réalisés une certaine reproductibilité sur les données de détection émises par le Perioscan® lorsque deux trajets paraissaient identiques.

Ainsi, cette ébauche d'étude pilote a mis en évidence les difficultés de modalisation in vitro du Perioscan®. Différents paramètres semblent influencer de manière importante la détection et sont difficilement contrôlables. L'utilisation d'un moteur et le test sur des surfaces planes contaminées par du tartre ou un choix plus restrictif des dents pourraient permettre d'avoir des résultats plus précis. De même, l'augmentation du nombre de mesure et du nombre de dents pourrait minimaliser les importantes variations obtenues dans les résultats préalables.

Le Perioscan® est un outil intéressant dans la détection du tartre sur une surface radiculaire. Sa spécificité et sa reproductibilité reste à définir de manière plus fine en évitant, à notre avis, un déplacement manuel du dispositif d'analyse.

IV. Conclusion

Les études publiées sur la détection du tartre ont permis de mettre en évidence les insuffisances de la détection manuelle du tartre (Sherman et coll. 1990 (83)), mais de nouvelles technologies apportent des innovations pour une optimisation du traitement des maladies parodontales. En effet, la détection du tartre, son élimination sélective et la conservation du ciment (Drisko et coll. 2000 (17)) sont les préoccupations actuelles pour réaliser des débridements moins invasives et améliorer la qualité du traitement non chirurgical.

Concernant la détection du tartre, la revue de la littérature sur de nombreux systèmes comme l'endoscope, la fluorescence, les ultrasons, les LED montre que la détection par autofluorescence après irradiation au laser semble la plus précise et la plus facile à mettre en œuvre (Folwaczny et coll. 2002 (23)).

Enfin, lors de notre étude expérimentale *in vitro* sur le Perioscan®, avec le protocole élaboré et utilisé nous n'avons malheureusement pas pu conclure sur la sensibilité et la spécificité de détection. Néanmoins nous poursuivons nos investigations pour élaborer une nouvelle méthodologie dans le but de pouvoir évaluer l'efficacité de ce type de matériel.

V. Références Bibliographiques

1. ALLEN DL et KERR DA.

Tissue response in the guinea pig to sterile and non-sterile calculus.
J Periodontol 1965;**36**:121-126.

2. AVRADOPOULOS V, WILDER RS, CHICHESTER S et coll.

Clinical and inflammatory evaluation of Perioscopy on patients with chronic periodontitis.
J Dent Hygiene 2004;**78**(1):30-38.

3. BADERSTEN A, NILVEUS R et EGELBERG J.

Effect of nonsurgical periodontal therapy. II. Severely advanced periodontitis.
J Clin Periodontol 1984;**11**(1):63-76.

4. BAER PN et BURSTONE MS.

Esterase activity associated with formation of deposits on teeth.
Oral Surg Oral Med Oral Pathol 1959;**12**:1147-1152.

5. BERCY P et FRANK RM.

Scanning electron microscopy of dental plaque and tartar on the surface of human cementum.
J Biol Buccale 1980;**8**(4):299-313.

6. BIBBY B.

The formation of salivary calculus.
Dent Cosmos 1935;**77**:668.

7. BLOMLÖF L, LINDSKOG S, APPELGREN R et coll.

New attachment in monkeys with experimental periodontitis with and without removal of the cementum.
J Clin Periodontol 1987;**14**(3):136-143.

8. BRAYER WK, MELLONIG JT, DUNLAP RM et coll.

Scaling and root planing effectiveness: the effect of root surface access and operator experience.
J Periodontol 1989;**60**(1):67-72.

9. BREDE O, STELZ M, BRAUN A et coll.

Evaluation of selective calculus removal with a new senso based ultrasonic scaler.
Europerio 6, Poster Stockholm 2009.

10. **BUCHANAN SA, JENDERSECK RS, GRANET MA et coll.**
Radiographic detection of dental calculus.
J Periodontol 1987;**58**(11):747-751.
11. **CARRANZA F et coll.**
Carranza's Clinical Periodontology Online, 2006
<http://www.clinicalperiodontology.com/>
12. **CHARON J et MOUTON C.**
Parodontie Médicale.
Paris : CdP, 2003.
13. **CHEETHAM WA, WILSON M et KIESER JB.**
Root surface debridement in vitro assessment.
J Clin Periodontol 1988;**15**(5):288-292.
14. **DARBY I.**
Non-surgical management of periodontal disease.
Aust Dent J 2009;**54**(Suppl1):86-95.
15. **DRAGOO MR et WHEELER BG.**
Clinical evaluation of subgingival debridement with ultrasonic instruments used by trained and untrained operators.
Gen Dent 1996;**44**(3):234-237.
16. **DRISKO CL.**
Scaling and root planing without overinstrumentation: hand versus power-driven scalers.
Curr Opin Periodontol 1993;78-88.
17. **DRISKO CH.**
Trends in surgical and nonsurgical periodontal treatment.
J Am Dent Assoc 2000;**131**(Suppl):31S-38S.
18. **DUERDEN BI.**
Gram-negative non-spore-forming anaerobes and Mobiluncus.
In : EMMERSON AM, HAWKEY PM, GILLESPIE SH, eds. Principles and Practice of Clinical Bacteriology.
Chichester : John Wiley and Sons, 1997:641-662.
19. **FIJIKAWA K, O'LEARY TJ et KAFRAWY AH.**
The effect of retained subgingival calculus on healing after flap surgery.
J Periodontol 1988;**59**:170-175.
20. **FLEMMIG TF, PETERSILKA GJ, MEHL A et coll.**
Working parameters of a sonic scaler influencing root substance removal in vitro.
Clin Oral Invest 1997;**1**(2):55-60.

21. **FLEMMIG TF, PETERSILKA GJ, MEHL A et coll.**
The effect of working parameters on root substance removal using a piezoelectric ultrasonic scaler in vitro.
J Clin Periodontol 1998a;**25**(2):158-163.
22. **FLEMMIG TF, PETERSILKA GJ, MEHL A et coll.**
Working parameters of a magnetostrictive ultrasonic scaler influencing root substance removal in vitro.
J Periodontol 1998b;**69**(5):547-553.
23. **FOLWACZNY M, HEYM R, MEHL A et HICKEL R.**
Subgingival calculus detection with fluorescence induced by 655 nm InGaAsP diode laser radiation.
J Periodontol 2002;**73**(6):597-601.
24. **FOLWACZNY M, HEYM R, MEHL A et HICKEL R.**
The effectiveness of InGaAsP diode laser radiation to detect subgingival calculus as compared to an explorer.
J Periodontol 2004;**75**(5):744-749.
25. **FRISKOPP J et HAMMARSTRÖM L.**
A comparative, scanning electron microscopic study of supragingival and subgingival calculus.
J Periodontol 1980;**51**(10):553-562.
26. **GEISINGER ML, MEALEY BL, SCHOOLFIELD J et coll.**
The effectiveness of subgingival scaling and root planing: an evaluation of therapy with and without the use of the periodontal endoscope.
J Periodontol 2007;**78**(1):22-28.
27. **GLOCK GE, MURRAY MM et PINCUS P.**
The origin and significance of salivary phosphatase.
Biochem J 1938;**32**(12):2096-2104.
28. **GUSTAFSSON BE et NORMAN A.**
Urinary calculi in germfree rats.
J Exp Med 1962;**116**(3):273-284.
29. **HAUGEN E et JOHANSEN JR.**
Tooth hypersensitivity after periodontal treatment. A case report including SEM studies.
J Clin Periodontol 1988;**15**(6):399-401.
30. **HAZEN SP.**
Supragingival dental calculus.
Periodontol 2000 1995;**8**:125-136.
31. **HIBST R, KÖNIG K et FLEMMING G.**
Laser-induced autofluorescence spectroscopy of dental caries.
Cell Mol Biol 1998;**44**(8):1293-1300.

32. **HODGE HC et WAH LEUNG S.**
Calculus formation.
J Periodontol 1950;**21**(4):211-221.
33. **JACOBSON L, BLOMLÖF J et LINDSKOG S.**
Root surface texture after different scaling modalities.
Scand J Dent Res 1994;**102**(3):156-160.
34. **JENSEN AT et DANØ M.**
Crystallography of dental calculus and the precipitation of certain calcium phosphates.
J Dent Res 1954;**33**(6):741-750.
35. **JONES WA et O'LEARY TJ.**
The effectiveness of in vivo root planing in removing bacterial endotoxin from the roots of periodontally involved teeth.
J Periodontol 1978;**49**(7):337-342.
36. **KASAJ A, MOSCHOS I, RÖHRIG B et coll.**
The effectiveness of a novel optical probe in subgingival calculus detection.
Int J Dent Hyg 2008;**6**(2):143-147.
37. **KAVO (Laboratoire)**
laser Kavokey 3.
<http://www.kavo.com/Default.aspx?navid=27&oid=002&lid=fr&sstr=1>.
38. **KOCHER T et PLAGMANN HC.**
The diamond-coated sonic scaler tip. Part II: Loss of substance and alteration of root surface texture after different scaling modalities.
Int J Periodont Rest Dent 1997;**17**(5):484-493.
39. **KOCHER T, RIEDEL D et PLAGMANN HC.**
Debridement by operators with varying degrees of experience: a comparative study on manikins.
Quintessence Int 1997;**28**(3):191-196.
40. **KOCHER T, ROSIN M, LANGENBECK N et coll.**
Subgingival polishing with a teflon-coated sonic scaler insert in comparison to conventional instruments as assessed on extracted teeth (II). Subgingival roughness.
J Clin Periodontol 2001;**28**(8):723-729.
41. **KOCHER T, RÜHLING A, MOMSEN H et coll.**
Effectiveness of subgingival instrumentation with power-driven instruments in the hands of experienced and inexperienced operators. A study on manikins.
J Clin Periodontol 1997;**24**(7):498-504.
42. **KOCHER T, STRACKELJAN J et BEHR D.**
Feasibility of computer-assisted recognition of different dental hard tissues.
J Dent Res 2000;**79**(3):829-834.

43. **KOPCZYK RA et CONROY CW.**
The attachment of calculus to root planed surfaces.
Periodontics 1968;**6**(2):78-83.
44. **KRAUSE F, BRAUN A et FRENTZEN M.**
The possibility of detecting subgingival calculus by laser-fluorescence in vitro.
Lasers Med Sci 2003;**18**(1):32-35.
45. **KRAUSE F, BRAUN A, JEPSEN S et coll.**
Detection of subgingival calculus with a novel LED-based optical probe.
J Periodontol 2005;**76**(7):1202-1206.
46. **KURIHARA E, KOSEKI T, GOHARA K et coll.**
Detection of subgingival calculus and dentine caries by laser fluorescence.
J Periodont Res 2004;**39**(1):59-65.
47. **KWAN JY.**
Enhanced periodontal debridement with the use of micro ultrasonic, periodontal endoscopy.
J Calif Dent Assoc 2005;**33**(3):241-248.
48. **LINDHE J.**
Periodontal Surgery: Objectives and Indications. Textbook of Clinical Periodontology, Copenhagen : Munksgaard 1983;353-364.
49. **LINDHE J, LANG NP et KARRING T.**
Periodontal and implant dentistry.5th
Copenhagen : Munksgaard,2008.
50. **LISTGARTEN MA.**
Normal development, structure, physiology and repair of gingival epithelium.
Oral Sci Rev 1972;**1**:3-67.
51. **LITTLE MF, BOWMAN L, CASCIANI CA et coll.**
The composition of dental calculus. 3. Supragingival calculus the amino acid and saccharide component.
Arch Oral Biol 1966;**11**(4):385-396.
52. **LITTLE MF et HAZEN SP.**
Dental calculus composition. 2. Subgingival calculus: ash, calcium, phosphorus, and sodium.
J Dent Res 1964;**43**:645-651.
53. **LOE H, THEILADE E et JENSEN SB.**
Experimental gingivitis in man.
J Periodontol 1965;**36**:177-187.

54. **LOVDAL A, ARNO A et WAERHAUG J.**
Incidence of clinical manifestations of periodontal disease in light of oral hygiene and calculus formation.
J Am Dent Assoc 1958;**56**(1):21-33.
55. **MANDEL ID.**
Biochemical aspects of calculus formation.
J Periodontol Res 1969;**4**(Suppl):7-8.
56. **MANDEL ID et GAFFAR A.**
Calculus revisited. A review.
J Clin Periodontol 1986;**13**(4):249-257.
57. **MCGUIRE MK et NUNN ME.**
Prognosis versus actual outcome. III. The effectiveness of clinical parameters in accurately predicting tooth survival.
J Periodontol 1996;**67**(7):666-674.
58. **MEISSNER G, OEHME B, STRACKELJAN J et coll.**
A method for the validation of a new calculus detection system.
J Clin Periodontol 2005a;**32**(6):659-664.
59. **MEISSNER G, OEHME B, STRACKELJAN J et coll.**
Influence of handling-relevant factors on the behaviour of a novel calculus-detection device.
J Clin Periodontol 2005b;**32**(3):323-328.
60. **MEISSNER G, OEHME B, STRACKELJAN J et coll.**
In vitro calculus detection with a moved smart ultrasonic device.
J Clin Periodontol 2006a;**33**(2):130-134.
61. **MEISSNER G, OEHME B, STRACKELJAN J et coll.**
A new system to detect residual subgingival calculus: in vitro detection limits.
J Clin Periodontol 2006b;**33**(3):195-199.
62. **MEISSNER G, OEHME B, STRACKELJAN J et coll.**
Clinical subgingival calculus detection with a smart ultrasonic device: a pilot study.
J Clin. Periodontol 2008;**35**(2):126-132.
63. **MICHAUD RM, SCHOOLFIELD J, MELLONIG JT et coll.**
The efficacy of subgingival calculus removal with endoscopy-aided scaling and root planing: a study on multirrooted teeth.
J Periodontol 2007;**78**(12):2238-2245.
64. **MOMBELLI A, GMUR R, FREY J et coll.**
Actinobacillus actinomycetemcomitans and Porphyromonas gingivalis in young Chinese adults.
Oral Microbiol Immunol 1998;**13**:231-237.

65. **MOORE J, WILSON M et KIESER JB.**
The distribution of bacterial lipopolysaccharide (endotoxin) in relation to periodontally involved root surfaces.
J Clin Periodontol 1986;**13**(8):748-751.
66. **MÜHLEMANN H et SCHROEDER H.**
Dynamics of supragingival calculus formation.
Adv Oral Biol 1964;**1**:175.
67. **MÜHLER J et ENNEVER J.**
Occurrence of calculus through several successive periods in a selected group of subjects.
J Periodontol 1962;**33**:22.
68. **NYMAN S, SARHED G, ERICSSON I et coll.**
Role of "diseased" root cementum in healing following treatment of periodontal disease. An experimental study in the dog.
J Periodont Res 1986;**21**(5):496-503.
69. **NYMAN S, WESTFELT E, SARHED G et coll.**
Role of "diseased" root cementum in healing following treatment of periodontal disease. A clinical study.
J Clin Periodontol 1988;**15**(7):464-468.
70. **PHILSTROM BL et AMMONS WF.**
Treatment of gingivitis and periodontitis. Research, Science and Therapy Committee of the American Academy of Periodontology.
J Periodontol 1997;**68**(12):1246-1253.
71. **PIPPIN DJ et FEIL P.**
Interrater agreement on subgingival calculus detection following scaling.
J Dent Educ 1992;**56**(5):322-326.
72. **RABBANI GM, ASH MM et CAFFESSE RG.**
The effectiveness of subgingival scaling and root planing in calculus removal.
J Periodontol 1981;**52**(3):119-123.
73. **RITZ L, HEFTI AF et RATEITSCHAK KH.**
An in vitro investigation on the loss of root substance in scaling with various instruments.
J Clin Periodontol 1991;**18**(9):643-647.
74. **ROWLES SL.**
On the occurrence of whitlockite in dental calculus.
J Dent Res 1958;**37**:759.
75. **RÜHLING A, WULF J, SCHWAHN C et coll.**
Surface wear on cervical restorations and adjacent enamel and root cementum caused by simulated long-term maintenance therapy.
J Clin Periodontol 2004;**31**(4):293-298.

76. **SAND HF.**
The carbonic acid content of saliva and its role in the formation of dental calculus.
Oslo : Throsen,1949.
77. **SCHROEDER HE.**
Inorganic content and histology of early dental calculus in man.
Helv Odontol Acta 1963;**7**:17.
78. **SCHROEDER HE.**
Crystal morphology and gross structures of mineralizing plaque and of calculus.
Helv Odontol Acta 1965;**9**:73.
79. **SCHROEDER HE.**
Formation and inhibition of dental calculus.
J Periodontol 1969;**40**(11):643-646.
80. **SCHROEDER HE et BAMBAUER HU.**
Stages of calcium phosphate crystallisation during calculus formation.
Arch Oral Biol 1966;**11**(1):1-14.
81. **SELVIG KA.**
Attachment of plaque and calculus to tooth surfaces.
J Periodont Res 1970;**5**(1):8-18.
82. **SHARAWY AM, SABHARWAL K, SOCRANSKY SS et coll.**
A quantitative study of plaque and calculus formation in normal and periodontally involved mouths.
J Periodontol 1966;**37**(6):495-501.
83. **SHERMAN PR, HUTCHENS LH, JEWSON LG et coll.**
The effectiveness of subgingival scaling and root planning. I. Clinical detection of residual calculus.
J Periodontol 1990;**61**(1):3-8.
84. **SIRONA (Laboratoires)**
Diagnostic et traitement.
http://www.sirona.fr/ecomaXL/index.php?site=SIRONA_FR_perioscan_diagnose_therapie
85. **SIRONA (Laboratoires)**
Données techniques.
http://www.sirona.fr/ecomaXL/index.php?site=SIRONA_FR_perioscan_daten
86. **SIRONA (Laboratoires)**
Technologies.
http://www.sirona.fr/ecomaXL/index.php?site=SIRONA_FR_perioscan_technologie
87. **SMART GJ, WILSON M, DAVIES EH et coll.**
The assessment of ultrasonic root surface debridement by determination of residual endotoxin levels.
J Clin Periodontol 1990;**17**(3):174-178.

- 88. SOCRANSKY SS, HAFFAJEE AD, PATEL MR et SONG X.**
Microbial complexes in supragingival plaque.
Oral Microbiol Immunol 2008;**23**(3):196-205.
- 89. STAMBAUGH RV et MYERS G.**
Endoscopic instrumentation of the subgingival root surface in periodontal therapy
J Dent Res 2000;**79**(Special Issue)
- 90. STAMBAUGH RV, DRAGOO M, SMITH DM et coll.**
The limits of subgingival scaling.
Int J Periodont Rest Dent 1981;**1**(5):30-41.
- 91. STAMBAUGH RV, MYERS G, EBLING W et coll.**
Endoscopic visualization of the submarginal gingiva dental sulcus and tooth root surfaces.
J Periodontol 2002;**73**(4):374-382.
- 92. STANFORD JW.**
Analysis of the organic portion of dental calculus.
J Dent Res 1966;**45**(1):128-135.
- 93. TAMMARO S, WENNSTRÖM JL et BERGENHOLTZ G.**
Root-dentin sensitivity following non-surgical periodontal treatment.
J Clin Periodontol 2000;**27**(9):690-697.
- 94. TAN B, GILLAM DG, MORDAN NJ et GALGUT PN.**
A preliminary investigation into the ultrastructure of dental calculus and associated bacteria.
J Clin Periodontol 2004;**31**:364–369.
- 95. TELES RP, HAFFAJEE AD et SOCRANSKY SS.**
Microbiological goals of periodontal therapy.
Periodontol 2000 2006;**42**:180-218.
- 96. THEILADE J.**
Electron microscopic study of calculus attachment to smooth surfaces.
Acta Odontol Scand 1964;**22**:379-387.
- 97. TURESKY S, RENSTRUP G et GLICKMAN I.**
Effects of changing the salivary environment on progress of calculus formation
J Periodontol 1962;33-45.
- 98. VAN DER WEIJDEN GA et TIMMERMAN MF.**
A systematic review on the clinical efficacy of subgingival debridement in the treatment of chronic periodontitis.
J Clin Periodontol 2002;**29**(Suppl 3):55-71; discussion 90-91.
- 99. VOLPE AR, KUPCZAK LJ, KING WJ et coll.**
In vivo calculus assessment. IV. Parameters of human clinical studies.
J Periodontol 1969;**40**(2):76-86.

100. **WAERHAUG J.**
Healing of the dento-epithelial junction following subgingival plaque control. II. As observed on extracted teeth.
J Periodontol 1978;**49**:119-134.
101. **WAERHAUG J et STEEN E.**
The presence or absence of bacteria in gingival pockets and the reaction in healthy pockets to certain pure cultures; a bacteriological and histological investigation.
Odontol Tidskr 1952;**60**(1/2):1-24.
102. **WASSERMAN BH, MANDEL ID et LEVY BM.**
In vitro calcification of dental calculus.
J Periodontol 1958;**29**:144-147.
103. **WHITE DJ.**
Dental calculus: recent insights into occurrence, formation, prevention, removal and oral health effects of supragingival and subgingival deposits.
Eur J Oral Sci 1997;**105**(5 Pt 2):508-522.
104. **WIKIPEDIA**
Transformée de Fourier. 15/09/2010.
http://fr.wikipedia.org/wiki/Transform%C3%A9e_de_Fourier
105. **ZANDER HA, HAZEN SP et SCOTT DB.**
Mineralization of dental calculus.
Proc Soc Exp Biol Med 1960;**103**:257-260.
106. **ZAPPA U, SMITH B, SIMONA C et coll.**
Root substance removal by scaling and root planing.
J Periodontol 1991;**62**(12):750-754.

CLÉE Thibaud. – Etude d'un système de détection du tartre : le Perioscan.
- 60 f. ; 20 ill. ; 106 ref. ; 30cm. (Thèse : Chir. Dent ; Nantes ; 2010)

Résumé de thèse :

Le tartre un est acteur principal des maladies parodontales, son élimination fait partie des objectifs fondamentaux du traitement parodontal.

Après un rappel sur la structure, la formation et la pathogénicité du tartre, nous aborderons l'intérêt de détecter le tartre sous gingival et la difficulté de sa détection lors de l'examen parodontal et après un traitement.

Ensuite nous ferons le point sur les nouvelles technologies permettant la détection du tartre notamment la détection optique, ultrasonore, fluorescence.

Parmi les appareils de détection, le Perioscan est commercialisé. Nous avons réalisé un protocole in vitro pour évaluer ce système. Nous présenterons dans cette thèse le protocole et les difficultés d'évaluation de ce type de matériel.

Rubrique de classement : Parodontologie

MeSH : Tartre dentaire, diagnostic, parodontologie

Dental Calculus, diagnosis, periodontology