



HAL
open science

L'éviction carieuse par moyens mécaniques : données actuelles

Quentin Lescroart

► **To cite this version:**

Quentin Lescroart. L'éviction carieuse par moyens mécaniques : données actuelles. Sciences du Vivant [q-bio]. 2019. hal-03297984

HAL Id: hal-03297984

<https://hal.univ-lorraine.fr/hal-03297984>

Submitted on 18 Oct 2021

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

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



AVERTISSEMENT

Ce document est le fruit d'un long travail approuvé par le jury de soutenance et mis à disposition de l'ensemble de la communauté universitaire élargie.

Il est soumis à la propriété intellectuelle de l'auteur. Ceci implique une obligation de citation et de référencement lors de l'utilisation de ce document.

D'autre part, toute contrefaçon, plagiat, reproduction illicite encourt une poursuite pénale.

Contact : ddoc-thesesexercice-contact@univ-lorraine.fr

LIENS

Code de la Propriété Intellectuelle. articles L 122. 4

Code de la Propriété Intellectuelle. articles L 335.2- L 335.10

http://www.cfcopies.com/V2/leg/leg_droi.php

<http://www.culture.gouv.fr/culture/infos-pratiques/droits/protection.htm>

ACADÉMIE DE NANCY – METZ

UNIVERSITÉ DE LORRAINE

FACULTÉ D'ODONTOLOGIE

ANNÉE 2019

N°10552

THÈSE

Pour le

DIPLÔME D'ÉTAT DE DOCTEUR EN CHIRURGIE DENTAIRE

Par

Quentin LESCROART

Né le 27 avril 1992 à Laxou (Meurthe-et-Moselle)

L'ÉVICTION CARIEUSE PAR MOYENS MÉCANIQUES : DONNÉES ACTUELLES

Présentée et soutenue publiquement le 15 janvier 2019

EXAMINATEURS DE LA THÈSE

Pr. C. STRAZIELLE

Professeure des universités

Présidente

Dr. C. AMORY

Maître de Conférences des universités

Directeur de thèse

Dr. M. VINCENT

Maître de Conférences des universités

Co-directeur

Dr. C. HAMIOT GEBHARD

Assistante hospitalo-universitaire

Juge

« Par délibération en date du 11 décembre 1972, la Faculté de Chirurgie Dentaire a arrêté que les opinions émises dans les dissertations qui lui seront présentées doivent être considérées comme propres à leurs auteurs et quelle n'entend leur donner aucune approbation ni improbation. »

Président : Professeur Pierre MUTZENHARDT

Doyen : Professeur Jean-Marc MARTRETTE

Vice-Doyens : Dr Céline CLEMENT – Dr Rémy BALTHAZARD – Dr Anne-Sophie VAILLANT

Membres Honoraires : Dr L. BABEL – Pr. S. DURIVAUX – Pr A. FONTAINE – Pr G. JACQUART – Pr D. ROZENCWEIG - Pr ARTIS - Pr M. VIVIER

Doyens Honoraires : Pr J. VADOT, Pr J.P. LOUIS

Professeur émérite : Pr M-P FILLEUL

Département Odontologie pédiatrique Sous-section 56-01	Mme DROZ Dominique	Maître de Conférences *
	Mme JAGER Stéphanie	Maître de Conférences *
	M. PREVOST Jacques	Maître de Conférences
	Mme HERNANDEZ Magali	Maître de Conférences *
	M. LEFAURE Quentin	Assistant
Département Orthopédie dento-faciale Sous-section 56-01	Mme DARSAT Claire	Assistante*
	M. EGLOFF Benoît	Maître de Conférences *
	Mme GREGOIRE Johanne	Assistante
Département Prévention, épidémiologie, économie de la santé, odontologie légale Sous-section 56-02	Mme CLÉMENT Céline	Maître de Conférences *
	M. BAUDET Alexandre	Assistant *
	Mme NASREDDINE Greyce	Assistante
Département Parodontologie Sous-section 57-01	M. AMBROSINI Pascal	Professeur des Universités *
	Mme BISSON Catherine	Maître de Conférences *
	M. JOSEPH David	Maître de Conférences *
	M. LACH Patrick	Assistant
	Mme MAYER-COUPIN Florence	Assistante
Département Chirurgie orale Sous-section 57-01	Mme PAOLI Nathalie	Enseignante univ. – Praticien attachée*
	Mme GUILLET-THIBAUT Julie	Maître de Conférences *
	M. BRAVETTI Pierre	Maître de Conférences
	Mme PHULPIN Bérengère	Maître de Conférences *
	M. CLERC Sébastien	Assistant*
Département Biologie orale Sous-section 57-01	M. HASNAOUI Nasr	Assistant
	Mme KICHENBRAND Charlène	Enseignante univ. – Praticien attachée*
	M. YASUKAWA Kazutoyo	Maître de Conférences *
	M. MARTRETTE Jean-Marc	Professeur des Universités *
Département Dentisterie restauratrice, endodontie Sous-section 58-01	Mme EGLOFF-JURAS Claire	Assistante*
	M. MORTIER Éric	Professeur des Universités *
	M. AMORY Christophe	Maître de Conférences
	M. BALTHAZARD Rémy	Maître de Conférences *
	M. ENGELS-DEUTSCH Marc	Maître de Conférences
	M. VINCENT Marin	Maître de Conférences*
	Mme GEBHARD Cécile	Assistante
	M. GEVREY Alexis	Assistant
Département Prothèses Sous-section 58-01	M. GIESS Renaud	Assistant *
	M. DE MARCH Pascal	Maître de Conférences
	M. SCHOUVER Jacques	Maître de Conférences
	Mme VAILLANT Anne-Sophie	Maître de Conférences *
	Mme CORNE Pascale	Maître de Conférences Associée *
	M. CIESLAK Steve	Assistant
	M. HIRTZ Pierre	Assistant *
	M. MAILLET Maxime	Assistant
Département Fonction-dysfonction, imagerie, biomatériaux Sous-section 58-01	Mme MOEHREL Bethsabée	Assistante
	M. VUILLAUME Florian	Assistant
	Mme STRAZIELLE Catherine	Professeur des Universités *
	Mme MOBY (STUTZMANN) Vanessa	Maître de Conférences *
	M. SALOMON Jean-Pierre	Maître de Conférences

Souligné : responsable de département * temps plein

Mis à jour le 01/09/2018

A NOTRE PRESIDENTE DE THESE,

Madame le Professeur STRAZIELLE Catherine

Docteur en Chirurgie Dentaire

Docteur en Neurosciences

Professeur des Universités

Praticien Hospitalier Responsable de la sous-section : Science anatomiques et physiologiques, occlusodontiques, biomatériaux, biophysique, radiologie

*Vous nous faites l'immense honneur de présider notre thèse
Nous vous remercions pour l'intérêt porté à notre travail
Ainsi qu'à l'ensemble des enseignements que vous nous avez apportés
Puissiez voir en notre travail tout le respect que vous nous portons.*

A NOTRE DIRECTEUR DE THESE,

Monsieur le Docteur AMORY Christophe

Docteur en Chirurgie Dentaire

Maître de Conférences des Universités – Praticien Hospitalier

Sous-section : Dentisterie restauratrice – Endodontie

*Nous sommes enchantés de vous avoir compté comme directeur de notre thèse
Nous vous remercions pour l'intérêt et l'égard que vous avez su porter à notre travail
Croyez à notre plus profond respect et en notre estime envers vous.*

A NOTRE CO-DIRECTEUR DE THESE,

Monsieur le Docteur VINCENT Marin

Docteur en Chirurgie Dentaire

Maitre de Conférences des Universités – Praticien Hospitalier

Sous-section : Dentisterie restauratrice – Endodontie

Nous sommes ravis par l'honneur que vous nous avez fait d'accepter la co-direction de notre thèse. Nous vous remercions pour le temps passé à nous corriger et à nous aider à sa rédaction

*Nous tenions tout particulièrement à vous témoigner le respect que nous éprouvons envers votre travail pédagogique et la qualité vos enseignements
Puissiez-vous trouver ici toute notre gratitude et notre sympathie.*

A NOTRE JUGE,

Madame le Docteur GEBHARD Cécile

Docteur en Chirurgie Dentaire

Assistante Hospitalo-universitaire

Sous-section : Dentisterie restauratrice – Endodontie

*Nous vous remercions d'avoir accepté de participer à ce jury
Veuillez trouver l'expression de mes meilleurs sentiments.*

REMERCIEMENTS

A Lorraine, mon amour, qui a toujours cru en moi, m'a soutenu, motivé, aidé pour la rédaction de cette thèse en particulier et dans mon cursus de manière générale. Pourvu que tu renouvelles le bail. Je t'aime, je n'en serai pas là où j'en suis sans toi. A mes parents, qui ont toujours su être là pour moi et m'ont permis d'accéder à ces études. Merci pour tous les sacrifices que vous avez su faire et le stress à supporter. Je vous aime.

A Milka, mon bien aimé chat, toujours présent pour donner de l'amour à ses maitres. Tu as finis par me rendre amoureux des chats. Désolé pour la tonne de stress que je t'ai refilé avant les exams. J'aurais aimé que tu sois présent en ce jour si important. A mon frère, qui m'a toujours motivé sans le vouloir à le dépasser. Encore une fois, objectif atteint ! A Sabrina bien entendu, qui s'est toujours fortement intéressée à mon travail.

A mon défunt grand-père, qui m'a incité à me diriger vers une profession médicale. Tu me manque chaque jour que Dieu fait. J'espère que tu es fier de ce que je suis devenu.

A Ambre, ma filleule chérie. J'ai hâte de te voir grandir et partager beaucoup de moments de ta vie.

A ma Mémère Lucette et ma quasi grand-mère Anne-Marie, pour leur soutien sans faille.

A toute ma famille, mes cousins, oncles et tantes que j'aime fortement.

A ma belle-famille, merci à mes beaux-parents d'avoir su croire en moi et de m'avoir motivé quand il le fallait.

A Benjamin, mon ami d'enfance, mon faux frère. J'ai l'impression de t'avoir toujours connu ! Si j'en suis là aujourd'hui, tu y es forcément pour quelque chose. Merci pour les parties interminables de Dofus ou CS, le volley au SIUAPS chaque semaine,... Et tout simplement d'avoir été là et d'avoir pu me supporter tout ce temps.

A tous mes amis, pour les bons moments passés et à venir.

A Loukoum, Baou et Grigri, trois animaux adorables qui égayaient les journées en leur présence et qui m'ont permis de m'évader pendant la rédaction de cette thèse.

TABLE DES MATIÈRES

TABLES DES FIGURES.....	12
TABLES DES TABLEAUX.....	14
TABLES DES ABRÉVIATIONS.....	15
1. INTRODUCTION.....	16
2. HISTORIQUE DES TECHNIQUES ET CONCEPTS.....	17
2.1. L'époque du concept de Black	17
2.2. La dentisterie minimalement invasive.....	17
3. CAHIER DES CHARGES	22
3.1. Hygiène	22
3.1.1. Classification.....	22
3.1.2. La fraise	24
3.1.2.1. Les fraises dites à usage unique	24
3.1.2.2. Les fraises stérilisables	24
3.1.3. Les porte-instruments dynamiques (PID).....	26
3.2. Préservation de la vitalité pulpaire.....	26
3.2.1. La température intra-pulpaire.....	27
3.2.1.1. La fraise	29
3.2.1.1.1. La taille.....	29
3.2.1.1.2. La forme.....	29
3.2.1.1.3. L'efficacité de coupe	29
3.2.1.2. Le Porte-Instrument Dynamique.....	30
3.2.1.2.1. L'irrigation	30
3.2.1.2.2. La vitesse.....	31
3.2.1.2.3. Le couple	31
3.2.1.3. La force appliquée.....	32
3.2.2. Les vibrations.....	32
3.2.2.1. Aspect biologique.....	32
3.2.2.2. Confort pour le patient.....	33
3.2.2.3. Confort pour le praticien	33

3.2.2.4. Conclusion	34
3.3. Préservation des tissus dentaires.....	34
3.3.1. Efficacité de coupe.....	34
3.3.1.1. Sur tissus cariées.....	34
3.3.1.2. Sur tissus sains	35
3.3.1.3. Discrimination dentine infectée/dentine affectée	36
3.3.2. Présence de bactéries résiduelles	38
3.3.3. Présence de dentine infectée résiduelle	39
3.3.4. Désinfection de la cavité	40
3.3.5. Détermination de la limite carieuse	43
3.4. Adéquation avec le collage.....	45
3.4.1. Le collage sur les différents substrats dentinaires	45
3.4.2. Gestion des boues dentinaires et de la pellicule exogène acquise	46
3.4.3. État de surface final	49
3.5. Confort pour le patient	50
3.5.1. Nécessité d'anesthésie	50
3.5.2. Douleurs post-opératoires.....	51
3.6. Propriétés secondaires.....	52
3.6.1. Durabilité de la fraise	52
3.6.2. Bruit et nuisance sonore	53
3.6.3. Coût	53
3.6.4. Temps opératoire.....	54
4. LES PORTES INSTRUMENTS DYNAMIQUES.....	55
4.1. Les turbines.....	55
4.2. Les contre-angles	56
4.3. Vitesse de rotation.....	57
5. ÉTUDE COMPARATIVE DES PORTE-INSTRUMENTS DYNAMIQUES	60
5.1. Efficacité de coupe	60
5.2. Augmentation de la température	61
5.3. État des tissus dentaires résiduels	61
5.4. Lésions potentielles des tissus mous adjacents	62
5.4.1. Emphysème.....	62

5.4.2.	Lésions des tissus mous	62
5.5.	Vibrations	62
5.6.	Le poids.....	63
5.7.	Le bruit	63
5.8.	Le coût.....	63
5.8.1.	Exemple des prix : Acteon®.....	64
5.8.2.	Exemple des prix : NSK®	64
5.8.3.	Conclusion	65
5.9.	Conclusion.....	65
6.	LES FRAISES EN DENTISTERIE CONSERVATRICE.....	68
6.1.	L'excavateur manuel	68
6.2.	Diamantées	69
6.3.	Acier et carbure de tungstène	71
6.4.	Céramique.....	73
6.5.	Polymère	74
7.	ETUDE COMPARATIVE DES FRAISES	79
7.1.	Fraises diamantées et fraises en carbure de tungstène	79
7.1.2.	Facteurs spécifiques à l'accès à la carie.....	79
7.1.3.	Facteurs spécifiques à l'éviction carieuse.....	79
7.1.3.	Conclusion	81
7.2.	Fraise en carbure et excavateur manuel	82
7.3.	Fraises en carbure de tungstène et fraises en polymère.....	82
7.4.	Fraises en carbure de tungstène et fraises en céramique.....	85
7.4.1.	Expérience personnelle	87
7.5.	Fraises en polymère et excavateur manuel.....	87
7.6.	Fraises en céramique et excavateur manuel.....	87
7.7.	Fraises en céramique et fraises en polymère.....	88
8.	DISCUSSION.....	89
9.	CONCLUSION	90
10.	BIBLIOGRAPHIE	92

TABLES DES FIGURES

Figure 1 : Représentation schématique des différents stades de la classification SiSta. Stade 0 : lésion initiale. Stade 1 : lésion minimale. Stade 2 : lésion modérée. Stade 3 : lésion profonde. Stade 4 : lésion étendue. Source : Jager, 2011.	19
Figure 2 : Théorie de Massler, le principe des différentes couches de tissus carieux. Source : Peters et McLean, 2001.	20
Figure 3 : Cycle de désinfection-stérilisation. D'après la Direction Générale de la Santé, 2006.	25
Figure 4 : Les bénéfices attendus à la préservation de la vitalité pulpaire. D'après Thomas et Kundabala, 2012.....	27
Figure 5 : Facteurs entraînant une augmentation de la chaleur durant l'utilisation d'un système rotatif à haute vitesse. D'après : Thomas et Kundabala, 2012.	28
Figure 6 : Schéma de lésions carieuses amélaire en fonction de la localisation.....	35
Figure 7 : Schéma d'une lésion carieuse réalisant un effet de sape.....	36
Figure 8 : Radiographie objectivant une lésion carieuse profonde sur la face mésiale de la dent 26. L'accès sera occlusal. Radiographie extraite du site du Dr Delannoy.	36
Figure 9 : Exemples de différents excavateurs manuels. Source : Therence et Scott Eidson (2015).	68
Figure 10 : Les différentes formes de fraises diamantées. Source : Le matériel dentaire (2012).	70
Figure 11 : Anatomies différentes des parties travaillantes de fraises en carbure de tungstène en fonction de la marque. A : Coltène ; B : CEI ; C : Mesinger ; D : Axis ; E : Komet ; F : Kerr ; G : Edenta. Source : Di Cristofaro et coll., 2013.....	71
Figure 12 : Fraises d'éviction carieuse en céramique de différents diamètres. Source : Neves et coll., 2011.....	74
Figure 13 : Différentes fraises polymères. En vert, la gamme SmartBurs ; en bleu, une fraise de la gamme Polyburs. Source : Komet 2016 SS White.....	75
Figure 14 : Fraises en polymère : À gauche, avant utilisation. À droite, après utilisation. Source : Aswathi et coll., 2017.....	76
Figure 15 : Évaluation de la réduction du nombre de bactéries avec une fraise en polymère. Source: Aswathi et coll., 2017.....	77
Figure 16 : Etat de surface dentinaire après usage de différents instruments. A : contrôle (papier abrasif). B : Fraise à polir en carbure de tungstène (12 lames). C :	

Fraise en carbure standard (6 lames). D : Fraise diamantée standard (granulométrie : 100µm). Source : Ogata (2003)..... 81
Figure 17 : Photographie d'une dent traitée par une fraise en polymère (gauche) et par une fraise en carbure de tungstène (droite). Source : Medioni et coll. (2016) 83

TABLES DES TABLEAUX

Tableau 1 : Classification SiSta. Source : Dentisfuturis, 2003.	18
Tableau 2 : Classification des DM. Source : CClin Sud-Est, 2011.....	23
Tableau 3 : Les différents contre-angles et leur vitesse maximale de rotation (sur la base d'un micromoteur délivrant une rotation de 40 000 tours/min).	56
Tableau 4 : Domaines d'applications en fonction de la vitesse de rotation. Source : W&H, 2004.	58
Tableau 5 : Récapitulatif des différences entre les 2 systèmes d'entrainements à haute vitesse selon les différents paramètres.....	65
Tableau 6 : Moyennes et écarts-types de l'épaisseur de <i>smear layer</i> produite par différentes fraises. Une différence significative a été trouvée. Source : Rirattanapong et coll. (2015).....	80
Tableau 7 : Comparaison de la présence de carie résiduelle en fonction du moyen d'éviction carieux utilisé. Une différence significative a été trouvée. D'après Wahba et coll. (2015).....	83
Tableau 8 : Comparatif de prix en fonction de la durabilité entre fraises en carbure de tungstène et polymère. Source : Catalogue produit Komet® France.	85
Tableau 9 : Comparatif de prix en fonction de la durabilité entre fraise en carbure de tungstène et céramique. Source : Catalogue Komet® France.	86

TABLES DES ABRÉVIATIONS

A.R.T. : Atraumatic Restorative Treatment

C.C.H.S.T. : Centre Canadien d'Hygiène et de Sécurité au Travail

C.F.U. : Colony Forming Unit

C.V.I. : Ciment Verre Ionomère

D.M. : Dispositif Médical

D.A.S.R.I. : Déchets d'Activités de Soins à Risque Infectieux

F.A.C.E. : Fluorescence Aided Caries Excavation

K.H.N. : Knoop Hardness Number

I.S.O. : International Standardisation Organization

M&R : Mordançage et Rinçage

O.P.C.T. : Objets Piquants Coupants et Tranchants

P.E.A. : Pellicule Exogène Acquise

P.I.D. : Porte-Instrument Dynamique

S.A.M. : Système Auto-Mordançants

T.M.S. : Troubles Musculo-Squelettiques

1. INTRODUCTION

L'éviction du tissu dentaire infecté est, et reste, une étape préalable indispensable à la thérapeutique de la lésion cavitaire d'origine carieuse. De nombreuses techniques ont été décrites et mise en œuvre afin d'optimiser au mieux les propriétés de chaque instrument et de chaque matériau. L'intérêt se porte tant sur l'éviction de l'ensemble du contenu infecté, que sur la préservation du tissu dentaire (technique minimalement invasive), les ressentis post-opératoires des patients ou encore les propriétés du tissu résiduel en vue de sa restauration future. Actuellement, la dentisterie tend à une élimination tissulaire aussi minime que possible et à une préservation des tissus sains. La notion de tissu reminéralisable, secondaire au processus carieux, est un facteur prépondérant dans cette optique de technique minimalement invasive (Isik et coll., 2010).

Dans un premier temps, nous détaillerons un historique des techniques passées, puis mettrons en exergue le cahier des charges le plus satisfaisant du point de vue du clinicien et du patient. Dans un second temps, nous détaillerons les différents moyens d'éviction carieuse mécanique pour les confronter entre eux, mais également à l'ensemble des doléances du cahier des charges. La finalité de ce travail est de proposer une solution d'éviction carieuse mécanique idéale en accord avec les données actuelles de la science.

2. HISTORIQUE DES TECHNIQUES ET CONCEPTS

Les techniques utilisées sont dépendantes des concepts appliqués en odontologie, c'est pourquoi l'évolution de ces derniers ont amené à réaliser des progrès techniques tant au niveau des matériaux que des instruments eux-mêmes.

Après l'éviction carieuse, il est communément admis qu'il faut restaurer l'anatomie dentaire grâce à différents matériaux ayant chacun leurs indications propres, afin, selon Schwendicke et coll., (2016) :

- « d'aider au contrôle de plaque et de gérer l'activité carieuse localement ;
- de protéger le complexe pulpo-dentinaire et d'arrêter la lésion ;
- de restaurer la fonction, la forme et l'esthétique de la dent ».

2.1. L'époque du concept de Black

Un des concepts les plus connus en cariologie est le principe de Black, mis en place en 1899. Ce dernier sommait différents principes qui permettaient de réaliser une éviction carieuse satisfaisant une restauration à l'amalgame et minimisant le risque de reprise carieuse tout en favorisant la pérennité des soins. L'ensemble de la carie était alors retiré, sans notion de lésion reminéralisable. La cavité se faisait afin d'assurer une rétention mécanique liée aux propriétés de l'amalgame, c'est-à-dire un fond de cavité plat, des parois de contre dépouille, des angles vifs... La notion d'extension prophylactique consistait à impliquer l'ensemble des sillons principaux dans la cavité, même s'ils ne présentaient aucun signe carieux, afin d'éviter toute reprise carieuse.

Cet ensemble de règles édité par Black (1899) fait partie intégrante du modèle chirurgical invasif, c'est-à-dire qu'aucune distinction n'était faite entre les différentes étendues possibles des lésions. Ces dernières étaient toutes traitées de la même manière, que ce soit une carie isolée dans une bouche, ou faisant partie d'un processus carieux global.

2.2. La dentisterie minimalement invasive

Bien que l'amalgame et les concepts de Black trouvent encore des indications, la volonté de préserver l'organe dentaire se met au centre de nouveaux concepts : le modèle médical préventif et la dentisterie minimalement invasive. La dentisterie

minimalement invasive est un ensemble de principes, touchant l'ensemble des secteurs de la dentisterie, qui tend à garder l'organe dentaire fonctionnel le plus longtemps possible (Frencken et coll., 2012).

La classification SiSta, initiée par Mount and Hume en 1997, puis complétée par Lasfargues et coll. en 2000, permet de satisfaire à ces nouveaux concepts (Tableau 1 ; Figure 1). Plusieurs notions évoluent, notamment celle de réversibilité : les caries n'atteignant que l'émail, sans cavitation sont reminéralisables et ne nécessitent plus de fraisage : c'est le stade 0. Le but à ce stade est d'inactiver la lésion afin d'en arrêter sa progression, par l'hygiène bucco-dentaire et l'utilisation de dérivés fluorés, principalement retrouvés dans les dentifrices (Schwendicke et coll., 2016).

Cette classification, en plus de distinguer les différentes localisations possibles de la carie sur une dent, propose d'y ajouter la taille de la lésion (Mount et Hume, 1997).

Tableau 1 : Classification SiSta. Source : Dentisfuturis, 2003.

Site \ Taille	Initiale 0	Minimale 1	Modérée 2	Elargie 3	Etendue 4
Puit ou fissure 1	1.0	1.1	1.2	1.3	1.4
Zone de contact 2	2.0	2.1	2.2	2.3	2.4
Cervical 3	3.0	3.1	3.2	3.3	3.4

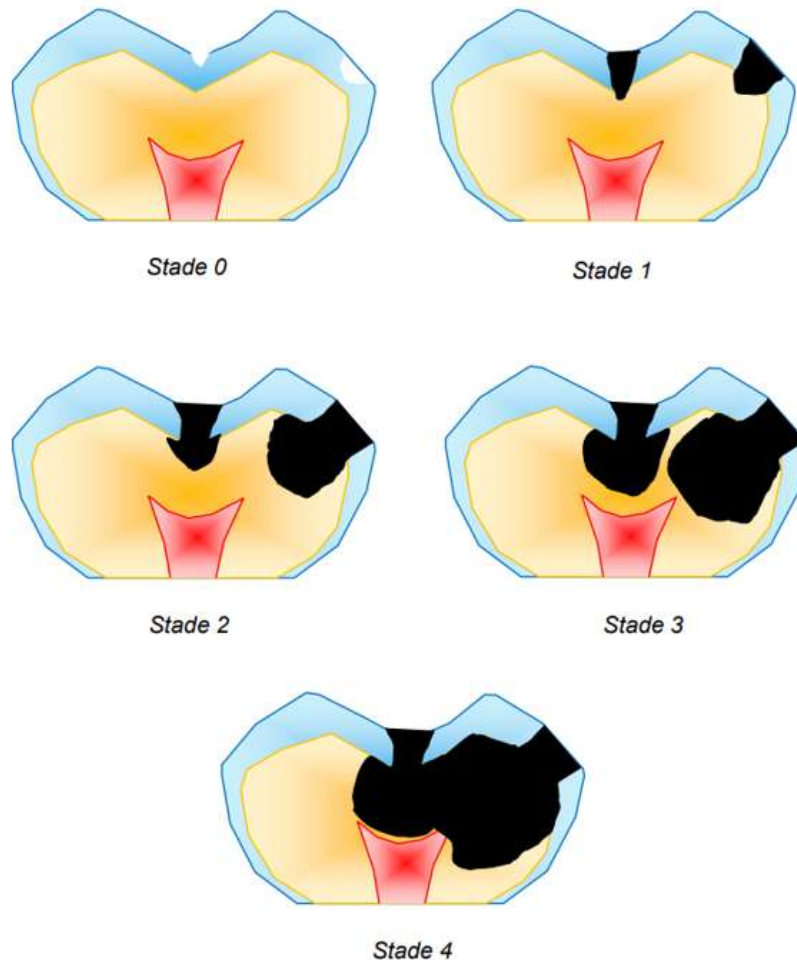


Figure 1 : Représentation schématique des différents stades de la classification SiSta. Stade 0 : lésion initiale. Stade 1 : lésion minimale. Stade 2 : lésion modérée. Stade 3 : lésion profonde. Stade 4 : lésion étendue. Source : Jager, 2011.

Selon Mount et Hume (1997), cette classification « *permet une communication claire et plus détaillée entre les dentistes, tout en étant adaptée aux ordinateurs, et permet la réalisation d'études épidémiologiques ainsi que le stockage des données médicales* ».

Par ailleurs, un distinguo se crée entre les différentes couches de la carie pour permettre de conserver une partie du tissu dentaire, dont il est désormais admis qu'il peut se reminéraliser sans entrainer de reprise carieuse : c'est la théorie de Massler (Figure 2) (Peters et McLean, 2001a). La dentine la plus superficielle est dite infectée, elle est contaminée par les bactéries, déstructurée et non reminéralisable : elle doit être éliminée le plus possible. La dentine la plus proche de la pulpe, la dentine affectée, n'est pas contaminée par les bactéries et est partiellement

déstructurée ce qui en fait un tissu reminéralisable et donc conservable (Neves et coll., 2011a; Frencken et coll., 2012; Toledano et coll., 2013).

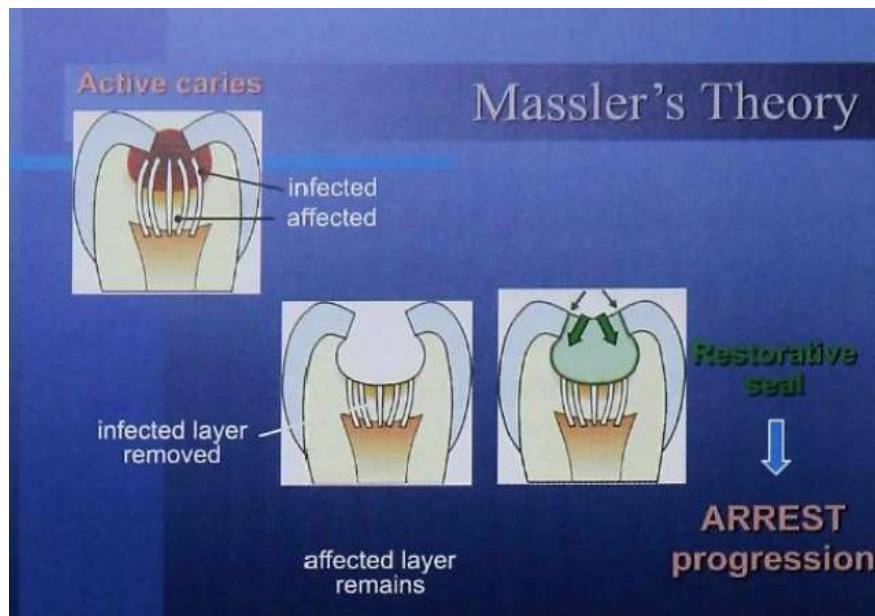


Figure 2 : Théorie de Massler, le principe des différentes couches de tissus carieux.

Source : Peters et McLean, 2001.

Tout ceci est alors permis par l'arrivée de nouveaux matériaux, qui ne nécessitent pas une rétention mécanique comme l'amalgame, mais une rétention chimique liée au collage, c'est l'avènement des résines composites et des ciments verre ionomère (CVI). Il n'y a donc plus de nécessité à retirer du tissu dentaire sain au profit de la restauration (Koibuchi et coll., 2001; Frencken et coll., 2012).

Malgré cela, l'amalgame reste encore un matériau de choix lorsque le risque carieux individuel est élevé, ou lorsque la lésion carieuse et la cavité qui en découle ne répondent pas aux exigences demandées par les résines composites (caries sous-gingivales, impossibilité d'être à l'abri des fluides buccaux, volume de la lésion...).

Ces nouveaux concepts ont nécessité une modification des techniques et des instruments afin de répondre à la nécessité de préservation tissulaire et aux contraintes liées au collage.

Par la suite, d'autres techniques ont émergé avec l'apparition des CVI, avec parmi elles la technique ART (Atraumatic Restoration Technique), utilisable sans matériel rotatif. Elle permet une prise en charge des lésions carieuses dans les zones les plus

défavorisées du monde, mais est aussi une solution thérapeutique grandement appréciée en gériatrie et en pédiatrie, ou chez les patients anxieux (Peters et McLean, 2001b). Effectivement, en plus de répondre aux principes d'approche conservatrice, cette technique est réputée sans douleur et permettrait de se soustraire à une anesthésie locale (Yip et Samaranayake, 1998; Smales et Yip, 2002; van 't Hof et coll., 2006). De plus, il a été démontré que la technique ART entraînait une diminution notable du nombre de *Streptococcus mutans* dans la salive chez l'enfant, pouvant potentiellement diminuer le risque de récurrence carieuse (Carvalho et Bezerra 2003).

Cette technique reste néanmoins limitée. Il reste préférable d'utiliser une instrumentation rotative dès que possible, car elle est, selon Cruz Gonzalez et Marín Zuluaga (2016), la méthode de choix pour le traitement carieux. De plus, selon Pinto et coll. (2014), l'utilisation de CVI, plutôt qu'une résine composite, semble moins pérenne dans le temps chez l'enfant surtout lors de restaurations proximales.

Il est cependant à noter que, peu importe le moyen d'éviction carieuse utilisé, les CVI de viscosité moyenne sont recommandés pour restaurer les cavités dont les surfaces ne sont pas soumises aux forces masticatoires (Frencken et coll., 2012).

3. CAHIER DES CHARGES

Dans cette seconde partie, nous allons tenter de lister, de la façon la plus exhaustive possible, l'ensemble des critères à respecter pour qu'un instrument soit le plus apte à répondre aux exigences liées aux nouveaux matériaux.

Les moyens d'éviction carieuse mécaniques, hormis l'excavateur manuel, se composent en deux parties : le porte-instrument dynamique (PID), que ce soit une turbine ou un contre-angle, et l'instrument à proprement dit.

3.1. Hygiène

3.1.1. Classification

En hygiène, les dispositifs médicaux (DM) sont classés en trois catégories en fonction de leur utilisation (Tableau 2) :

- non critique ;
- semi-critique ;
- critique.

Tableau 2 : Classification des DM. Source : CClin Sud-Est, 2011.

Type de dispositifs médicaux	Classification des DM	Niveau de traitement requis
Broches à canaux	Critique	Stérilisation ou usage unique
Ciseaux à émail		
Curettes de Gracey		
Daviers		
Ecarteurs		
Excavateurs		
Forêts de Gates		
Inserts de détartrage		
Lentulos		
Limes à canaux		
Ouvre bouche		
Râcleurs à canaux		
Rugines		
Seringues à carpule		
Sondes		
Sondes lisses		
Syndesmotomes	Semi Critique	Stérilisation ou usage unique
Arrache-couronnes		
Brunissoirs lisses		
Contre-angles		
Fouloirs à amalgames		
Miroirs		
Pièces à main		
Porte-empreintes		
Précelles	Non Critique	Désinfection de bas niveau
Spatules à bouche		
Turbines		
Accessoires : composants externes des têtes d'appareils radiologiques, corps de la seringue multifonction, corps de la lampe à photo polymériser les composites		

Les dispositifs non critiques concernent les instruments qui n'entrent pas en contact avec les surfaces contaminées. Ils subissent une simple désinfection, à l'aide d'une lingette désinfectante imbibée par exemple (Direction Générale de la Santé, 2006).

Les dispositifs semi-critiques concernent les instruments qui ont un contact avec la muqueuse buccale ou la salive mais dont le risque infectieux n'est pas dit à haut risque. Ils doivent être, dans la meilleure des situations, à usage unique. *A minima*, une stérilisation est également acceptée après toute utilisation, ou une désinfection dite de niveau intermédiaire.

Les dispositifs dits critiques quant à eux véhiculent un haut risque infectieux. Ils entrent en contact avec le sang, les liquides biologiques et les zones stériles du corps. Ils doivent également être à usage unique au meilleur des cas, ou stérilisables

a minima. La désinfection n'est pas suffisante pour ce type d'instruments, quel que soit le niveau de cette dernière.

3.1.2. La fraise

La fraise, entrant directement en contact avec les fluides buccaux et les surfaces dentaires contaminées, entre dans la catégorie des dispositifs critiques.

Deux types de conditionnement peuvent être envisagés pour ces dernières :

- les fraises dites à usage unique ;
- les fraises stérilisables.

3.1.2.1. Les fraises dites à usage unique

La grande majorité des fraises n'est pas à usage unique, car ces dernières engendrent un coût financier plus important et une gestion des stocks plus difficile.

Après leur utilisation, soit l'efficacité de coupe n'est plus suffisante pour assurer une nouvelle utilisation, soit les fraises ne résistent pas au cycle de stérilisation. Elles sont donc jetées en fin de soin dans la filière des déchets d'activités de soin à risque infectieux (DASRI), plus particulièrement avec les objets piquants coupants et tranchants (OPCT) (Union Française pour la Santé Bucco-Dentaire).

3.1.2.2. Les fraises stérilisables

Après chaque utilisation, ces fraises subissent un cycle de décontamination-stérilisation semblables à celui des autres dispositifs dits critiques. Ce cycle commence par une phase de pré-désinfection, les fraises sont immergées dans une solution désinfectante-détergente en suivant les indications du fabricant. Elles sont ensuite débarrassées de toute trace de salissure visible à l'œil nu. La phase suivante consiste à conditionner les instruments sous sachets stériles puis les placer dans un stérilisateur, suivant le cycle Prion (134° pendant 18 minutes) (Figure 3).

En 2014, une étude a démontré que, malgré l'efficacité supérieure de l'autoclave par rapport aux autres moyens de désinfection, cette technique restait néanmoins perfectible car elle ne supprimait pas l'ensemble des micro-organismes sur les instruments. En effet, la réduction des micro-organismes s'élève à environ 80% des

Streptococcus mutans, 76% des *Lactobactilli* et de 74% des *Candida albicans* sur les fraises (Sajjanshetty et coll., 2014).

Rotella et coll. (2014) ont démontré que le fait de nettoyer et stériliser les instruments rotatifs prolongeait l'efficacité de coupe et diminuait le couple nécessaire, par retrait des débris dentaires sur l'instrument.

Lorsque l'efficacité de la fraise n'est plus suffisante, elles sont jetées dans les OPCT.

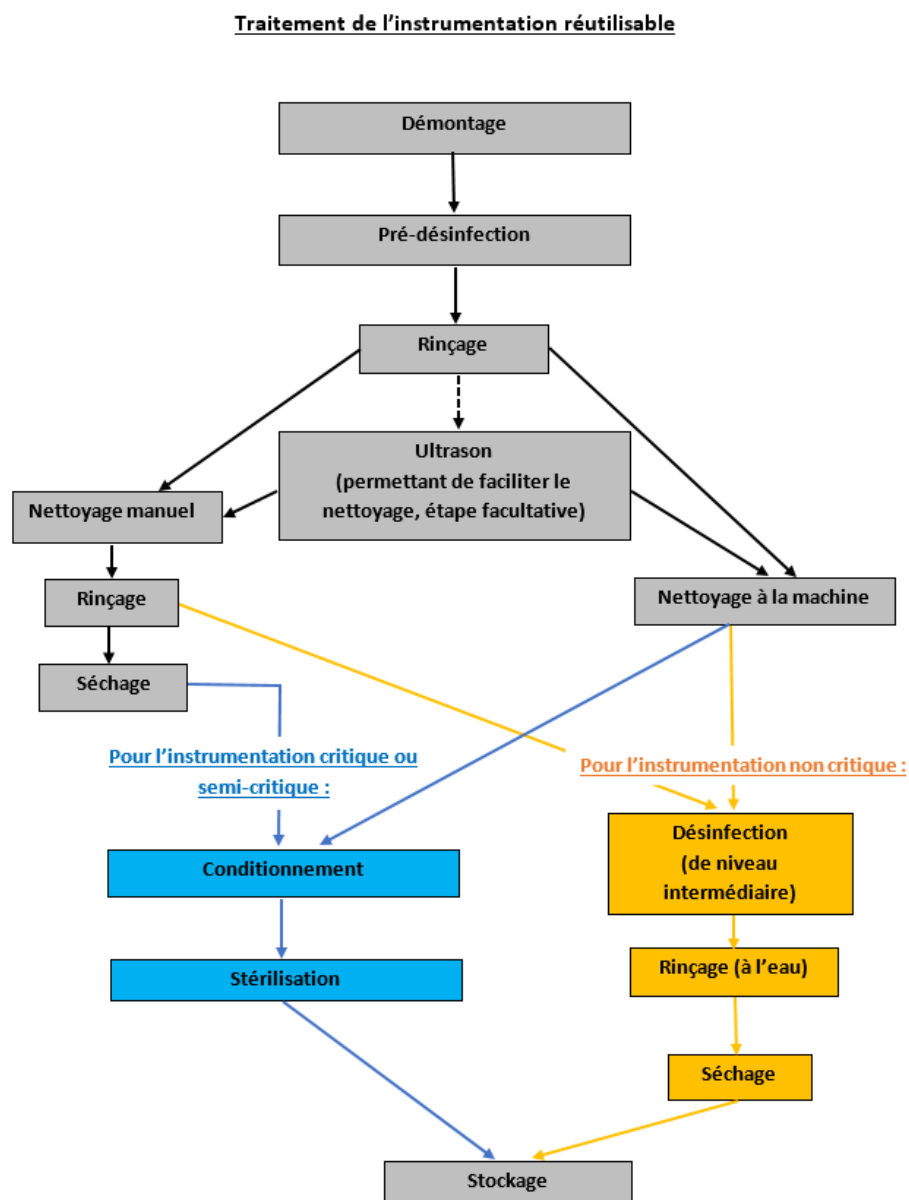


Figure 3 : Cycle de désinfection-stérilisation. D'après la Direction Générale de la Santé, 2006.

3.1.3. Les porte-instruments dynamiques (PID)

Théoriquement classés comme dispositifs médicaux semi-critiques, les PID possèdent une anatomie interne complexe, difficilement nettoyable par la désinfection de niveau intermédiaire. De plus, ils sont en contact avec les dispositifs critiques (les fraises), et susceptibles eux-mêmes d'entrer en contact avec les fluides buccaux. Dès lors, ils sont considérés comme des dispositifs critiques.

Selon Smith et Smith (2014), la contamination bactérienne des différentes pièces des PID après utilisation ne comporte pas un nombre trop important de bactéries. Un cycle de stérilisation classique peut alors suffire à gérer leur stérilisation.

Soit ils suivent le parcours classique (pré-désinfection, nettoyage, séchage, graissage, conditionnement, stérilisation), soit ils sont traités à l'aide d'appareils spécifiques, bien plus performants.

Certains PID, bien plus rares, ne demandent pas ce traitement, puisqu'ils sont à usage unique. Ces derniers sont plutôt utilisés pour le nettoyage prophylactique.

Aussi, il est important de distinguer l'importance de l'aérosolisation, inévitable lors de l'utilisation des différents PID en bouche et entraînant une dissémination septique dans l'espace de travail proportionnelle à l'intensité d'aérosolisation.

3.2. Préservation de la vitalité pulpaire

Avant de débiter le traitement d'une lésion carieuse, il convient de réaliser des tests de vitalité pulpaire afin de déterminer l'état de santé de la pulpe. Si la pulpe est saine ou réversiblement irritée, il est important de la conserver vitale (Figure 4). Si, par contre, des signes de pulpite irréversible ou de nécrose sont observés, il faudra réaliser le traitement endodontique de la dent.

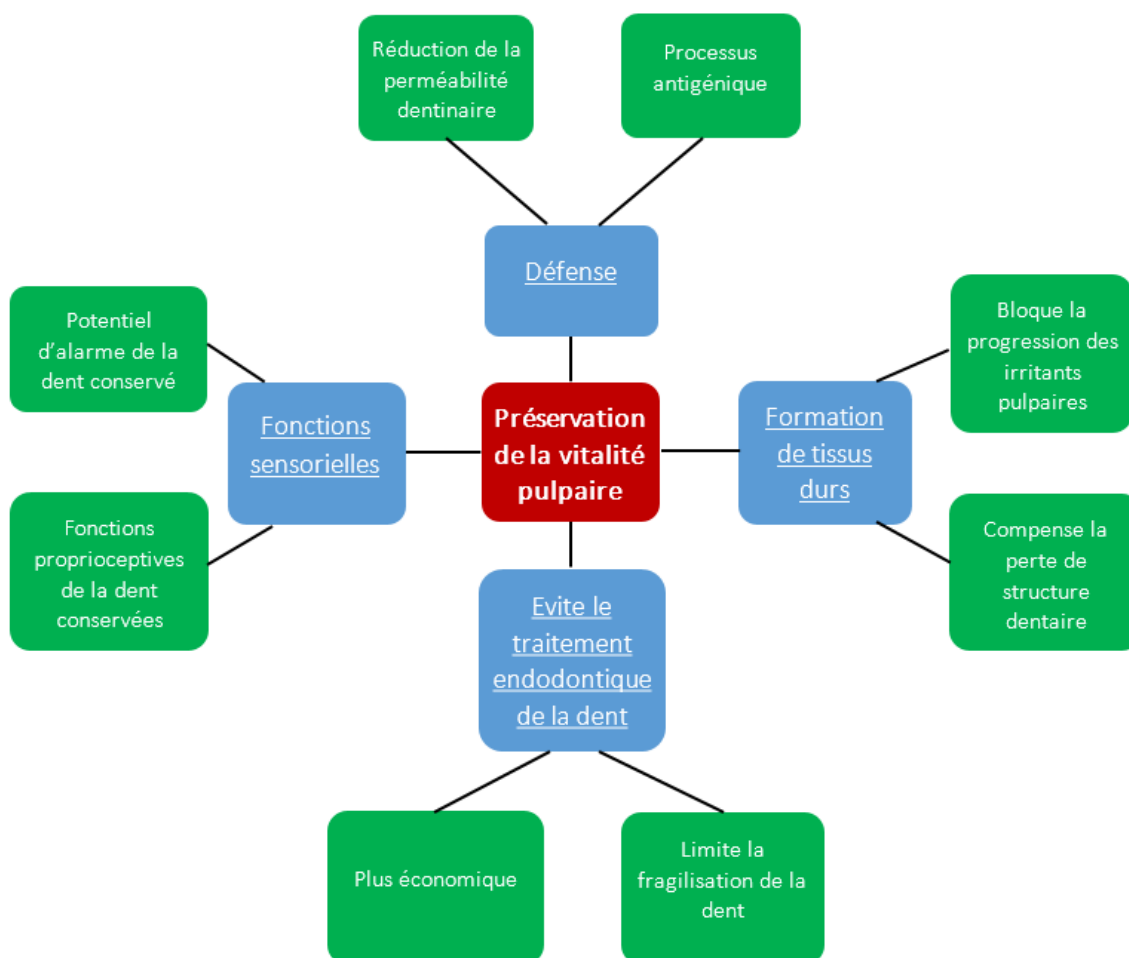


Figure 4 : Les bénéfices attendus à la préservation de la vitalité pulpaire. D’après Thomas et Kundabala, 2012.

3.2.1. La température intra-pulpaire

L’élévation de la température intra-pulpaire est un facteur pouvant altérer de manière irréversible la vitalité pulpaire lors de la préparation cavitaire (Thomas et Kundabala, 2012) (Figure 5).

L’augmentation de la température intra-pulpaire résulte de l’augmentation de la température au niveau du site d’excavation créée par le frottement de la fraise sur les tissus dentaires dès la mise en contact. Au contact de la dentine, l’instrument peut atteindre une température de 417°C (Thomas et Kundabala 2012).

Il a été prouvé qu’une augmentation de 5,5°C dans la chambre pulpaire entraînait une nécrose pulpaire dans la plupart des cas chez le singe (Zach et Cohen, 1963).

Beaucoup d'études considèrent cette augmentation de température comme une limite à ne pas dépasser pour préserver la vitalité pulpaire. En considérant une température corporelle théorique à 37,5°C, il faut donc que, durant toute la procédure sur la dent, la pulpe n'atteigne jamais la température critique de 43°C.

La différence de température constatée entre la zone de fraisage et la pulpe est due aux tissus résiduels. Ces tissus agissent comme un isolant thermique. Toutes les précautions sont donc à prendre à mesure que cette couche s'amointrit, puisque la pulpe devient de plus en plus sensible à l'élévation de température (Ottl et Lauer 1998; Oztürk et coll., 2004).

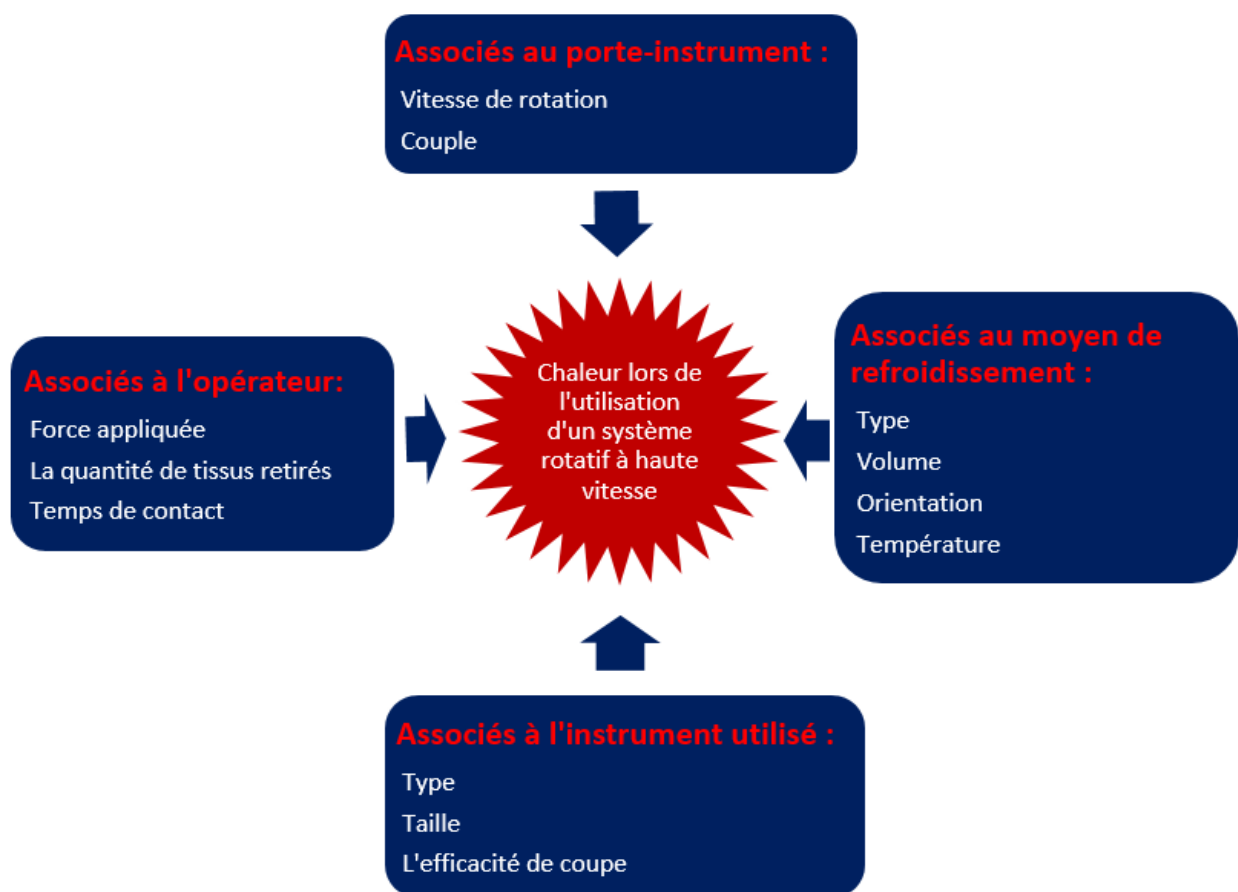


Figure 5 : Facteurs entraînant une augmentation de la chaleur durant l'utilisation d'un système rotatif à haute vitesse. D'après : Thomas et Kundabala, 2012.

3.2.1.1. La fraise

L'élévation de température lors de la procédure est multifactorielle (Figure 5). Différentes caractéristiques propres à la fraise permettent de contrôler le facteur température.

3.2.1.1.1. La taille

Il existe sur le marché une grande gamme en termes de tailles de fraise. Pour l'éviction carieuse, il est convenu que c'est la taille de la lésion carieuse qui va déterminer la taille de la fraise utilisée, prédite par la radiographie préopératoire, ou cliniquement, une fois l'accès à la dentine cariée réalisé (Gheorghiu et coll., 2017).

3.2.1.1.2. La forme

Habituellement, la forme de la fraise pour l'éviction carieuse sera ronde, appelée fraise boule (Gheorghiu et coll., 2017). Cette forme permet un contrôle du travail réalisé, uniquement sur les latéralités de la fraise, et non sur son extrémité où la vitesse est quasiment nulle.

De plus, cette forme est en adéquation avec la forme habituelle que prend la lésion carieuse au sein de la dentine. Elle n'entraîne pas d'angle vif au sein de la cavité créée, limitant les contraintes mécaniques pour la future restauration.

Enfin, avec une tige bien plus fine que la partie travaillante, le passage sous l'émail non soutenu sain est facilité et une conservation partielle de celui-ci est possible.

3.2.1.1.3. L'efficacité de coupe

Le temps de contact va jouer un rôle dans l'échauffement du tissu dentaire. Une fraise efficace va permettre de retirer un maximum de tissu carié en un minimum de temps, et donc de réduire le temps d'échauffement. *A contrario*, une fraise ayant une efficacité de coupe plus faible, va causer une élévation de la température pulpaire plus longue car le temps de fraisage va se trouver augmenté.

Par contre, un instrument avec un fort potentiel de fraisage va engendrer une température intra-pulpaire plus élevée, pouvant potentiellement devenir délétère pour l'organe dentaire. Lors de l'usage d'instruments très sécants, il est préférable de travailler par touches successives, sans trop de pression.

Dans une étude comparant la température engendrée par différentes fraises diamantées de granulométries différentes, l'élévation maximale de température intra-pulpaire a été de 3,2°C, soit en dessous de la température critique (Ottl et Lauer 1998).

L'efficacité de coupe paraît donc être un élément pouvant contribuer à une hausse de température, mais à elle seule, ne paraît pas suffisante pour engendrer une nécrose pulpaire.

3.2.1.2. Le Porte-Instrument Dynamique

3.2.1.2.1. L'irrigation

Pour lutter contre l'élévation de température durant les procédures d'éviction, il est primordial d'utiliser un système de refroidissement adéquat.

Un système de refroidissement par air utilisé seul est considéré comme insuffisant car il entraîne une élévation de température trop importante au niveau pulpaire, de 7,1 à 19,7°C (Oztürk et coll., 2004; Thomas et Kundabala, 2012).

Le refroidissement par un spray air-eau (water-cooling) permet un meilleur maintien de la température intra-pulpaire. D'ailleurs, le refroidissement par eau est le facteur le plus prépondérant sur l'élévation de température selon Watson et coll. (2000). Ce principe n'est vrai qu'à la condition que l'eau ait une température adéquate. Ottl et Lauer (1998) ont statué qu'une eau comprise entre 38°C et 43°C perdait son efficacité de refroidissement et qu'il était plus efficace d'utiliser une eau située entre 30 et 32°C pour éviter d'endommager la pulpe. Une autre étude considère que la température de l'eau doit être inférieure à 35°C, car la température intra-pulpaire excéderait alors les 43°C (jusqu'à 44,4°C atteint dans l'étude), le seuil critique de nécrose pulpaire (Thomas et Kundabala, 2012).

Une irrigation de 40 mL/min est considérée comme optimale et permet de conserver une température intra-pulpaire raisonnable, évoluant entre -1,8°C et +3,1°C, quel que soit le type d'instrumentation utilisé (Oztürk et coll., 2004; Ercoli et coll., 2009).

Afin d'obtenir de tels résultats, il faut néanmoins que le spray soit dirigé vers la partie travaillante de l'instrument et qu'il provienne de plusieurs arrivées simultanées au niveau de la tête du porte-instrument (Siegel et von Fraunhofer, 2002). De même, il

est nécessaire que l'irrigation soit constante et que la surface de contact entre la dentine et l'instrument soit continuellement mouillée (Thomas et Kundabala 2012).

De plus, le refroidissement par l'eau améliore l'efficacité des fraises et évite un assèchement des tissus dentaires, peu importe le type de fraise utilisé (Oztürk et coll., 2004).

En revanche, l'irrigation abondante lors du fraisage entraîne irrémédiablement une diminution notable de la visibilité. Cet inconvénient a été en partie résolu depuis la démocratisation des lumières au sein des PID, augmentant grandement la visibilité par un éclairage dirigé directement sur la zone de travail (Bhandary et coll., 2014). Il est à noter qu'il existe également des miroirs soufflants limitant l'effet néfaste de l'irrigation sur la visibilité lors de travail en vue indirecte.

3.2.1.2.2. La vitesse

La vitesse de rotation, transmise par le porte instrument à la fraise, joue un rôle dans l'élévation de température. Plus la vitesse est élevée, et plus la température maximale va être élevée. Ce phénomène est dû à la quantité de frottement par unité de temps, origine de l'élévation de température.

Watson et coll. (2000) ont trouvé les mêmes résultats dans leur étude, et ont statué qu'une vitesse de 10 000 tours/minute était la vitesse entraînant le moins d'échauffement, comparativement à des vitesses de 20 000, 100 000 et 200 000 tours/minute.

3.2.1.2.3. Le couple

Le couple (torque en anglais) est une force qui produit ou tend à produire une rotation (selon Meriam Webster). En dentisterie, le couple est donné par le système d'entraînement, qui peut être à air ou électrique.

Cette force permet de maintenir la vitesse de rotation de la fraise malgré les résistances engendrées par le contact avec les tissus dentaires, et permet un meilleur contrôle lors du fraisage.

L'utilisation de matériel avec un couple élevé montre une augmentation plus importante de température par rapport à ceux avec un couple plus faible (Watson et

coll. 2000). Cette différence est principalement due au comportement de l'opérateur, qui aura tendance à appliquer une force plus importante.

3.2.1.3. La force appliquée

Lorsque le dentiste travaille sur dent avec des instruments mécanisés ou manuels, il exerce une force afin que l'objet pénètre le tissu dentaire.

Cette force, si elle n'est pas maîtrisée, peut entraîner des dommages au niveau de la pulpe par l'intermédiaire d'une élévation de la température ou par la fragilisation des tissus résiduels.

L'étude d'Oztürk et coll. (2004) a mis en évidence qu'une pression de 125 g occasionne une hausse de température significativement plus élevée qu'une pression de 50 g.

3.2.2. Les vibrations

3.2.2.1. Aspect biologique

Selon certains auteurs, et même si le phénomène n'a toujours pas été scientifiquement expliqué, il existe une corrélation entre l'intensité des vibrations et de potentiels lésions au niveau des tissus dentaires, qui rendrait la procédure plus traumatique (Anic et coll., 2009; Rajakumar et coll., 2013).

L'utilisation d'un porte-instrument défaillant entraînera des vibrations trop importantes dues à une rotation irrégulière de la fraise, d'où découleront d'inéluctables lésions pulpaires, en plus de diminuer l'efficacité de la fraise (Thomas et Kundabala, 2012). L'utilisation d'une fraise mal calibrée ou déformée lors d'une utilisation antérieure aura les mêmes conséquences.

Cependant, le phénomène est non prépondérant lorsque le praticien utilise des instruments en bon état, mais il peut se surajouter à d'autres phénomènes d'irritation, tel que l'augmentation de température par exemple, pour induire des lésions irréversibles au niveau pulpaire (Oztürk et coll., 2004).

3.2.2.2. Confort pour le patient

Les vibrations induites par le fraisage des tissus dentaires sont considérées comme inconfortables et particulièrement désagréables pour les patients. Dans certaines situations, elles peuvent être à l'origine de douleurs pouvant nécessiter l'administration d'une anesthésie locale (Takamori et coll., 2003; Anic et coll., 2009).

Chez les patients de bas âge, les vibrations sont une source supplémentaire de non coopération, car l'enfant n'arrive pas à faire la différence entre sensation désagréable et douleur.

3.2.2.3. Confort pour le praticien

Le confort pour le praticien s'évalue sur le court et le long terme.

Sur le court terme et moyen terme, les vibrations peuvent, en fonction de l'intensité et de la fréquence d'utilisation, entraîner des pertes de sensibilités et des fourmillements au niveau de la main et des doigts.

Sur le long terme, « l'exposition régulière aux vibrations peut être à l'origine de troubles vasculaires, neurologiques et musculosquelettiques » (TMS) (Institut national de recherche et de sécurité, 2013). Il a été démontré, par Shahbazian et coll. (2009), que la vibration des instruments entraîne des troubles au niveau du sens tactile des dentistes et peut devenir préjudiciable pour son travail. Ces problèmes peuvent devenir persistants même après arrêt de l'exposition aux vibrations (Institut national de recherche et de sécurité, 2016).

Selon le CCHST (Centre Canadien d'Hygiène et de Sécurité au Travail), les vibrations au travail peuvent engendrer :

- accès de pâleur (blanchissement) d'un ou de plusieurs doigts exposés au froid ;
- picotement et perte de sensation dans les doigts ;
- perte de sensibilité tactile ;
- sensations de douleur et de froid entre les accès périodiques de doigt mort ;
- perte de force de préhension ;
- kystes des os des doigts et des poignets.

Toujours selon le CCHST, les vibrations au travail serait l'une des causes du phénomène de Raynaud (Centre canadien d'hygiène et de sécurité au travail, 2018), dû à l' « *endommagement des vaisseaux des doigts et de la main* » (Institut national de recherche et de sécurité, 2016).

3.2.2.4. Conclusion

Même s'il n'est pas un facteur prépondérant dans le choix d'une technique d'éviction, il reste néanmoins important d'essayer de limiter au maximum les vibrations lors de notre travail, pour la conservation de la vitalité pulpaire, pour le confort du patient et principalement pour le praticien dans sa pratique quotidienne.

3.3. Préservation des tissus dentaires

3.3.1. Efficacité de coupe

L'efficacité de coupe d'un instrument est sa capacité à éliminer de la substance dentaire en un temps donné. Plus un instrument est sécant (ou abrasif), plus son efficacité de coupe sera augmentée. De même, la vitesse de rotation va aussi augmenter l'efficacité de l'instrument.

En cariologie, le praticien souhaite que l'instrument puisse retirer l'ensemble de la lésion carieuse, de manière rapide et efficace, et avec lui un maximum de bactéries.

3.3.1.1. Sur tissus cariés

Comme vu précédemment, les tissus dentaires doivent être divisés en plusieurs parties :

- l'émail carié ;
- la dentine infectée ;
- la dentine affectée.

L'émail carié sera éliminé afin d'accéder à la substance dentinaire atteinte par la carie. On distinguera une forme de cône différemment orienté en fonction de la localisation :

- la pointe est dirigée vers la dentine lors de carie touchant les surfaces lisses ;
- la base est dirigée vers la dentine lors de carie touchant les sillons (Figure 6).

La dentine infectée devra être au maximum éliminée. C'est au niveau de ce tissu que l'efficacité de coupe devra être importante pour permettre une élimination totale de la partie irréversiblement atteinte par la lésion.

La dentine affectée, quant à elle, est un tissu à conserver. Pour limiter son élimination fortuite, il est important que l'instrument soit le moins capable possible, si ce n'est totalement inapte à éliminer ce tissu.



Figure 6 : Schéma de lésions carieuses amélaire en fonction de la localisation.

3.3.1.2. Sur tissus sains

Afin de fragiliser le moins possible la dent, le maximum de tissu dentaire sain doit être conservé. Pour des raisons d'accès à la dentine cariée, une partie des tissus sains doit être sacrifiée mais cette opération doit se faire *a minima* (Neves et coll., 2011a). Cette dernière est généralement réalisée :

- au niveau de caries occlusales, à cause de l'effet de sappe que réalise la lésion dentinaire sous l'émail (Figure 7) ;
- au niveau des cavités proximales lorsque l'accès doit se faire par la face occlusale (Figure 8).



Figure 7 : Schéma d'une lésion carieuse réalisant un effet de sape.



Figure 8 : Radiographie objectivant une lésion carieuse profonde sur la face mésiale de la dent 26. L'accès sera occlusal. Radiographie extraite du site du Dr Delannoy.

Au niveau du plancher de la cavité, l'instrument ne doit pas pouvoir retirer de tissu sain afin d'éviter tout risque d'effraction pulpaire pouvant être délétère pour la conservation de la vitalité pulpaire (Neves et coll., 2011a).

3.3.1.3. Discrimination dentine infectée/dentine affectée

Histologiquement, la lésion carieuse est divisée en 4 couches différentes :

- « une zone de destruction ;
- une zone d'invasion bactérienne ;
- une zone de déminéralisation ;
- une zone sclérotique ». (Usha et Ranjani, 2012)

Cliniquement, cette distinction n'est pas possible. Les deux premières zones sont alors regroupées en dentine infectée. Les deux dernières formeront la dentine affectée. Afin de respecter au mieux la théorie de Massler et de préserver un maximum de tissus, il faut que l'instrument utilisé puisse faire la distinction entre les 2 couches cliniques de tissus cariés (Corrêa et coll., 2007).

Il existe certaines variations cliniques qui peuvent permettre aux chirurgiens-dentistes de faire la différence entre les 2 couches. La couche infectée est dépourvue de sensibilité tactile contrairement à l'affectée. Une sensibilité peut donc être perçue par le patient si l'acte est réalisé sans anesthésie préalable, au moment où la dentine affectée est approchée (Divya et coll., 2015).

D'autre part, une différence significative en termes de dureté entre les différentes couches de l'odonte peut permettre un distinguo entre :

- l'émail : 350-430 KHN (Knoop Hardness Number) ;
- la dentine saine : 70-90 KHN ;
- la dentine affectée : 60-75 KHN ;
- la dentine infectée : 10-40 KHN. (Dammaschke et coll., 2006; Ashish, 2012; Di Cristofaro et coll., 2013; Toledano et coll., 2013; Gheorghiu et coll., 2017)

Usuellement, cette dernière est la caractéristique principale utilisée par les dentistes pour déterminer la fin de leur éviction carieuse. En effet, il est fréquent pour un praticien d'utiliser une sonde afin de « tester » la dureté du tissu pour déterminer l'avancement de son traitement (Freedman et Goldstep, 2003).

Les trois couches de dentine (saine, affectée et infectée) possèdent chacune une couleur différente. Ce changement de couleur peut permettre leur discrimination lors de l'éviction carieuse mais doit être utilisé avec parcimonie. En effet, si parfois la variation de couleur se repère facilement, elle est souvent bien plus délicate à observer. Il ne faut pas, dans ce cas, s'y fier, au risque d'éliminer la dentine affectée (Freedman et Goldstep, 2003; Neves et coll., 2011a). Enfin, la texture des tissus excavés peut aussi aider à déterminer quel tissu est retiré. La dentine infectée étant plus humide, elle collera à l'instrument alors que les tissus conservables formeront une poussière non adhérente (Neves et coll., 2011a).

Malgré tout, la détermination exacte de la fin de l'éviction carieuse, bien que théoriquement facile à identifier, est cliniquement difficile (Neves et coll., 2011a). Un instrument pouvant réaliser ce discernement pourrait donc permettre une meilleure conservation des tissus.

3.3.2. Présence de bactéries résiduelles

Le processus carieux est engendré par des bactéries présentes au sein de la cavité buccale et qui, par la présence de sucres, vont synthétiser un substrat acide déminéralisant les tissus dentaires. Ces bactéries sont nombreuses et variées, mais les principales étudiées sont *Streptococcus mutans* et *Lactobactilli* car elles sont cultivables et prépondérantes dans le processus carieux.

Par l'éviction carieuse, le praticien va pouvoir diminuer grandement le nombre de ces bactéries, ce qui aura pour but d'éviter toute reprise de carie et d'assainir la sphère buccale du patient.

En théorie, on pourrait considérer comme total une éviction carieuse du moment où le nombre de bactéries serait réduit à 0. En pratique, il est impossible d'éliminer la totalité des micro-organismes présents car même après le retrait total de toute la dentine « molle », il y a toujours persistance de bactéries (Kidd 2004; Lennon et coll., 2007). Alors que la plupart des auteurs s'accordent sur un nombre de 10^1 à 10^2 CFU/mL (Colony Forming Unit) de micro-organismes résiduel comme acceptable, d'autres considèrent une population allant jusque 10^4 CFU/mL comme non délétère (Kidd et coll., 1996; Isik et coll., 2010; Zakirulla et coll., 2011).

Bien que la réduction notable du nombre de bactéries présentes soit importante pour la pérennité du soin, il semblerait que la qualité de la restauration le soit encore plus. En effet, par le collage et l'herméticité du soin, les bactéries résiduelles se retrouvent emprisonnées, complètement confinées, hors de tout contact avec la cavité buccale et donc de tout nutriment (Lee et coll., 2003). Ces bactéries deviennent inactives et leur nombre continue à diminuer : le processus carieux ne peut se poursuivre (Weerheijm et Groen 1999; Frencken et coll., 2012; Schwendicke et coll., 2016). Oliviera et coll., (2016) restent plus sceptiques à cette idée et considèrent qu'un suivi plus long et des études plus approfondies doivent être réalisés à ce sujet.

3.3.3. Présence de dentine infectée résiduelle

Comme vu précédemment il est largement recommandé d'éliminer totalement le tissu dentaire infecté, pour éviter toute reprise carieuse sous la restauration.

De plus en plus, des notions d'excavation partielle émergent dans lesquelles le praticien laisse volontairement du tissu infecté et mou au niveau de la paroi pulpaire puis obture la cavité à l'aide d'un CVI ou d'une résine composite. Ces techniques, bien que n'ayant pas de recul suffisant, répondent parfaitement à la stratégie thérapeutique minimalement invasive car elles permettent une excavation moindre des tissus dentaires et surtout limitent le risque d'exposition accidentelle de la pulpe (Hevinga et coll., 2010), tout en diminuant le nombre de bactéries présentes sous la restauration (Singhal et coll., 2016). Des cas de reminéralisation de dentine infectée ont déjà été rapportés (Schwendicke et coll., 2016).

De telles possibilités thérapeutiques sont possibles grâce à l'adhésion toujours meilleure des matériaux adhésifs aux tissus dentaires. Il reste néanmoins nécessaire d'obtenir une épaisseur périphérique de tissus sains d'environ 1 à 3 mm afin d'isoler suffisamment la carie résiduelle et produire une force de collage assez importante (Yoshiyama et coll., 2002; Alleman et Magne 2012). La mise en place d'une restauration à la résine composite en contact avec de la dentine infectée ne montre pas de diminution des performances cliniques du matériau, selon Vijay Kumar et coll. (2012). Dans l'étude de Hevinga et coll. (2010), on peut malgré tout constater une nette diminution de la résistance à la fracture de la restauration lors d'excavation partielle. Cette technique s'est montrée prometteuse tant sur dents temporaires que définitives.

Selon Villat et coll. (2016), l'excavation partielle possède de nombreux avantages par rapport à l'excavation complète traditionnelle comme :

- une meilleure préservation de la vitalité pulpaire ;
- une économie à long terme ;
- un temps de travail plus court ;
- une préservation plus durable de la dent en bouche.

De plus, Mertz-Fairhurst et coll. (1998) n'ont constaté aucune disparité en termes d'échec de restauration lors d'un suivi à long terme de leur travail (10 ans), qu'il reste ou non du tissu dentaire carié sous le matériau. Par contre, une nette supériorité a été constatée pour les matériaux scellés comparativement aux non scellés (amalgame) lorsqu'il y a de la dentine infectée résiduelle.

Les techniques d'excavation partielle ne doivent pas être utilisées de manière systématique à la vue de leur faible recul clinique (Villat et coll., 2016). Elles doivent être privilégiées lors d'évictions carieuses où une exposition accidentelle de la pulpe semble très probable voire inéluctable, en absence de toute symptomatologie ou signes pulpaires. Dans ce cas, la balance bénéfice/risque paraît favorable à tous les niveaux car une effraction pulpaire avec une rupture de la couche des odontoblastes est de pronostic bien plus incertain (Schwendicke et coll., 2013).

En tout état de cause, il ne paraît donc pas nécessaire qu'un moyen d'éviction carieuse soit infaillible et retire l'ensemble du tissu infecté. Par contre, il est primordial d'obtenir une étanchéité suffisante de la restauration afin d'isoler les bactéries résiduelles et annihiler toute potentielle reprise carieuse (Schwendicke et coll, 2016).

3.3.4. Désinfection de la cavité

Précédemment, nous avons pu constater qu'il reste nécessairement des bactéries après la fin de l'éviction carieuse, et que celles-ci pourraient potentiellement engendrer une reprise carieuse si elles sont mal isolées, ou gardent un contact avec leurs nutriments. Afin de limiter ce problème, l'idée de désinfecter la cavité avant l'obturation à l'aide de différents produits a été introduite afin de diminuer le nombre de bactéries présentes. Parmi les molécules utilisées, les principales sont la Chlorhexidine, l'alcool, et plus récemment l'ozone et le laser.

- La Chlorhexidine :

La Chlorhexidine est un agent antiseptique à spectre large largement utilisé en odontologie. Pour la désinfection d'une cavité, son utilisation sous forme gluconate de Chlorhexidine s'utilise à une concentration de 2%. Après l'éviction carieuse et le mordantage, une micro-brosse imbibée est frottée sur les parois durant une minute, puis un séchage à l'air est réalisé.

L'utilisation de la Chlorhexidine permet une diminution voire une disparition de l'hypersensibilité dentaire selon Hajizadeh et coll. (2013), grâce à son effet antibactérien.

L'interaction entre la Chlorhexidine et les adhésifs est controversée. Lorsque certains auteurs s'accordent sur une diminution de l'efficacité des adhésifs (K Suma et coll., 2017), d'autres études démontrent une diminution des micro-fuites et une utilisation compatible de la Chlorhexidine avec les systèmes adhésifs avec une augmentation de la durabilité de la restauration (Ramezani Nik et coll., 2017). Ces disparités de résultats sont certainement dues à l'hétérogénéité des adhésifs utilisés dans les différentes études. En effet, l'étude d'Ebrahimi et coll. (2018) a pu démontrer une augmentation de l'efficacité d'un adhésif M&R (Mordançage et Rinçage) mais aucune sur un SAM (Système Auto-Mordançant), dans les mêmes conditions de réalisation.

Selon Farag et coll. (2009), il n'est pas utile de désinfecter à la Chlorhexidine avant l'application de CVI dans la technique ART, vu la performance des restaurations. Cependant, aucune différence significative n'a été démontrée dans cette étude. De plus, l'action de la Chlorhexidine reste limitée et aucune action sur *Lactobactilli* n'a été démontrée (Ersin et coll., 2006).

- L'alcool :

L'alcool est un antiseptique mais aussi un agent déshydratant. De ce fait, il va déshydrater la dentine et va remplacer l'eau présente dans les canalicules. Cette opération va permettre à la résine de pénétrer plus profondément dans la dentine et créer une couche hybride plus importante. De ce fait, l'alcool va améliorer l'adhésion au tissu dentinaire en diminuant les micro-fuites et l'espace entre les tissus et le matériau (Ramezani Nik et coll., 2017).

Ramezani Nik et coll. (2017) ont statué que l'utilisation d'alcool pure (100%) montrait de meilleurs résultats que la Chlorhexidine. L'utilisation des 2 produits de façon consécutive n'est pas nécessaire et n'entraîne aucune amélioration significative.

- L'ozone :

L'ozone O₃ (dérivé de l'oxygène) possède des propriétés antiseptiques, éliminant les bactéries cariogènes principalement anaérobies par oxydation des parois cellulaires (Baysan et coll., 2000). Cette molécule peut être utilisée sous différentes formes (aqueuse, gazeuse, huile) mais la forme gazeuse est la plus adaptée en cariologie.

L'utilisation de l'ozone en tant que désinfectant diminue de façon significative le nombre de micro-organismes présents et stimulerait la reminéralisation (Baysan et coll., 2000; Azarpazhooh et Limeback, 2008). L'ozone n'a aucun effet sur la force d'adhésion des adhésifs, que ce soit sur l'émail ou la dentine (Schmidlin et coll., 2005; Azarpazhooh et Limeback, 2008). Par contre son utilisation nécessite un plateau technique conséquent (générateur à ozone) et son utilisation augmente le coût du soin. Par ailleurs, aucune preuve de son efficacité *in vivo* n'a été établie pour cette utilisation.

- Le laser :

Le laser peut être utilisé pour désinfecter les cavités, mais aussi pour traiter les lésions carieuses de manière non mécanisée. Ce dispositif est onéreux et moins efficace que la Chlorhexidine pour la désinfection (Sancakli et coll., 2018). Il n'est donc pas recommandé d'utiliser un laser pour cette application.

- Conclusion :

Vu que la présence résiduelle de bactéries n'entraîne pas de reprise carieuse si la restauration est conformément réalisée, la désinfection de la cavité paraît inutile et entraîne une perte de temps (Frencken et coll., 2012). De plus, l'action des désinfectants est limitée à la dentine exposée et n'auront pas une action en profondeur (Schwendicke et coll., 2016).

Par contre, leur utilisation a montré :

- une amélioration notable de la tenue des restaurations collées pour l'alcool, plus controversée pour la Chlorexidine ;
- une diminution des sensibilités dentaires pour la Chlorexidine ;
- et une stimulation de la reminéralisation pour l'ozone.

Il peut donc être intéressant de les utiliser pour ces propriétés comparativement au temps supplémentaire nécessaire pour les mettre en œuvre (environ 1 minute).

3.3.5. Détermination de la limite carieuse

Afin d'apprécier la fin de l'éviction carieuse et dans un souci de conservation tissulaire, plusieurs moyens sont à la disposition du praticien.

- Les sens tactile et visuel du praticien

Traditionnellement utilisée, cette technique possède l'avantage de ne demander aucun instrument particulier à l'exception d'une sonde droite. Le praticien va donc juger de la présence ou non de dentine infectée par l'aspect visuel des tissus : teinte, humidité (Isik et coll., 2010; Schwendicke et coll., 2016). Par le biais de la sonde, il va exercer une pression sur ces mêmes tissus pour ressentir leur dureté (Freedman et Goldstep, 2003). Par contre, l'obtention du cri dentinaire, le son que fait la sonde au contact de la dentine saine, n'est pas nécessaire et signe une sur-préparation par le retrait de la dentine affectée.

Cette technique, bien que très utilisée, reste néanmoins non reproductible, subjective et demande une certaine expérience du professionnel (Medioni et coll., 2016). De plus, certaines zones sont d'accès difficiles ou non visibles, aisément sous ou sur-préparées. Enfin, il est à noter que la dureté des tissus est variable en fonction des différentes couches de dentine (secondaire ou tertiaire) ainsi qu'entre les tissus des dents temporaires et permanentes.

- L'utilisation d'un détecteur de carie

Le détecteur de carie est un produit teinté à base de propylène glycol. Une fois appliqué dans la cavité et rincé, le produit qui a imprégné les tissus cariés va les faire apparaître d'une couleur distincte (bleue ou rouge par exemple).

Cette gamme de produit fonctionne en colorant la matrice organique présente dans les tissus. De ce fait, la jonction amélo-dentinaire se verra aussi colorée ainsi qu'une partie de la dentine affectée à cause d'une minéralisation moindre de ces tissus (Frencken et coll., 2012). De par leur partielle fiabilité (Medioni et coll., 2016), la résultante de leur utilisation va être une sur-préparation de la cavité pouvant entraîner des expositions pulpaires accidentelles (Kidd et coll., 1993; Lennon et coll.,

2007). De plus, leur utilisation demande des applications répétées car ils ne colorent que superficiellement les tissus, augmentant le temps opératoire.

L'utilisation d'un détecteur doit donc se faire astucieusement et en corrélation avec le sens tactile. Ils peuvent se révéler utile dans le cadre de cavité difficile d'accès.

- Instrumentation dédiée (DIAGNOdent, FACE)

FACE (Fluorescence Aided Caries Excavation) est une instrumentation spécifique utilisant la fluorescence pour aider au diagnostic et à l'éviction carieuse. Ce système utilise une longueur d'onde particulière d'environ 400 nm, émettant une lumière violette à la sortie du porte-instrument. Cette onde va stimuler l'autofluorescence naturelle des tissus dentaires qui vont apparaître vert lorsqu'ils sont sains et rouges lorsqu'ils sont infectés par la carie (Lennon et coll., 2009). Cet appareil a prouvé son efficacité tant en termes de qualité d'excavation que de temps clinique, chez l'enfant et l'adulte, diminuant la taille moyenne de la cavité (et donc la quantité de tissus retirée) par rapport aux autres techniques citées précédemment (Lennon et coll., 2006, 2007, 2009). En revanche, un certain investissement doit être fait par le praticien.

DIAGNOdent fonctionne d'une façon similaire à FACE. Au lieu de donner une différence de couleur directement sur les tissus, les informations vont être transmises à un système électronique qui va numériquement quantifier la fluorescence (entre 0 et 99). Ce système, bien moins fonctionnel, ne semble pas adapté à la détermination de la fin d'éviction carieuse selon Neves et coll. (2011b). Cet appareil reste plus approprié pour le diagnostic carieux et le suivi de reminéralisation en raison de sa quantification numérique.

Il existe également d'autres systèmes avec des procédés similaires, non traités ici, tels que PTR-LUM ou Soprolife par exemple.

- Conclusion :

La limite réelle de fin d'éviction carieuse, bien que théoriquement très facile à déterminer, est difficile à respecter cliniquement. Même si plusieurs avancées ont été réalisées pour tendre vers ce point, aucune n'y arrive réellement. La technologie FACE semble s'y approcher mais demande un plateau technique spécifique.

De ce constat, il peut paraître judicieux que l'instrument d'éviction carieuse soit développé avec une caractéristique propre lui permettant de faire lui-même la distinction entre les tissus dentaires et de préserver les tissus conservables. De ce fait, les atteintes iatrogéniques des tissus sains seraient inexistantes.

3.4. Adéquation avec le collage

3.4.1. Le collage sur les différents substrats dentinaires

La correcte restauration de la dent après éviction carieuse est primordiale. Elle va permettre un rétablissement de la forme, de la fonction, de l'esthétique, de la protection de la pulpe et de l'hygiène optimale de la zone (Frencken et coll., 2012; Schwendicke et coll., 2016). Par conséquent, la cavité doit être en adéquation avec les procédures de restauration en plus de répondre au principe d'économie tissulaire (Cardoso et coll., 2008). La mise en place des matériaux ne doit donc pas être limitée par une faible entrée amélaire par exemple, qui empêcherait le matériau d'obturer l'ensemble de la cavité.

Les résines composites et les CVI sont des matériaux de restauration collés aux tissus dentaires. Pour les CVI, l'adhésion est chimique et inhérente au produit mais pour les résines composites, il est nécessaire d'utiliser un adhésif spécifique qui va faire la jonction entre le matériau et la dent. Cet intermédiaire va recouvrir les surfaces dentaires et pénétrer dans les canalicules dentinaires entraînant une cohésion de l'ensemble : c'est la couche hybride. L'adhésif va aussi pénétrer dans le collagène inter-tubulaire de la dentine déminéralisée (Banerjee et coll., 2000). Cliniquement, la principale zone de fragilité est cette couche adhésive. Plus rarement, les fractures se localisent dans la résine composite ou l'organe dentaire (Eick et coll., 1972). L'application de ces matériaux doit se faire sur une dentine humide, légèrement asséchée car une humidité trop importante diminuerait la force de collage en inhibant la polymérisation (Umino et coll., 2006; Amsler et coll., 2015). *A contrario*, une dentine totalement sèche voit un effondrement de sa matrice collagénique avec une diminution importante de l'efficacité du collage et une absence de couche hybride (Nakajima et coll., 2000). Dans tous les cas, il est primordial de respecter les données du fabricant lors de leur utilisation.

Inoue et coll., (2006) ont démontré une très forte équivalence de collage entre la dentine affectée et la dentine saine. Cette similarité est retrouvée tant au niveau de la couche hybride, qu'au niveau de la surface de collage avec la résine composite. La force de collage est de 25 MPa pour la dentine affectée contre 29 MPa pour la dentine saine, mais cette différence n'est pas significative. Des résultats différents ont été trouvés par Yoshiyama et coll. (2002), montrant une différence significative du collage sur dentine saine et affectée, en défaveur de la dentine affectée, avec par ailleurs une couche hybride plus épaisse. (Neves et coll. 2011b) ont également trouvé une différence significative entre les 2 surfaces, avec respectivement une force de collage de 35 et 41 MPa pour la dentine affectée et saine. Ces disparités peuvent être attribuées à des conditions différentes d'étude, comme la méthode de préparation des cavités ou encore aux différents adhésifs utilisés (Ogata et coll., 2002). Malgré tout, la diminution de la minéralisation et la modification de la trame collagénique dans la dentine affectée explique la plus faible force de collage (Neves et coll. 2011a). Plusieurs études montrent que la résistance à la facture et la force de collage est bien moindre sur la dentine infectée, dues à une matrice collagénique totalement désorganisée et une déminéralisation bien plus importante (Yoshiyama et coll., 2002; Hevinga et coll., 2010).

Il paraît donc très important que la zone périphérique soit constituée d'un bandeau de tissus sains (dentine et émail) afin d'obtenir la meilleure résistance possible avec une force de collage optimale permettant l'obtention d'un soin pérenne, tout en restant un maximum conservateur (Neves et coll. 2011a).

3.4.2. Gestion des boues dentinaires et de la pellicule exogène acquise

La boue dentinaire (*smear layer* en anglais) est un résidu adhérent aux surfaces dentaires lié à la taille de ces dernières. Elle forme un mélange de bactéries, d'émail et de dentine fermement lié à la dentine (Vadiakas et Oulis, 1994; Oliveira et coll., 2003).

Quant à elle, la pellicule exogène acquise (PEA) est un dépôt protéique naturellement présent sur l'émail qui va entraver le contact entre l'adhésif et l'émail.

- Sur l'émail :

Au niveau de l'émail, il est nécessaire de réaliser une étape préalable de mordantage à l'acide phosphorique à 37% pendant 30 secondes. Cette étape permet une élimination de la PEA et une amélioration de la force de collage par la création de micro-anfractuosités. Cette technique est communément admise et a largement démontré son efficacité.

- Sur la dentine :

Cette couche de boues dentinaires recouvre entièrement la surface et obstrue les canalicules dentinaires, empêchant les monomères adhésifs d'y pénétrer. La couche hybride est de ce fait plus difficile à obtenir et de moins bonne qualité, ce qui diminue la force d'adhésion. Il est à noter qu'une couche hybride même de faible épaisseur permet un collage efficace (Tay et coll., 2000; Kenshima et coll., 2005). L'instrument utilisé va influencer les caractéristiques de la *smear layer* obtenue, modifiant donc le substrat dentinaire de collage (Ayad, 2001). La quantité de *smear layer* à la suite de l'éviction carieuse jouerait un rôle dans l'adhésion (Gheorghiu et coll, 2017).

Un retrait de la *smear layer* permet donc une meilleure efficacité des agents adhésifs utilisés lors de la reconstitution de la dent par résine composite (Vadiakas et Oulis, 1994; Oliveira et coll., 2003). Sa formation mais aussi son élimination est initiée par élimination mécanique au fur et à mesure du fraisage. Elle peut ensuite être finalisée par l'usage d'acide phosphorique à 37% pendant 15 secondes afin d'éliminer tous débris résiduels et obtenir une surface dentinaire « propre », et des canalicules dentinaires ouverts (McInnes-Ledoux et coll., 1987; Dias et coll., 2004; Shahbazian et coll., 2009). Ce procédé est employé dans les systèmes d'adhésion M&R. Ces systèmes de collage sont les premiers à avoir vu le jour et sont encore aujourd'hui utilisés. De par l'élimination totale des boues dentinaires, ces systèmes possèdent l'avantage d'être reproductible et d'avoir des résultats sensiblement identiques entre les différentes marques (Oliveira et coll. 2003). Une distinction est néanmoins perceptible lors de la simplification de la procédure de 3 temps en 2 temps en utilisant un primaire d'adhésion mélangé à l'adhésif, diminuant généralement les performances de collage obtenues.

Une autre solution est l'emploi d'un SAM, où un adhésif possédant un primaire acide permettant une dissolution partielle des boues dentinaire est utilisé. Ces systèmes ont un primaire plus ou moins acide (de pH plus ou moins bas), ce qui permet leur classification en trois groupes distincts : faible, modéré, agressif (Tay et Pashley 2001; Kenshima et coll., 2005). La valeur de pH va établir la quantité de boues dentinaires dissoutes (Umino et coll., 2006). Ce type d'adhésif possède l'avantage de simplifier la procédure de collage en diminuant le nombre d'étapes nécessaires (mordançage et primaire réunis) (Rirattanapong et coll., 2015). Il permet aussi une diminution des sensibilités post-opératoires par la persistance de *smear layer* entraînant l'obstruction résiduelle des canalicules dentinaires et une irritation moins importante de la pulpe par l'acide (Oliveira et coll., 2003). De plus, il diminue le risque de séchage excessif de la dentine (Kenshima et coll., 2005; Pereira Nogueira et coll., 2012). Par contre, les bactéries présentes dans le résidu seront intégrées dans l'adhésif, ce qui pourrait potentiellement avoir un effet délétère sur la pulpe si l'obturation manque d'étanchéité.

Selon De Munck et coll. (2005), les systèmes M&R en 3 temps restent la procédure de choix en termes de durabilité de restauration, suivi par les systèmes SAM en 2 temps. Il semble donc que l'application du primaire d'adhésion doit rester une étape à part entière de la procédure de collage.

Kenshima et coll. (2005) affirment que les SAM avec un primaire agressif créent une couche hybride de même épaisseur que les M&R.

Les différents moyens d'éviction carieuse actuels créent des boues dentinaires avec des valeurs d'épaisseur (de 0,9 à 2,6 μm), de composition et surtout de densité différentes (Dias et coll., 2004; Kenshima et coll., 2005; Sattabanasuk et coll., 2007; Yiu et coll., 2008). Des boues dentinaires plus compactes semblent altérer bien plus intensément le collage du fait d'une impossibilité de pénétration des monomères résineux dans la dentine. Ces facteurs peuvent interférer avec le collage des systèmes auto-mordançant, les systèmes M&R éliminant totalement la *smear layer* ne sont pas concernés (Oliveira et coll., 2003; Kenshima et coll., 2005).

Il est donc très important de choisir sa procédure de collage en fonction de son moyen d'excavation (Oliveira et coll., 2003; Rirattanapong et coll., 2015). Le praticien va plutôt privilégier un système M&R lors de dépôts importants et denses, ou lorsque

la distance avec la pulpe est plus importante. Si la carie est profonde et l'excavation proche de la pulpe avec un substrat compatible, il sera plus judicieux d'utiliser un SAM pour limiter les sensibilités post-opératoires. Enfin, l'utilisation de SAM peut être utile en pédodontie pour son gain de temps, ou lors d'excavation partielle car les systèmes SAM et M&R sont aussi performants sur la dentine cariée (Neves et coll. 2011a; Rirattanapong et coll. 2015).

3.4.3. État de surface final

L'état de surface va directement être corrélé au moyen d'éviction carieuse et à son utilité. En effet, en travaillant, l'instrument va laisser sa marque sur les tissus dentaire. Plus l'instrument sera séquent et plus les traces seront prononcées et profondes, et donc plus la surface dentaire sera irrégulière (Yiu et coll., 2008).

Sur l'émail, une surface lisse sera non rétentive et très peu adhésive. Même si le mordantage va rendre la surface plus irrégulière et augmenter la surface de collage, une fraise abrasive va pouvoir contribuer à cet objectif. Par contre, l'utilisation de fraise diamantée de grosse granulométrie montre une perte d'efficacité de collage par l'arrachage de prisme d'émail et par une augmentation des contraintes de friction. De ce fait, elles sont à éviter (Jung et coll., 1999). Il est à noter qu'aucune corrélation significative n'est à déplorer entre le moyen de fraisage de l'émail et l'efficacité de collage sur celui-ci (Jung et coll., 1999).

Sur la dentine, le processus de collage répond à des besoins différents. En effet, c'est la pénétration de la résine dans les canalicules, en créant une couche hybride, qui va permettre d'obtenir un collage satisfaisant. Du fait de ce constat, l'état de surface ne paraît donc pas être important mais certains auteurs ont démontré qu'il influait sur la qualité du collage (Banerjee et al. 2000a; Semeraro et al. 2006; Sattabanasuk et al. 2007). En effet, même si de prime abord une rugosité augmentée peut paraître profitable par une augmentation de la surface de contact (Al-Omari et coll., 2001), un état de surface lisse augmente significativement la qualité du collage (Ayad et coll., 2011; Luque-Martinez et coll., 2013; Gheorghiu et coll., 2017). Une surface plus rugueuse et irrégulière entraîne la création de bulles d'air emprisonnées au sein de l'adhésif car il ne peut pas être parfaitement appliqué, diminuant significativement l'adhésion au substrat dentaire et augmentant le risque de rupture (Eick et coll., 1972; Al-Omari et coll., 2001). Semeraro et coll. (2006) ont

pu constater une meilleure force de collage en utilisant des fraises diamantées de granulométrie plus petite, notamment grâce à une augmentation de la porosité intertubulaire. Néanmoins, ces différences restent faibles et ne semblent pas interférer grandement dans la procédure de collage (Al-Omari et coll., 2001).

3.5. Confort pour le patient

3.5.1. Nécessité d'anesthésie

L'anesthésie locale est souvent utilisée en cabinet dentaire lors de divers actes notamment le traitement de lésions carieuses. Elle permet le silence clinique et l'amélioration du confort du patient lors du soin.

Banerjee et coll. (2000) et plus récemment Kochhar et coll. (2011) ont listé les facteurs pouvant entraîner une douleur ou un inconfort chez le patient lors d'une éviction carieuse :

- « sensibilité de la dentine saine ;
- pression exercée sur la dent ;
- vibration et bruit transmis à l'os ;
- le bruit élevé de la turbine ;
- augmentation de la température de surface ».

L'anesthésie locale est un moment généralement redouté par les patients qui viennent au cabinet pour des soins. Par ailleurs, dans l'étude faite par Leal et coll. (2013), l'instrument entraînant un plus haut niveau d'anxiété est la seringue d'anesthésie. Selon les patients, l'acte le plus redouté reste le traitement d'une lésion carieuse, avant l'anesthésie et l'avulsion dentaire (Berggren et Meynert, 1984; Nadanovsky et coll., 2001). L'anesthésie en vue du nettoyage d'une lésion carieuse semble donc être difficile à accepter pour les patients.

En dentisterie pédiatrique, il est parfois difficile de recourir à l'anesthésie locale car l'enfant est souvent craintif de ce qu'il ne connaît pas. La « piqûre » reste donc difficile, tant en dentaire que dans le domaine médical (Sixou et coll., 2010).

En tout état de cause, l'anesthésie ne semble pas être une étape obligatoire du traitement d'une lésion carieuse. En effet, de par sa structure cristalline, aucune innervation n'est présente dans l'émail qui peut être fraisé sans anesthésie

(Freedman et Goldstep, 2003). Au niveau de la dentine saine et affectée, des réactions pulpaires peuvent être ressenties lors de l'ouverture de canalicules, par le biais des mouvements de fluide présent et les prolongements odontoblastiques. Au niveau de la dentine infectée, la structure dentinaire est totalement modifiée, abolissant tout le système de défense par la douleur. De ce fait, son éviction peut se faire sans anesthésie, du moment où les tissus intacts ne sont pas lésés. Par contre, l'utilisation de système rotatif augmente le bruit et les vibrations qui peuvent générer de l'inconfort ou de la douleur par le biais de l'os (Malmström et coll., 2003; Frencken et coll., 2012).

Il pourrait donc être intéressant de posséder au cabinet un moyen d'éviction carieuse ne nécessitant pas d'anesthésie locale. Il serait grandement utile dans le cadre de la dentisterie pédiatrique, de patient anxieux ou pour les rares patients où l'anesthésie n'est pas possible (allergie, contre-indications). Il semble en effet non utile d'avoir recours à l'anesthésie du moment où les tissus sains sont respectés.

3.5.2. Douleurs post-opératoires

Les douleurs post-opératoires sont un phénomène plutôt fréquent en dentisterie. Environ 3 patients sur 10 en subiront à la suite d'un traitement de carie restaurée à la résine composite (Briso et coll., 2007; Hajizadeh et coll., 2013); ces douleurs pouvant nécessiter une prise de médicament antalgique ou anti-inflammatoire. Cette réaction est due aux traumatismes reçus par les tissus lors de la procédure de soin, entraînant une inflammation occasionnée par différents facteurs (Gazal et Al-Samadani, 2017).

- Taille de la cavité :

On reporte aisément une augmentation des douleurs post-opératoires lors de cavités touchant plusieurs faces. Dans l'étude de Briso et coll. (2007), une cavité mésio-occluso-distale occasionnait des sensibilités post-opératoires dans 26.19% des cas, contre 15% environ pour une cavité touchant 2 faces (mésio-occlusale ou disto-occlusale) et 5% lors d'une cavité occlusale.

La profondeur semble également jouer un rôle dans l'occurrence des sensibilités. La dentine possède des canalicules dentinaires en plus grande quantité et de plus gros

diamètre à mesure que l'on se rapproche de la pulpe, augmentant de fait la réaction à tout type d'agression (Freedman et Goldstep, 2003; Oztürk et coll., 2004).

Enfin, tout effet indésirable sur la pulpe (cf. 3.2) va pouvoir engendrer une potentielle douleur post-opératoire par irritation pulpaire.

- Réalisation et défaillance du soin :

L'utilisation d'un système M&R augmente les risques d'une hypersensibilité comparativement à un système SAM (cf. 3.4.2.).

De plus, des hypersensibilités dentaires après une restauration collée peuvent présager d'une fracture et d'une anomalie au niveau du collage (Ramezani Nik et coll., 2017). La pression exercée sur le matériau lors de sa mise en place va également engendrer des changements hydrodynamiques qui peuvent stimuler les récepteurs nociceptifs de la pulpe (Freedman et Goldstep, 2003; Hajizadeh et coll., 2013).

3.6. Propriétés secondaires

3.6.1. Durabilité de la fraise

Les doléances en termes de longévité d'une fraise dépendent de leur conditionnement :

- La fraise à usage unique

L'utilisation d'une fraise à usage unique doit permettre l'excavation complète de lésions carieuses avec une efficacité de coupe restant convenable du début à la fin de la procédure.

Selon Rotella et coll. (2014), le terme d'usage unique correspond plutôt au travail dans la bouche d'un patient, qu'au travail sur une dent, ces fraises ayant la capacité de préparer aisément plusieurs dents sans perte significative d'efficacité.

- La fraise réutilisable

La fraise réutilisable, quant à elle, doit être en mesure de supporter les cycles de stérilisation sans se détériorer, et permettre un maximum d'excavation carieuse avec

une efficacité de coupe sensiblement identique entre chaque utilisation. Elle peut, au besoin, être amenée à être aiguisée afin de conserver au mieux son efficacité.

3.6.2. Bruit et nuisance sonore

Le bruit issu du travail va avoir un impact négatif tant sur les patients que sur les praticiens. L'exposition prolongée à des sons aigus et élevés va pouvoir entraîner une perte significative de l'audition, mais également augmenter la fatigue auditive et le stress pour le praticien. De plus, cette exposition aura des effets délétères sur le corps entier tels que sur :

- « le système cardiovasculaire ;
- le système respiratoire ;
- le système endocrinien ;
- le système digestif ;
- le système immunitaire ;
- le système nerveux ». (Mousquès, 2014)

Au niveau des patients, il va générer du stress et augmenter l'inconfort.

De ce fait, il paraît important de limiter le bruit occasionné lors des procédures de fraisage, l'utilisation des PID étant l'un des facteurs les plus émetteurs de bruit (Anonyme, 2012).

3.6.3. Coût

Le coût du matériel est un facteur prépondérant dans l'équilibre financier d'un cabinet dentaire mais ne doit pas être une raison de non-utilisation d'un instrument, si celui-ci est supérieur aux autres.

Le coût sera intimement lié à la durabilité car le coût à l'achat doit être recoupé avec le nombre de procédures réalisées.

Pour les instruments à usage unique, c'est le prix à l'achat qui sera pris en compte. Il est généralement inférieur à celui des instruments réutilisables (Rotella et coll., 2014).

3.6.4. Temps opératoire

Même si la durée de l'éviction doit être en adéquation avec le planning du cabinet dentaire, le temps opératoire reste une donnée accessoire. En effet, il est préférable de passer plus de temps si le résultat attendu est de meilleure qualité.

Le temps nécessaire à la procédure est difficile à comparer. En effet, celle-ci est directement liée à la taille de la cavité. Une cavité plus petite prendra logiquement moins de temps à être nettoyée qu'une grosse (Celiberti et coll., 2006). De ce fait, comparer 2 types d'instrumentation est très compliqué car la taille d'une carie varie indéniablement d'une lésion à une autre.

4. LES PORTES INSTRUMENTS DYNAMIQUES

Lors du traitement d'une lésion carieuse de façon mécanisée, le chirurgien-dentiste utilise communément un instrument à haute vitesse pour retirer de l'émail et accéder à la carie. Puis il réalise l'éviction de la dentine cariée à plus basse vitesse (Divya et coll., 2015). Pour entrainer la fraise, 2 principaux systèmes existent et diffèrent sur certains points : les turbines et les contre-angles. Dans les 2 cas, l'instrumentation doit répondre aux exigences listées dans la norme ISO 14 457 (ISO, 2018).

4.1. Les turbines

Les turbines sont des PID avec un système d'entraînement à air. La pédale au pied du praticien va permettre d'envoyer plus ou moins d'air à l'intérieur de la turbine ce qui va faire varier la vitesse de rotation, avec une vitesse maximale de 400 000 rotations par minute. De par son entraînement, la turbine ne possède qu'un très faible couple et sa vitesse va influencer dès le contact avec un matériau (dentaire ou non). Lorsque qu'une force est appliquée par le praticien, cette perte de vitesse va s'accroître et peut aller jusqu'à l'arrêt de la rotation de la fraise (Watson et coll., 2000; Bhandary et coll., 2014). Il s'avère donc nécessaire de travailler par touche successives afin de limiter les variations de vitesse et de garder le contrôle du fraisage (Watson et coll., 2000). Lorsque le praticien retire le pied de la pédale pour arrêter la rotation, la fraise continue à tourner quelques secondes, obligeant le dentiste à être prudent pour limiter toute atteinte iatrogène des tissus mous et durs (Bhandary et coll., 2014).

Ce système d'entraînement motorisé est plus ancien que le contre-angle. Il est plus basique et son anatomie interne l'est également. Cela fait de la turbine un instrument plus abordable financièrement. D'abord fabriquées en laiton, elles ont ensuite été en acier inoxydable pour les rendre plus solide mais plus lourde. Actuellement, elles sont composées de titane, qui leur confère de meilleures propriétés : résistance à la stérilisation, légèreté et robustesse (Bhandary et coll., 2014).

Toutes les fraises ne sont pas adaptées pour être montées sur une turbine car le rotor n'accepte que les fraises à embouts lisses. Les fraises possédant un méplat ou une gorge ne pourront pas être utilisées (Naute, 2014).

4.2. Les contre-angles

Les contre-angles sont quant à eux entraînés par un micromoteur ou directement par un système électrique. Lors de l'utilisation d'un micromoteur, celui-ci va transformer l'énergie arrivant par air en énergie électrique. La vitesse à la sortie du micromoteur varie entre 25 000 et 40 000 tours/minute. Le contre-angle va ensuite utiliser cette énergie pour entraîner la fraise. Comme pour la turbine, l'action sur la pédale va faire varier la vitesse de rotation. Enfin, sur certains units, ou sur les systèmes électriques, il est possible de déterminer la vitesse de rotation maximale délivrée ou encore le couple.

Pour plus de précision dans la vitesse de rotation, les contre-angles peuvent être réducteur ou amplificateur de la vitesse donnée par le micromoteur. Des bagues de différentes couleurs présentent sur le corps du contre-angle stipulent du rapport (Tableau 3).

Tableau 3 : Les différents contre-angles et leur vitesse maximale de rotation (sur la base d'un micromoteur délivrant une rotation de 40 000 tours/min).

Couleur de la bague	Réducteur ou amplificateur	Rapport d'amplification	Vitesse maximale (en tours par minute)
Rouge	Amplificateur	1 : 5	200 000
Bleue	Aucun effet	1 : 1	40 000
Verte	Réducteur	2 : 1	20 000
Double Verte	Réducteur	10 : 1	4 000

Ce système possède un couple bien plus important permettant de conserver une vitesse constante de l'instrument durant les différentes procédures, peu importe la pression exercée. Le couple aurait aussi la faculté d'aider la fraise à se débarrasser des débris (Watson et coll., 2000). De plus, la fraise s'arrête dès que le praticien n'appuie plus sur la pédale, contrairement à la turbine.

Les contre-angles possèdent la faculté d'être utilisé dans les sens horaire et antihoraire.

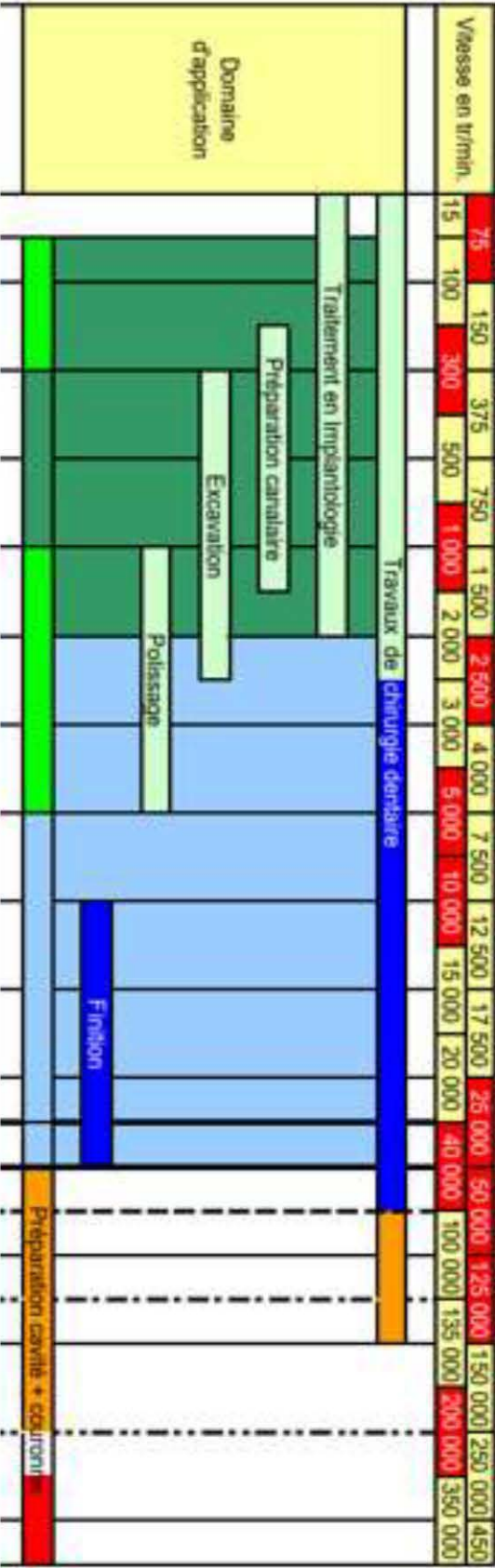
Les différents types de contre-angles n'acceptent que certaines fraises. Le contre-angle bague rouge travaillera avec des fraises à embouts lisses (comme la turbine) alors que les autres contre-angles ne travailleront qu'avec des fraises à gorge et méplat.

4.3. Vitesse de rotation

La vitesse de rotation est une notion très importante en cariology. En effet, ce paramètre va directement influencer le comportement de la fraise sur les tissus. Par contre, ce changement de comportement n'aura aucune influence sur l'adhésion de la restauration (Yiu et coll., 2008).

Le tableau 4 récapitule les vitesses de rotation à utiliser en fonction de l'acte réalisé :

Tableau 4 : Domaines d'applications en fonction de la vitesse de rotation. Source : W&H, 2004.



Il est clairement stipulé que l'éviction carieuse doit se faire à basse vitesse (entre 300 et 2 500 tours/minute) (Tableau 4). Selon Howard E. (2011), l'utilisation d'une vitesse comprise entre 1 250 et 5 000 tours/minute permet une approche bien plus conservatrice de l'éviction carieuse, résultats convergents avec ceux de Cortes et coll. (2013) pour une vitesse de 300 tours/minute, par rapport à une vitesse de 20 000 tours/minute. L'utilisation de turbine ou de contre-angle rouge paraît donc inadaptée à l'éviction carieuse car il est impossible de réguler une vitesse si basse avec la pédale. Par contre, l'utilisation de ces 2 derniers est nécessaire pour la préparation cavitaire (l'accès à la carie), qui doit se faire entre 40 000 et 450 000 tours/minute (Tableau 4).

5. ÉTUDE COMPARATIVE DES PORTE-INSTRUMENTS DYNAMIQUES

Vu le nombre de références présentes sur le marché international, il est impossible de comparer toutes les marques et tous les modèles de chaque marque. En effet, il existe des disparités sur de nombreux points : type de raccordement, poids, taille, taille de la tête, options, ... Ici, nous allons principalement essayer de comparer génériquement les deux systèmes d'entraînement (turbine et contre-angle) et de voir s'il existe une différence. Les comparaisons vont principalement se restreindre à la turbine et au contre-angle rouge, étant donné qu'ils vont utiliser les mêmes fraises et sont tous deux des PID à haute vitesse. Cette partie se consacrera donc principalement à l'accès à la carie. En effet, le fraisage de tissus sains à basse vitesse n'est pas efficace et à l'origine d'effets indésirables (vibrations importantes, augmentation de température) tout en demandant une force appliquée importante (Therence et Scott Eidson, 2015). L'éviction carieuse devant se faire à basse vitesse, elle sera réalisée à l'aide d'autres contre-angles.

5.1. Efficacité de coupe

Choi et coll. (2010) ont constaté une efficacité de coupe significativement supérieure lors de l'utilisation du contre-angle par rapport à une turbine, sur de nombreux matériaux utilisés en odontologie. Ces résultats ont été retrouvés par d'autres auteurs, le couple étant certainement le facteur influençant (Ercoli et coll., 2009b), malgré une vitesse de rotation moindre du contre-angle (200 000 contre 400 000 tours/minute) (Therence et Scott Eidson, 2015). Il est à noter que lors du fraisage de tissus dentaires, la vitesse de rotation chute considérablement avec la turbine, avec une vitesse résiduelle de l'ordre du tiers (soit environ 130 000 tours/minute) (Lauer et coll., 1990; Galindo et coll., 2004).

Watson et coll. (2000) ont trouvé les mêmes résultats que Choi et coll. (2010) mais avec des disparités en fonction de la vitesse de progression souhaitée. En effet, lors d'une progression de 1 mm/minute aucune différence significative n'est à déplorer. Par contre, lors d'une progression de 5 mm/minute le contre-angle s'est trouvé bien plus performant, avec une moindre force exercée (1,1 N pour la turbine contre 0,4 N pour le contre-angle). Ces résultats semblent correspondre à la différence de

puissance entre les deux systèmes (20 Watts pour la turbine contre 60 Watts pour un contre-angle électrique) qui permet une vitesse de rotation continue sur le contre-angle (Therence et Scott Eidson, 2015).

Enfin, Rotella et coll., (2014) n'ont pas trouvé de différences significatives sur l'efficacité de coupe entre turbines et contre-angles lors d'une utilisation tangentielle. Par contre, une fraise s'est montrée plus performante sur contre-angle que sur turbine.

5.2. Augmentation de la température

Aucune différence significative n'a été décelée dans l'augmentation de température en fonction du type de PID utilisé par Watson et coll. (2000) contrairement à Ercoli et coll. (2009) ayant montré une différence en faveur des contre-angles, mais ce résultat semble être plus dû à l'irrigation (1 port pour la turbine contre 3 pour le contre-angle) qu'au type de PID. De plus anciennes études, comme celle de Lauer et coll. (1990), trouvent des différences significatives en faveur des contre-angles. Ces disparités entre les études sont certainement dues à l'évolution des PID dans le temps.

Par contre, la vitesse joue un rôle dans l'augmentation de température (cf 3.2.2.2.3.).

5.3. État des tissus dentaires résiduels

L'état de surface semble être influé par le type de PID utilisé. En effet, Geminiani et coll. (2014) ont constaté un état de surface plus lisse lors de l'utilisation d'un contre-angle par rapport à une turbine avec des fraises diamantées. Même lorsqu'une fraise de granulométrie plus importante est montée sur contre angle, il permet toujours un état de surface plus lisse qu'avec une turbine.

Le fraisage peut occasionner des dommages sur les tissus résiduels et parmi eux des fissures, fêlures ou fractures. En aucun cas, le type de PID utilisé n'influe sur la survenue de ces dommages (Watson et coll., 2000).

5.4. Lésions potentielles des tissus mous adjacents

5.4.1. Emphysème

L'emphysème est une complication pouvant survenir à la suite d'un traitement dentaire. Il se définit comme un gonflement provoqué par l'infiltration d'air au sein des tissus. Généralement bénin mais douloureux, l'emphysème se résorbe de lui-même. Dans de rares cas, une propagation jusqu'au médiastin a été reportée (Horowitz et coll., 1987).

Cet incident se rencontre plus volontiers lors de chirurgies mais il est possible d'en rencontrer lors de traitements carieux ou de préparations coronaires (Aquilina et McKellar, 2004; Abrahams et coll., 2013). Systématiquement, les cas reportés le sont après l'utilisation d'une turbine.

5.4.2. Lésions des tissus mous

Des lésions au niveau des tissus mous (gencive, langue, joue) peuvent survenir lors de l'utilisation d'instruments rotatifs, quel que soit le PID utilisé. Par contre il existe une probabilité supplémentaire d'entraîner ce type de lésions, de par la rotation résiduelle de la fraise lors d'utilisation de la turbine, surtout lorsqu'il est nécessaire de retirer l'instrument en urgence (douleur, mouvement involontaire du patient,...) (Bhandary et coll., 2014).

5.5. Vibrations

Lors de l'accès à la lésion carieuse et de son éviction, de nombreuses vibrations sont transmises à l'ensemble des structures oro-faciales. À 200 000 tours/minute, le contre-angle induit plus de vibrations que la turbine à 300 000 tours/minute lors du curetage amélaire. La turbine induit malgré tout de fortes vibrations. Le cas le plus favorable reste l'utilisation du contre-angle mais à une vitesse plus réduite : de l'ordre de 100 000 à 150 000 tours/minute (Babu-Jacq, 2010). Il paraît judicieux d'utiliser un contre-angle en réduisant la vitesse maximale pour réduire les vibrations induites.

De plus, il est à noter que le centrage des fraises dans les turbines est généralement de moins bonne qualité que dans les contre-angles. La fraise va avoir un mouvement oscillatoire et vibrer bien plus et ce phénomène va s'accroître avec l'usure de la turbine (Lowe, 2015; Therence et Scott Eidson, 2015).

5.6. Le poids

Le poids du PID va modifier le confort du praticien. En effet, même si de nos jours l'instrumentation est plus légère, le poids au bout de la main corrélé au temps de travail quotidien va entraîner une fatigue chez le dentiste.

Le poids de la turbine est généralement moins élevé que celui du contre-angle sans compter le poids du micromoteur qui vient s'y rajouter (Lowe, 2015). Il peut engendrer un déséquilibre au niveau de la main et amplifier la fatigue musculaire.

5.7. Le bruit

Le bruit issu des procédures de fraisage va être principalement dû au système d'entraînement de la fraise. La fraise ne jouera qu'un rôle mineur dans l'ambiance sonore (Bahannan et coll. 1993).

Qsaibati et Ibrahim (2014) ont constaté une différence significative d'intensité sonore entre les turbines et les contre-angles. Les turbines sont significativement plus bruyantes que les contre-angles dans toutes les situations, avec une différence moyenne de 6,09 décibels (dB).

Il est à noter que l'usure de la turbine va entraîner une hausse de son volume sonore, contrairement au contre-angle où il reste stable. Lorsqu'elle est usée, une turbine peut atteindre des intensités sonores supérieures à 85 dB (91,9 dB relevés dans l'étude de Qsaibati et Ibrahim) ce qui peut occasionner des risques pour l'audition (Qsaibati et Ibrahim, 2014). Dans tous les cas, l'utilisation d'une instrumentation neuve est préférable (Sampaio Fernandes et coll., 2006).

Enfin, la fréquence sonore émise par les turbines est telle qu'elle peut engendrer des pertes de l'audition (Altinöz et coll., 2001). De même qu'un centrage de moins bonne qualité va causer une augmentation du bruit, caractérisé par un sifflement aigu.

5.8. Le coût

L'ensemble des auteurs s'accordent sur le fait que la turbine est moins onéreuse que le contre-angle (Lowe, 2015; Therence et Scott Eidson, 2015). Par contre et de manière générale, la durée de vie d'une turbine est moins élevée que celle d'un

contre-angle et demande une maintenance plus régulière (Therence et Scott Eidson, 2015).

5.8.1. Exemple des prix : Acteon®

Source : le catalogue Produit 2018 Acteon®

Turbine:

- Sans lumière :
 - o Tête standard: 974,40€
 - o Petite tête: 1096,20€
 - o Raccord: 389,76€
- Avec lumière:
 - o Tête standard: 1218€
 - o Petite tête: 1339,8€
 - o Raccord: 487,20€

Contre angle rouge:

- Sans lumière : 1084,02€
- Avec lumière : 1218,00€
- Micro-Moteur :
 - o 974,40€ (standard) / 1010,94€ (petit)

5.8.2. Exemple des prix : NSK®

Source : Catalogue Produit 2018 NSK®

Gamme Premium :

- Turbine : 1620,95€
- Contre-angle rouge : 1805,69€

Gamme Avancée :

- Avec lumière :
 - o Turbine : 953 ,09€
 - o Contre-angle rouge : 1059,68€
- Sans lumière :
 - o Turbine : 845,50€
 - o Contre-angle : 845,50€

Gamme Spéciale : Gamme avec tête à 45°

- Turbine : 1251,50€
- Contre-angle : 1547,87€

Raccord et micromoteur :

- Raccord : 670,91€
- Micromoteur : 1142,89€

Ici, en plus d'une différence de prix entre micromoteur et raccord, il y a aussi une différence plus nette entre contre-angle et turbine en termes de tarif.

5.8.3. Conclusion

Les affirmations des différents auteurs paraissent encore vraies en 2018. En effet, à l'achat, le contre-angle reste de manière générale un instrument plus onéreux que la turbine, aux vues des deux exemples ci-dessus.




Il est à noter que ces deux marques ne correspondent pas à l'ensemble du marché actuel. Par conséquent, certains modèles peuvent ne pas correspondre à ces résultats.

5.9. Conclusion

Le tableau 5 reprend l'ensemble de façon synthétique les différences observées entre turbine et contre-angle

Tableau 5 : Récapitulatif des différences entre les 2 systèmes d'entrainements à haute vitesse selon les différents paramètres.

	Contre angle	Turbine
Efficacité de coupe	Favorable	Défavorable
Augmentation température	Neutre	Neutre
Etat de surface final	Favorable	Défavorable
Survenue de fêlures	Neutre	Neutre
Survenue de lésions des tissus mous	Favorable	Défavorable
Vibrations	Favorable	Défavorable
Bruit	Favorable	Défavorable
Coût	Défavorable	Favorable
Poids	Défavorable	Favorable

-  Défavorable
-  Neutre
-  Favorable

En tout état de cause, le contre-angle semble largement plus adapté à une pratique courante et plus particulièrement en cariology. Même si la turbine peut être utilisée pour l'accès à la lésion carieuse, le contre-angle rouge paraît plus adapté de par une efficacité de coupe supérieure et un état de surface plus propice au collage entre autres. De prime abord, la turbine apparaît plus ergonomique et moins coûteuse que le contre-angle mais ces avantages ne semblent pas prépondérants.

De plus, des efforts continus sont réalisés par les fabricants pour diminuer le poids et améliorer l'équilibre du couple contre-angle/micromoteur en réduisant par exemple la taille du micromoteur. Il faut noter que le coût reste sensiblement identique entre un contre-angle et une turbine si le prix du micromoteur est exclu. De plus, le micromoteur reste un outil indispensable à l'utilisation des autres contre-angles qui

vont permettre l'éviction carieuse et le contre-angle est moins sujet aux réparations tout en présentant une durée de vie supérieure.

Enfin, il semble intéressant avant d'utiliser un PID de bien choisir certaines caractéristiques techniques tels que la taille de tête, la présence de lumière, le nombre et la position des ports d'irrigation par exemple, qui vont influencer sur les caractéristiques techniques énoncées ci-dessus (Siegel et von Fraunhofer, 2002).

6. LES FRAISES EN DENTISTERIE CONSERVATRICE

Les fraises utilisées quotidiennement par les praticiens doivent répondre à la norme International Standardisation Organization (ISO) 6360. Cette norme correspond aux standards auxquels doivent répondre les fabricants lorsqu'ils développent leurs produits. Les différentes caractéristiques sont ensuite répertoriées par des numéros, qui vont permettre de classer les fraises selon leur forme, le matériau utilisé, le diamètre, ... (ISO, 2018).

6.1. L'excavateur manuel

Bien que l'excavateur manuel ne soit pas un instrument rotatif, il n'en reste pas moins un moyen d'éviction carieuse mécanique. L'excavateur est un instrument manuel destiné au retrait de la lésion carieuse par l'intermédiaire de sa partie travaillante, aiguisée sur ses bords. Il existe un grand nombre d'excavateurs différents, selon la forme de la partie travaillante ou de l'angulation, permettant de travailler de façon optimale les différentes lésions carieuses possibles (Figure 9). Ce sont les ancêtres des fraises : ils ont permis l'éviction carieuse avant l'arrivée des rotatifs (Kochhar et coll., 2011). Le retrait des tissus va être réalisé en venant « gratter » avec l'instrument.

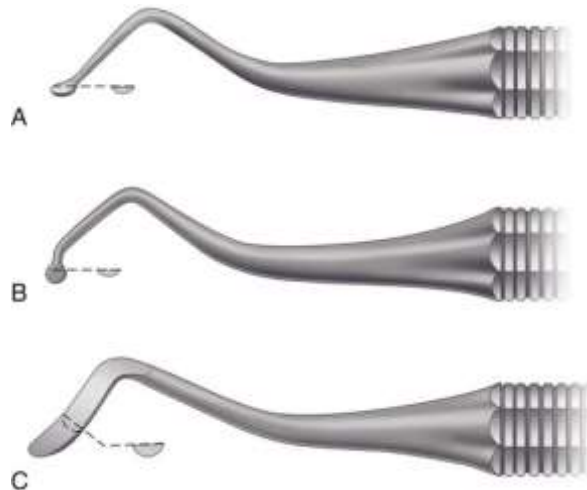


Figure 9 : Exemples de différents excavateurs manuels. Source : Therence et Scott Eidson (2015).

Les instruments manuels sont moins utilisés en cariology depuis l'avènement de l'instrumentation rotative. Ils trouvent néanmoins encore certaines indications comme

dans l'approche ART où ils permettent une éviction suffisante avant la mise en place de ciment verre ionomère (Yip et Samaranayake, 1998; Smales et Yip, 2002; van 't Hof et coll., 2006). Cette éviction permet une réduction significative de bactéries (Ersin et coll., 2006) et se fait avec un sens tactile très fin permettant la préservation des structures nobles (Banerjee et coll., 2000b; Celiberti et coll., 2006; Zakirulla et coll., 2011). L'utilisation de ce type d'instrument permet aussi de se soustraire aux fraises qui causent une réticence chez de nombreuses personnes (Berggren et Meynert, 1984). Elle amène donc une approche totalement différente qui peut rassurer certains patients mais aussi d'ouvrir une possibilité de soin à certaines populations (Nadanovsky et coll., 2001; Peters et McLean, 2001a). Selon Celiberti et coll. (2006), l'excavateur manuel reste le moyen d'éviction carieuse à privilégier en odontologie pédiatrique.

Nadanovsky et coll. (2001) ont pu constater dans leur étude qu'une faible partie des patients traités avec un excavateur manuel avait nécessité l'utilisation d'une anesthésie locale, en accord avec Yip et Samaranayake (1998). Ces résultats semblent malgré tout discordants avec ceux de Pandit et coll. (2007), obtenant des valeurs de douleurs légèrement moindres qu'avec une turbine.

Malgré tout, l'instrumentation manuelle est limitée et certains points nécessitent parfois l'utilisation d'une instrumentation rotative concomitante. Par exemple, l'accès à la lésion carieuse par le curetage amélaire est très compliqué avec des instruments manuels (ciseaux à émail) car il n'a d'effet que sur l'émail non soutenu (Peters et McLean, 2001a). La reprise carieuse sous une restauration nécessitant la dépose de celle-ci est impossible sans rotatif (Nadanovsky et coll., 2001; Celiberti et coll., 2006). Enfin, la dentine cariée au niveau de la jonction amélo-dentinaire reste difficile d'accès sans ouverture à l'aide d'instruments rotatifs et est donc souvent mal soignée (Celiberti et coll., 2006).

Il est à préciser que cette instrumentation nécessite un entretien particulier par un aiguisage régulier de la partie travaillante pour garder ses propriétés sécantes.

6.2. Diamantées

Les fraises diamantées vont agir sur les tissus dentaires par abrasion. En effet, c'est leur irrégularité de surface qui va permettre le retrait des tissus. Ces fraises sont

constituées d'une tige lisse sur laquelle vont être déposées des poussières de diamant de taille variable, établissant la granulométrie de la fraise. De nombreuses formes ont été déclinées pour répondre au mieux aux différentes indications cliniques (Figure 10).

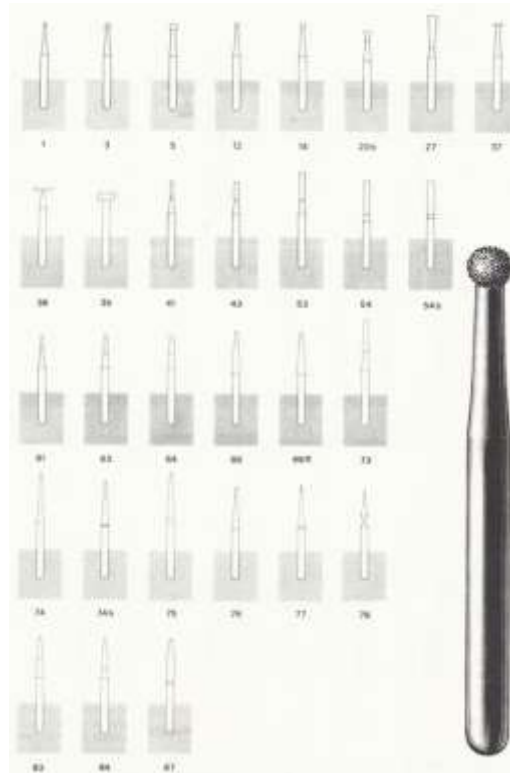


Figure 10 : Les différentes formes de fraises diamantées. Source : Le matériel dentaire (2012).

Ces fraises sont à utiliser à haute vitesse, sur turbine ou contre-angle rouge, selon les données des fabricants et par l'anatomie lisse de leur queue (absence de méplat et de gorge). Elles ont la faculté de pouvoir travailler tous les matériaux et tous les tissus dentaires sans difficulté.

Lorsque les principes de Black sont à mettre en œuvre, ces fraises permettent une éviction carieuse et une mise en forme de la cavité simultanées (Toledano et coll., 2013). Par contre, elles ne permettent pas une approche conservatrice de l'acte par une absence de sensibilité tactile.

Ces fraises peuvent être utilisées pour l'accès à la carie dentinaire sous-jacente et la préparation périphérique (Neves et coll. 2011c). Si une fraise cylindrique à granulométrie importante peut être utilisée pour maximiser l'efficacité de coupe, il

semble néanmoins important de finaliser la préparation par une granulométrie plus fine pour améliorer les performances de collage (Semeraro et coll., 2006).

Les fraises diamantées possèdent une durée de vie courte. En effet, par l'utilisation répétée, des diamants vont s'user ou s'expulser de la fraise. Une fraise diamantée usée va perdre en efficacité de coupe et demander une force supplémentaire pour obtenir un travail suffisant (Rotella et coll., 2014). Des fraises diamantées à usage unique existent et permettent de s'affranchir de ce problème. Elles sont néanmoins de moins bonne facture.

Un nouveau procédé pour la fabrication de ces fraises a vu le jour : le procédé CVD (Chemical Vapour Deposition). Ce procédé permet de réduire la vitesse d'usure des instruments de 33% et d'améliorer leur efficacité de coupe (Sein et coll., 2003; Cardoso et coll., 2008). Par contre ce type d'instrument augmente le risque de fêlure/fracture des structures dentaires et laisse des tissus de moins bonne qualité pour le collage (Cardoso et coll., 2008).

6.3. Acier et carbure de tungstène

Les fraises en acier et en carbure de tungstène sont constituées de lames tranchantes au niveau de la partie travaillante, variables en terme d'anatomie et de nombre (Figure 11), ce qui va influencer directement sur l'efficacité de coupe (Naute, 2014).

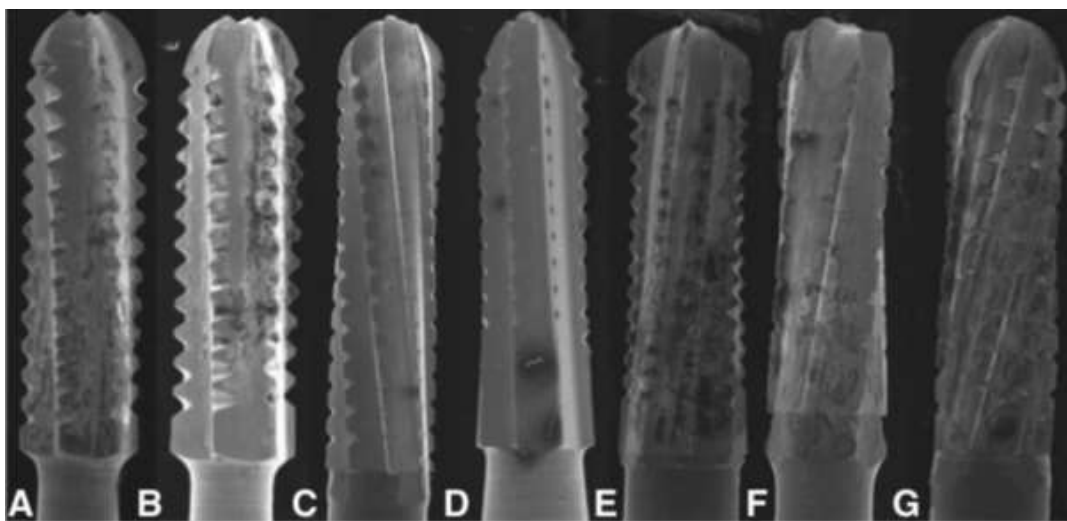


Figure 11 : Anatomies différentes des parties travaillantes de fraises en carbure de tungstène en fonction de la marque. A : Coltène ; B : CEI ; C : Mesinger ; D : Axis ; E : Komet ; F : Kerr ; G : Edenta. Source : Di Cristofaro et coll., 2013.

Les fraises en acier sont les premières à avoir vues le jour et ont été utilisées dès le début de l'instrumentation rotative. Bien qu'étant efficaces pour l'éviction carieuse elles ont peu à peu été remplacées par les fraises en carbure de tungstène, qui ont commencé à être développées en 1947 (Neves et coll., 2011a; Di Cristofaro et coll., 2013). En effet, les fraises en carbure, même si plus onéreuse à l'achat, sont bien plus efficaces, plus durables et résistantes. Elles restent néanmoins plus fragiles à la casse car plus dures.

Les fraises en carbure possèdent différentes vitesses pour différentes indications :

- à haute vitesse, elles sont utilisées comme les fraises diamantées pour l'accès à la carie ;
- à basse vitesse, elles sont utilisées pour réaliser l'éviction carieuse.

Il est à noter que les fraises seront différentes pour chaque indication. À haute vitesse, une fraise cylindrique montée sur contre-angle rouge ou turbine sera recommandée. À basse vitesse (1 000 à 1 500 tours/minute), une fraise boule de diamètre adaptée montée sur contre-angle vert sera préconisée (Komet 2016a). La tige (lisse ou à gorge/méplat) détermine donc l'utilisation de la fraise.

La majorité des auteurs considèrent les fraises en carbure de tungstène efficaces pour l'éviction carieuse, mais ne se révèlent pas aussi être conservatrices que voulu. En effet, leur utilisation se solde régulièrement par une atteinte des tissus conservables et demande une certaine expérience clinique du praticien pour limiter cette atteinte iatrogénique, dû à une efficacité de coupe importante sur les tissus (Banerjee et coll., 2000b; Celiberti et coll., 2006; Silva et coll., 2006; Dammaschke et coll., 2008; Graham Lou, 2008; Isik et coll., 2010; Howard E., 2011; Neves et coll., 2011b; Zakirulla et coll., 2011). En moyenne, Toledano et coll. (2013) ont chiffré à 20% la surpréparation des cavités carieuses dans leur étude avec des fraises en carbure.

De plus, les fraises en carbure de tungstène reste souvent « associées à du bruit, des vibrations, de la gêne, de la douleur et une augmentation de température » (Zakirulla et coll., 2011). Toutefois, ces instruments restent les plus utilisés dans une pratique courante en cariologie du fait de leur grande efficacité permettant un travail

rapide associée à un prix faible et à un grand recul clinique (Neves et coll., 2011a; Gheorghiu et coll., 2017).

Di Cristofaro et coll., (2013) ont pu constater que toutes les fraises en carbure de tungstène prévues pour une utilisation à haute vitesse ne se valaient pas. En effet, ils ont remarqué des différences significatives en termes d'efficacité de coupe, corrélées à la rapidité d'usure. Une fraise efficace va moins rapidement s'user et donc va pouvoir être utilisée un plus grand nombre de fois. Par contre, toutes les fraises subissent inéluctablement des dommages au niveau des lames lors du travail sur les tissus.

6.4. Céramique

Les fraises en céramique sont apparues bien plus récemment sur le marché. Constituées de zircone alliée à de l'oxyde d'alumine et d'yttrium, ces fraises possèdent l'avantage d'une durabilité bien plus importante (Komet, 2014). Ce matériau est déjà utilisée dans beaucoup d'autres domaine que l'odontologie (les couteaux de cuisine par exemple) (Dammaschke et coll., 2008).

En odontologie, peu de fabricants ont commercialisé des fraises en céramique, avec une utilisation principalement axée sur la chirurgie. Komet® reste le seul fabricant à avoir étendu sa gamme à l'éviction carieuse.

L'utilisation de ce matériau procure aux instruments des caractéristiques particulières. En effet, la céramique utilisée possède une plus grande résistance grâce à une dureté plus importante, réduisant ainsi l'usure (Neves et coll., 2011d). Selon le fabricant, ces fraises seraient en moyenne 3 fois plus résistantes que celle en carbure, pouvant aisément accomplir 60 cycles d'éviction, et pouvant aller jusqu'à 150 cycles lors d'une utilisation optimale (Pelissier et coll., 2012; Komet, 2014). Par contre, sa dureté va rendre l'instrument plus sujet à la fracture si celui-ci vient à se bloquer dans la cavité ou si une pression latérale excessive est appliquée (Komet, 2014; Naute, 2014).

Ces fraises se distinguent par une couleur blanche caractéristique (Figure 12). Ce paramètre permet un discernement visuel plus aisé entre les tissus infectés et sains selon le fabricant.



Figure 12 : Fraises d'éviction carieuse en céramique de différents diamètres.

Source : Neves et coll., 2011.

Ces instruments sont conçus pour tourner à faible vitesse : 1500 tours/minute. À cette vitesse, ils auront la particularité d'être inefficace sur l'émail, d'éliminer efficacement la dentine infectée et de permettre une distinction lorsque les tissus sains seront atteints (Dammaschke et coll., 2008; Howard E., 2011; Neves et coll., 2011b, 2011a). Ils pourraient donc permettre une approche plus conservatrice de l'éviction carieuse (Dammaschke et coll., 2008; Neves et coll., 2011c). Selon Neves et coll. (2011b), l'utilisation de fraises en céramique induirait la présence de carie résiduelle si elle n'est pas corrélée avec un moyen de distinction de la carie.

6.5. Polymère

Le dernier type de fraise existante est une fraise en plastique. Elle est en effet constituée d'un polymère polyéthercétonecétone (PEKK) médical (Neves et coll., 2011a; Vijay Kumar et coll., 2012; Aswathi et coll., 2017). L'anatomie de la partie travaillante se présente sous forme d'une boule surmontée par des lames en forme de pagaies non spiralées (Figure 13) (Neves et coll., 2011a; Vijay Kumar et coll., 2012). Ces fraises sont destinées à un usage unique et permettent de limiter le risque d'infections croisées (Khijmatgar et Balagopal, 2016; Oliviera et coll., 2016).



Figure 13 : Différentes fraises polymères. En vert, la gamme SmartBurs ; en bleu, une fraise de la gamme Polyburs. Source : Komet 2016 SS White.

Les fraises en polymère ont vu le jour assez récemment, au début des années 2000. Il y a donc un recul encore assez faible sur ces fraises, surtout que, comme pour les fraises en céramique, peu de fabricants les commercialisent. Seuls Komet® et SS White® par l'intermédiaire de leur gamme respective PolyBurs et SmartBurs permettent un accès à cette technologie aux praticiens. Elles sont à utiliser à vitesse réduite : de 5000 à 10000 tours/minute pour SmartBurs contre 2000 à 8000 tours/minute pour PolyBurs (Komet 2016b ; SS White). L'ancienne gamme de SS White®, SmartPrep, a constitué les prémices de ces nouveaux instruments mais celle-ci souffrait d'une trop faible résistance à l'usure les rendant trop vite inutilisables (Dammachke et al. 2006). Il est à noter que la gamme SmartBurs semble indisponible en France.

Une étude a comparé les 2 gammes et a conclu à une efficacité semblable, avec un temps de travail plus court pour les PolyBurs, mais cette différence peut être due à une différence de taille des fraises. En effet, Komet® a créé des fraises de diamètres plus importants (014, 018, 023) que son concurrent SS White® (004, 006, 008) (Usha et Ranjani, 2012).

Ces fraises ont été pensées afin de limiter au mieux la surpréparation des cavités carieuses constatée lors de l'utilisation de fraises en carbure de tungstène. Elles sont régies par un principe simple : être plus dures que la dentine infectée mais moins que les tissus à conserver. C'est pourquoi ces instruments possèdent une dureté

évaluée à 50 KHN (Zakirulla et coll., 2011; Tiwari et coll., 2015; Oliviera et coll., 2016). De ce fait, ces fraises vont pouvoir éliminer le tissu carieux en le comprimant préalablement (Toledano et coll., 2013; Gheorghiu et coll., 2017). Dès qu'elles seront en contact avec les tissus sains, les fraises vont s'émousser, se déformer sans occasionner de dommages aux tissus et produire une vibration caractéristique (Figure 14) (Vijay Kumar et coll., 2012; Ferraz et coll., 2014). Cette faculté va permettre au praticien de se focaliser sur l'éviction carieuse sans se préoccuper des tissus sains et limiter les atteintes iatrogéniques de la pulpe (Prabhakar et Kiran, 2009; Isik et coll., 2010; Tiwari et coll., 2015; Gheorghiu et coll., 2017).



Figure 14 : Fraises en polymère : À gauche, avant utilisation. À droite, après utilisation. Source : Aswathi et coll., 2017.

En plus d'une éviction carieuse conservatrice, ces fraises permettraient entre autre une production moindre de vibrations et une réduction de la douleur perçue (Aswathi et coll., 2017; Gheorghiu et coll., 2017). Par contre, l'utilisation préalable d'une autre catégorie de fraise sera nécessaire pour atteindre la carie (Oliviera et coll., 2016). Medioni et coll. (2016) ont pu observer une atteinte des tissus sains dans 3 cas sur un total de 16 traités partiellement ou totalement par les fraises en polymère, Celiberti et coll. (2006) ont pu remarquer des zones de sur-préparation, contrairement à Ferraz et coll., (2014) qui ont démontré une impossibilité de ces fraises à tailler les tissus minéralisés.

Beaucoup d'études ont d'ores et déjà pu constater l'efficacité de ces fraises (Celiberti et coll., 2006; Meller et coll., 2007; Graham Lou, 2008; Prabhakar et Kiran, 2009; Zakirulla et coll., 2011; Oliviera et coll., 2016; Aswathi et coll., 2017; Gheorghiu et coll., 2017). Néanmoins, Celiberti et coll. (2006) ont pu remarquer une difficulté à excaver la carie chronique, arrêtée. Il semblerait malgré tout que cette observation soit positive pour ces fraises, cette forme de carie pouvant aisément être conservées sous une restauration puisque les tissus sont durs et présentent un nombre moindre de bactéries, qui plus est faiblement actives.

Aswathi et coll. (2017) ont pu objectiver une élimination complète de carie dans 92% des cas avec l'utilisation d'une fraise par lésion. Il est donc parfaitement possible d'utiliser une seule fraise par lésion. De plus, une diminution significative de bactéries a été décrite (Figure 15), en adéquation avec les résultats de Zakirulla et coll. (2011). Toledano et coll. (2013) ont pu objectiver une sous préparation moyenne des lésions carieuses de l'ordre de 7%, ce qui laisse entendre une présence de tissus carieux résiduel.

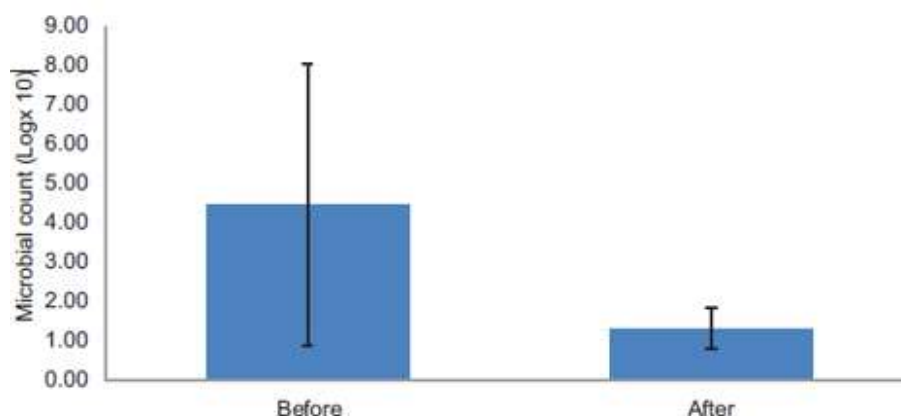


Figure 15 : Évaluation de la réduction du nombre de bactéries avec une fraise en polymère. Source: Aswathi et coll., 2017.

Après utilisation, ces fraises laissent de façon fréquente une épaisse couche de *smear layer* sur les surfaces dentaires obstruant la majeure partie des canalicules dentinaires, diminuant significativement les performances des adhésifs auto-mordançants et des ciments verre ionomère (Toledano et coll., 2012; Wahba et coll., 2015; Khijmatgar et Balagopal, 2016). Ce constat remet en question la pérennité de la reconstitution par résine composite avec l'utilisation de ces fraises (Silva et coll., 2006).

Par contre, la présence de *smear layer* associée à l'absence de dommages sur les tissus sains semble permettre de se substituer à l'usage d'une anesthésie même si un silence clinique n'est pas obtenu (Allen et coll., 2005). Par extension, le traitement de lésions carieuses dans des secteurs distincts chez un même patient paraît plus aisé (Freedman et Goldstep, 2003).

Oliviera et coll. (2016) déplorent l'absence d'études concernant d'autres paramètres que l'efficacité de ces fraises. En effet, il n'existe pas de données concernant des points comme le coût à l'utilisation ou la facilité d'utilisation par exemple.

7. ETUDE COMPARATIVE DES FRAISES

7.1. Fraises diamantées et fraises en carbure de tungstène

Une augmentation de température plus importante a été trouvée lors de l'utilisation de fraises diamantées, sans être délétère dans des conditions normales d'utilisation avec sprays. Cette différence pourrait s'expliquer par le mécanisme d'action des fraises. En effet, les fraises diamantées travaillant par friction, celles-ci organisent un contact plus intime avec les tissus augmentant de fait la température de façon plus importante (Watson et coll., 2000; Ogata, 2003; Dias et coll., 2004).

Watson et coll. (2000) n'ont constaté aucune différence significative quant à la survenue de fissures ou fractures dentaires avec l'utilisation de ces fraises.

En termes de coût, les fraises en carbure sont moins onéreuses à l'achat que les fraises diamantées.

7.1.2. Facteurs spécifiques à l'accès à la carie

L'efficacité de coupe sur les tissus sains est plus importante pour les fraises en carbure de tungstène. Elles vont donc permettre un travail plus rapide avec moins de pression exercée mais le praticien devra être plus prudent pour rester le plus conservateur possible (Ercoli et coll., 2009a).

De plus, les fraises diamantées vont amener un état de surface plus rugueux sur les tissus avec plus de débris et de *smear layer*, diminuant de fait les performances de collage des adhésifs auto-mordançants même si aucune différence de mouillabilité de la surface n'a été constatée avec de l'eau distillée (Al-Omari et coll., 2001). L'utilisation d'un acide phosphorique à 37% (M&R) va permettre de rendre les surfaces identiques, tant qu'une granulométrie trop importante n'est pas utilisée (Jung et coll., 1999).

7.1.3. Facteurs spécifiques à l'éviction carieuse

Dans tous les cas, les 2 instruments ne se montrent pas conservateurs même à faible vitesse et vont aisément fraiser les tissus sains sans établir de distinction entre tissus infectés et affectés. Malgré tout, les fraises en carbure à faible vitesse semblent moins aptes à les détériorer. Qu'importe la fraise utilisée, le praticien devra

donc avoir recours à des pauses répétées au cours desquelles il utilisera un moyen de détection carieux s'il veut être un maximum conservateur.

Après utilisation, les fraises diamantées vont laisser une couche plus épaisse de *smear layer* engorgeant la quasi-totalité des canalicules dentinaires contrairement à celles en carbure (Figure 16) (Ogata, 2003; Oliveira et coll., 2003; Yiu et coll., 2008; Rirattanapong et coll., 2015). Dans les 2 cas, des canalicules se retrouvent comblés par la *smear layer* mais la profondeur d'obstruction est plus importante avec les fraises diamantées (Tableau 6) (Rirattanapong et coll., 2015). De ce fait, le collage va se retrouver bien plus impacté par les fraises diamantées, avec une diminution significative de la force de collage retrouvée dans plusieurs études utilisant des systèmes auto-mordançants (Ogata et coll., 2002; Ogata, 2003; Oliveira et coll., 2003; Dias et coll., 2004; Rirattanapong et coll., 2015). Cette différence est due à une pénétration moindre des monomères résineux dans les canalicules. Ogata (2003) recommande de ne pas utiliser une fraise diamantée pour la préparation cavitaire sauf si celle-ci est finalisée par une fraise en carbure de tungstène.

Pereira Nogueira et coll. (2012) n'ont pas trouvé de différence significative entre les fraises en carbure de tungstène et diamantées sur la force de collage. Par ailleurs, une épaisseur semblable de couche hybride a été trouvée.

La surface est aussi plus régulière avec les fraises en carbure de tungstène (Dias et coll., 2004; Yiu et coll., 2008; Rirattanapong et coll., 2015). Même avec l'utilisation d'un système M&R, la performance de collage se retrouvera donc plus impactée avec une fraise diamantée mais cette différence ne semble pas aussi nette que pour les systèmes auto-mordançants.

Tableau 6 : Moyennes et écarts-types de l'épaisseur de *smear layer* produite par différentes fraises. Une différence significative a été trouvée. Source : Rirattanapong et coll. (2015).

Type de fraise	Epaisseur de <i>smear layer</i> (μm)
Fraises diamantées	3,39 \pm 1,14
Fraises en carbure de tungstène	2,11 \pm 0,89

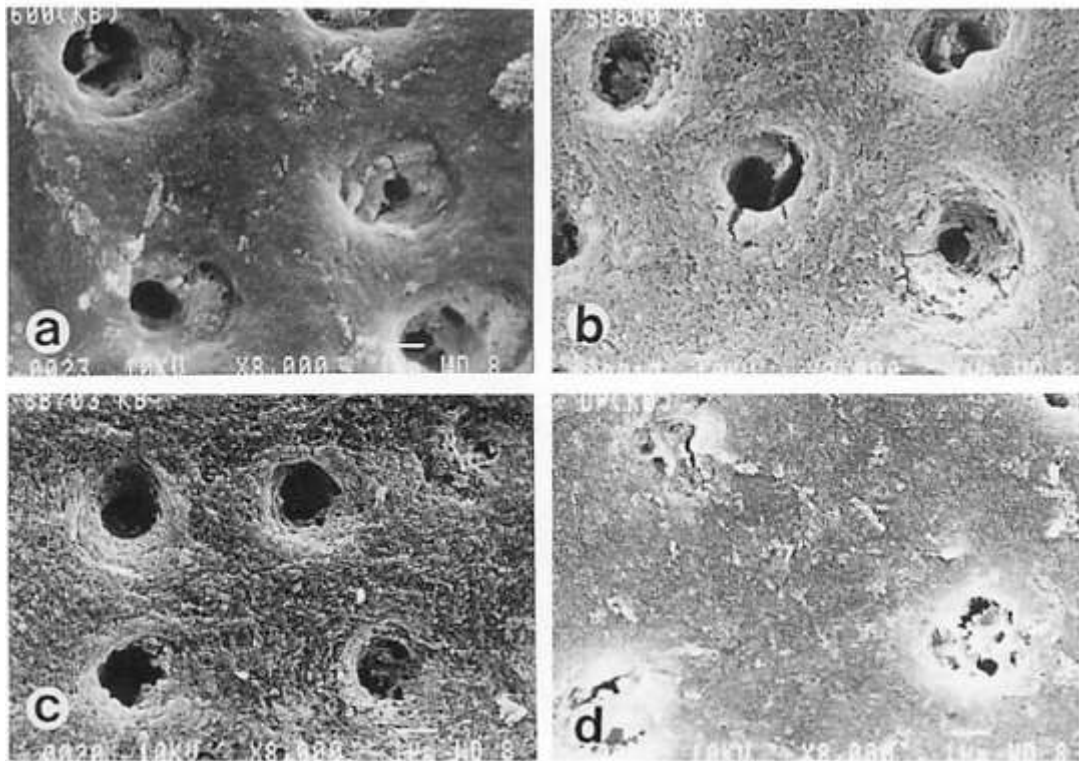


Figure 16 : Etat de surface dentinaire après usage de différents instruments. A : contrôle (papier abrasif). B : Fraise à polir en carbure de tungstène (12 lames). C : Fraise en carbure standard (6 lames). D : Fraise diamantée standard (granulométrie : 100µm). Source : Ogata (2003).

Si l'éviction carieuse est suivie d'une obturation à l'amalgame, les principes de Black vont s'appliquer et aucun collage ne sera nécessaire. La présence d'une plus grande quantité de *smear layer* va conduire à une population plus importante de bactéries sous un matériau non scellé aux tissus. Même dans ce cas, l'utilisation d'une fraise en carbure de tungstène semble donc préférable.

7.1.3. Conclusion

Compte tenu des données ci-dessus, l'usage de fraise diamantée semble défavorable à équivalent à celui des fraises en carbure de tungstène. Dans aucun domaine la fraise diamantée se montre meilleure.

L'utilisation de fraise en carbure de tungstène est donc à favoriser tant pour une éviction carieuse que pour l'accès à la carie.

7.2. Fraise en carbure et excavateur manuel

L'excavateur manuel est bien plus conservateur que la fraise en carbure. En effet, grâce à une sensation tactile bien plus développée et une éviction bien moins rapide, le praticien pourra plus aisément épargner les tissus sains mais il reste possible de les éliminer (Banerjee et coll., 2000c, 2000a; Celiberti et coll., 2006; Ferraz et coll., 2014, 2015). Par contre, le temps de travail se retrouve considérablement augmenté passant du simple avec une fraise, au double avec un excavateur selon Celiberti et coll. (2006) et Banerjee et coll. (2000). Ces résultats sont en corrélation avec l'article de Smales et Yip (2002) ou encore l'étude de Rajakumar et coll. (2013). Cette différence reste néanmoins secondaire puisqu'elle représente une augmentation du temps opératoire de 1 à 2 minutes par excavation, selon la taille de la cavité.

La fraise en carbure va, grâce à son efficacité de coupe bien supérieure, pouvoir obtenir plus facilement une cavité dépourvue de tissus carieux. L'excavateur manuel va aussi laisser plus volontiers de la carie (Banerjee et coll., 2000a; Celiberti et coll., 2006; Ferraz et coll., 2015). De plus, une quantité significativement plus importante de bactérie a été retrouvée avec l'utilisation d'un excavateur (Zakirulla et coll., 2011).

Rahimtoola et coll. (2000) ont pu constater que l'excavateur était moins générateur de douleurs. En effet, ils ont constaté une douleur dans 19,3% et 35,7% des cas respectivement pour l'excavateur et les fraises en carbure.

Après utilisation, l'excavateur manuel va laisser une surface quasiment exempte de *smear layer* avec un aspect « feuilleté ». La fraise en carbure va quant à elle laisser une couche lisse avec peu de *smear layer* (Banerjee et coll., 2000b). La dureté des tissus résiduels ne montre pas de différence significative (Ferraz et coll., 2014). L'utilisation d'un SAM semble donc être une solution de choix quelque soit le moyen utilisé.

7.3. Fraises en carbure de tungstène et fraises en polymère

Des études de Dammaschke et coll. (2006) et Meller et coll. (2007) ont pu montrer une plus grande proportion de cavités présentant du tissu carieux résiduel lors de l'utilisation de fraises en polymère. Ces résultats ont été trouvés suite à l'utilisation de SmartPrep, la première fraise de SS White qui depuis a été amélioré. Malgré tout, d'autres études ont démontré une efficacité supérieure des fraises en carbure pour

l'éviction même avec les fraises en polymère plus récentes (Tableau 7) (Celiberti et coll., 2006; Isik et coll., 2010; Toledano et coll., 2013; Ferraz et coll., 2014, 2015; Wahba et coll., 2015). Il en résulte une diminution moins importante du nombre de bactéries cariogènes dans la cavité, mais la significativité des résultats reste contestée (Isik et coll., 2010; Zakirulla et coll., 2011).

Tableau 7 : Comparaison de la présence de carie résiduelle en fonction du moyen d'éviction carieux utilisé. Une différence significative a été trouvée. D'après Wahba et coll. (2015)

Présence de carie résiduelle	Smart Bur II	Fraise en carbure
Oui	19 (63,4%)	2 (6,7%)
Non	11 (36,6%)	28 (93,3%)
Total	30 (100%)	30 (100%)

De manière générale, les fraises en polymère restent plus conservatrices et leur utilisation va entraîner des cavités de taille plus petites, où les tissus sains seront épargnés (Figure 17) (Toledano et coll., 2013; Ferraz et coll., 2015). Elles vont donc s'intégrer plus logiquement dans une attitude minimalement invasive.

Celiberti et coll. (2006) ont pu constater que les fraises en polymère entraînaient une plus faible quantité de sur-préparation mais une plus forte quantité de sous-préparation par rapport aux fraises en carbure.



Figure 17 : Photographie d'une dent traitée par une fraise en polymère (gauche) et par une fraise en carbure de tungstène (droite). Source : Medioni et coll. (2016)

Les tissus après utilisation des fraises en polymère vont être plus lisses et révèlent moins de micro-fêlures qu'avec leur homologue en carbure. Elles vont, à cause de leur mécanisme d'action, laisser une surface recouverte d'une couche plus importante de *smear layer* que les fraises en carbure, laissant peu de canalicules dentinaires ouverts (Toledano et coll., 2013; Wahba et coll., 2015; Gheorghiu et coll., 2017). Ce point ne semble pas contre-indiquer l'utilisation de SAM puisque certains adhésifs ne montrent pas de différence significative quant à la force de collage, même si elle est diminuée (cf 6.3) (Neves et coll., 2011b; Toledano et coll., 2012). D'autres adhésifs se révèlent néanmoins bien moins performant (Silva et coll., 2006; Toledano et coll., 2012). Il paraît donc important de bien choisir l'adhésif utilisé lorsqu'une fraise en polymère a préparé la cavité.

De par leur faible efficacité sur les tissus plus minéralisés (dentine affectée et dentine saine), les fraises en polymère ne vont pas pouvoir aisément léser les canalicules dentinaires contrairement aux fraises en carbure (Toledano et coll., 2013; Medioni et coll., 2016; Aswathi et coll., 2017; Gheorghiu et coll., 2017). Divya et coll. (2015) décrivent une destruction des canalicules dans 80% et 20% des cas respectivement pour les fraises en carbure et en polymère. De ce fait, les fraises en polymère vont permettre une éviction carieuse bien moins douloureuse. Allen et coll. (2005) ont pu réaliser des évictions carieuses sans anesthésie avec ces fraises. Une majorité de patients préfèrent une éviction sans anesthésie avec les fraises en polymère plutôt qu'une éviction avec anesthésie avec les fraises en carbure de tungstène.

Au niveau du temps de travail, aucune différence significative n'a été trouvée par plusieurs auteurs (Damaschke et coll., 2006; Meller et coll., 2007; Medioni et coll., 2016), contrairement à d'autres qui trouvent des résultats en faveur des fraises en carbure (Vijay Kumar et coll., 2012; Divya et coll., 2015; Wahba et coll., 2015).

Les fraises en polymère sont destinées à un usage unique alors que celles en carbure réalise plusieurs évictions (environ 20).

Le prix à l'utilisation des fraises polymères reste bien plus onéreux (Tableau 8) (Gheorghiu et coll., 2017). La réalisation de plusieurs cavités en une séance chez un patient va permettre de diminuer ce prix qui restera malgré tout supérieur à celui des fraises en carbure. Par ailleurs, aucune étude n'a démontré qu'il était possible de réaliser plusieurs cavités avec une même fraise en polymère.

L'utilisation de ces fraises permet cependant de se dégager de la stérilisation et de la contamination croisée grâce à leur usage unique.

Tableau 8 : Comparatif de prix en fonction de la durabilité entre fraises en carbure de tungstène et polymère. Source : Catalogue produit Komet® France.

	PRIX D'UNE FRAISE (HT)	PRIX D'UNE EXCAVATION (HT)
FRAISE EN CARBURE	4,16€	0,21€
FRAISE EN POLYMÈRE	2,77€	2,77€

7.4. Fraises en carbure de tungstène et fraises en céramique

Selon le fabricant, la fraise en céramique permet une approche bien plus conservatrice de l'éviction carieuse. Strassler (2008) a malgré tout pu démontrer une atteinte des tissus sains avec les deux instruments. Elle semble laisser plus volontiers du tissu carieux en fin d'excavation comparativement aux fraises en carbure de tungstène même si cette différence n'est pas significative. Dans les cas reportés par Dammaschke et coll. (2008), la carie résiduelle reste faible puisqu'elle n'excède pas 1mm d'épaisseur dans 96,3% des cas.

Neves et coll. (2011) ont comparé plusieurs moyens d'éviction carieuse. Ils ont pu constater une dureté moindre des tissus avec la fraise céramique, associée avec une distance fond de cavité-pulpe plus importante. Malgré tout, les résultats présentés restent non significatifs. Il est néanmoins possible de voir en ces résultats une faculté de la fraise céramique à épargner les tissus sains et laisser des tissus affectés en fond de cavité.

Le temps de travail est légèrement plus long avec une fraise en céramique sans pour autant qu'une différence significative n'en découle (Dammaschke et coll., 2008).

La mise en place d'une résine composite collée par un SAM ne semble pas être affectée par l'utilisation de ces deux instruments. En effet, Adebayo et coll. (2012) n'ont pas constaté de différences significatives en termes de force de collage avec plusieurs adhésifs, sur des surfaces dentaires traitées par les deux instruments.

Les fraises en céramique semblent entraîner plus de vibrations que les fraises en carbure durant leur utilisation. Si la différence reste faible lorsque le travail se fait au maxillaire, la différence semble être bien plus importante lorsqu'une dent mandibulaire postérieure est traitée (Babu-Jacq, 2010). Aucune donnée n'établit le potentiel effet délétère de ses vibrations.

Une fraise en carbure de tungstène réalise une moyenne une vingtaine d'éviction carieuse avant une perte trop significative d'efficacité. Comme vu en 6.4, les fraises en céramique peuvent réaliser entre 60 et 150 évictions.

Même si à l'achat les fraises en céramique sont plus onéreuses, il semble que la durabilité de la fraise en céramique compense la différence de prix (Tableau 9). Le prix à l'usage ne semble en effet pas différent. Une étude plus poussée sur la durabilité de ces fraises est nécessaire pour établir plus précisément une conclusion.

Tableau 9 : Comparatif de prix en fonction de la durabilité entre fraise en carbure de tungstène et céramique. Source : Catalogue Komet® France.

		PRIX CATALOGUE (PAR 5) (HT)	PRIX UNITAIRE (HT)	PRIX EXCAVATION (HT) D'UNE
CARBURE TUNGSTÈNE	DE	20,80€	4,16€	0,21€
				Si 60 : 0,33€
CÉRAMIQUE		97.65€	19,53€	Si 105 (médiane) : 0,19€
				Si 150 : 0,13€

Les fraises en céramique vont par contre demander une attention particulière pour la stérilisation. Ces fraises vont devoir être préalablement nettoyé à l'aide d'une brosse en nylon spécifique puis être stérilisées à l'écart de fraises métalliques pouvant fragiliser voire fracturer la céramique (Estrade, 2011).

7.4.1. Expérience personnelle

J'ai eu l'occasion de comparer ces fraises lors d'une utilisation personnelle sur des patients polycariés. La fraise en céramique prend légèrement plus de temps pour l'excavation, mais cette différence me paraît plus être due à ma faible expérience clinique avec les fraises en céramique.

Le résultat final semble de meilleure qualité. En effet, même s'il paraît possible d'excaver les tissus sains avec, elle le fait moins volontiers que la fraise en carbure de tungstène. Du moment où les tissus sains sont atteints, la fraise vibre beaucoup plus. Le sondage des tissus avec une sonde droite était identique dans les 2 cas.

Après traitement, j'ai demandé aux patients leur ressenti : une majorité préfèrent l'éviction à l'aide de la fraise en céramique, bien moins désagréable et douloureuse, même si celle-ci vibre plus. D'autres n'éprouvent aucune préférence. Dans tous les cas, aucun patient n'a préféré la fraise en carbure.

7.5. Fraises en polymère et excavateur manuel

Les 2 instruments se montrent aussi efficaces pour l'éviction carieuse, sans différence significative. Néanmoins la fraise en polymère se montre plus conservatrice que l'excavateur (Celiberti et coll., 2006; Ferraz et coll., 2014, 2015) . Cette dernière affirmation dépend du moyen de recueil des données, avec des résultats tantôt significatifs, tantôt non significatifs comme dans l'étude de Ferraz et coll. (2015). La fraise laissera aussi plus volontiers du tissu carieux résiduel (Celiberti et coll., 2006; Ferraz et coll., 2014)

La fraise en polymère permet une réduction plus importante de micro-organismes cariogènes sans que la différence soit significative (Zakirulla et coll., 2011).

7.6. Fraises en céramique et excavateur manuel

Aucune étude n'a comparé ces deux instrumentations.

Les deux instruments semblent assez similaires aux vues des données énoncées ci-dessus.

7.7. Fraises en céramique et fraises en polymère

Aucune étude n'a comparé ces deux instrumentations sauf Strassler (2008) qui a pu montrer que les fraises en polymère ne lésaient pas les tissus durs contrairement aux fraises en céramique.

Aux vues des données précédemment recueillies, il semblerait que :

- les deux fraises ont un potentiel minimalement invasif avéré ;
- les fraises en polymère lèsent moins les tissus sains ;
- les fraises en céramique réalisent une éviction carieuse plus complète ;
- le collage semble moins altéré par les fraises en céramique ;
- les fraises en polymère permettent une éviction carieuse moins douloureuse ;
- les fraises en polymère sont plus onéreuses à l'usage.

Des études restent toutefois nécessaires pour conclure sur ces points.

8. DISCUSSION

En 2018, très peu de praticien utilise les fraises en céramique et polymère. Ceci est dû à une faible connaissance de ces instruments et de leurs propriétés, associées à leur faible visibilité sur le marché.

La faible (pour les fraises polymère) voire l'absence (pour les fraises céramiques) de concurrence sur le marché est l'un des facteurs de cette faible visibilité. L'ouverture à la concurrence permettrait aussi une baisse des tarifs et rendrait ces instruments très compétitifs tant sur un plan financier que clinique, avec pourquoi pas des avancées technologiques. Certains auteurs préconisent par exemple d'augmenter la dureté des fraises en polymère pour accroître leur efficacité sur les tissus cariés (Zakirulla et coll., 2011).

Ces nouvelles fraises se révèlent être bien plus conservatrices que leur homologues en carbure de tungstène et diamantées. Elles permettent une dentisterie plus respectueuse de l'organe dentaire et s'inscrivent directement dans la logique de dentisterie minimalement invasive avec une préservation accrue de la vitalité pulpaire.

Par contre, des études supplémentaires sur ces fraises semblent primordiales pour établir l'ensemble de leurs domaines de compétences respectives.

L'excavateur manuel reste un moyen d'éviction carieuse actuel, toujours moins délétère que les fraises en carbure et diamantées avec une utilisation simple et reproductible (Celiberti et coll., 2006).

9. CONCLUSION

L'instrument tout-en-un pour une éviction carieuse conservatrice n'existe pas. Pour accomplir au mieux ce travail, il semble donc nécessaire d'avoir recours à une séquence d'instruments.

Howard (2011) a décrit sa séquence pour l'éviction carieuse. Il débute par l'accès à la carie avec une fraise diamantée, puis procède à l'éviction grossière de la carie avec une fraise en carbure de tungstène à basse vitesse. Après l'utilisation d'un moyen de détection carieuse, il finit au besoin l'éviction à l'aide d'une fraise en céramique.

Selon les données recueillies, il semblerait intéressant d'avoir plusieurs séquences d'instruments.

Si l'éviction carieuse est à faible risque d'exposition pulpaire, l'obtention de la cavité la plus saine possible est l'objectif de l'éviction. Dans ce cas :

- Accès à la carie à l'aide d'une fraise en carbure de tungstène montée sur contre-angle rouge.
- Eviction carieuse la plus totale possible : à l'aide d'une fraise en céramique ou un excavateur manuel. Ces instruments vont permettre une préservation maximale des tissus sains tout en limitant au maximum la présence de carie résiduelle.
- Utilisation d'un moyen de détection carieuse (sonde droite, FACE) jusqu'à obtention d'une cavité exempte de tissus carieux.

Si l'éviction carieuse est à haut risque d'exposition pulpaire dans le cadre d'une carie profonde, la préservation pulpaire va primer sur l'éviction totale de la carie. Dans ce cas, les techniques d'éviction carieuse partielle s'appliquent car le bénéfice-risque est positif. Dans ce cas :

- Accès à la carie à l'aide d'une fraise en carbure de tungstène montée sur contre-angle rouge
- Création d'une zone périphérique de 1 à 1,5mm de tissus sains à la fraise en carbure sur contre-angle rouge.

- Éviction carieuse modérée à l'aide d'une fraise en polymère à corrélérer avec la radiographie préopératoire afin de rester à distance de la pulpe. Dans ce cas, on limitera au maximum l'atteinte des tissus sains et on évitera les atteintes iatrogéniques de la pulpe.
- Nécessité d'un collage efficace assuré principalement par la zone périphérique.

Dans les deux cas, l'utilisation préalable d'alcool ou de Chlorhexidine avant le collage peut être utile (cf 3.3.4). Le mordantage sélectif de l'émail va aussi permettre d'améliorer le collage.

Dans le cadre d'une utilisation en odontologie pédiatrique, l'utilisation de fraises en polymère peut être intéressante puisqu'elle présente un risque moindre de douleurs per-opératoire.

Des études ultérieures sur d'autres domaines (conséquences de la vibration, ressentie du patient ou pérennité des restaurations au long terme par exemple) ou des études comparatives entre les fraises en polymère et céramique permettraient une connaissance plus approfondie de celles-ci.

Enfin, d'autres systèmes d'évictions carieuses non mécaniques existent et peuvent suppléer ou se combiner avec un instrument mécanique pour potentiellement améliorer les résultats.

Les autres moyens d'évictions carieuses disponibles sont :

- des systèmes chémo-mécaniques (Caridex[®] ou Cariosolv[®]) ;
- des systèmes enzymatiques (Papacarie[®] ou SFC[®]) ;
- l'air-abrasion où l'on va projeter des particules abrasives ;
- la sono- et l'ultrasono-abrasion où c'est le mouvement d'un insert qui va entraîner l'éviction ;
- les lasers (Er : YAG, Er : YSGG) où une vaporisation de l'eau des tissus dentaires va entraîner des micro-explosions.

10. BIBLIOGRAPHIE

Références bibliographiques

- Abrahams JM, Jakubowski J, Liang D, McClure S. Subcutaneous emphysema to the head and neck resulting from a dental crown preparation. *J Mich Dent Assoc.* 2013; 95(3): 54-6.
- Adebayo OA, Burrow MF, Tyas MJ, Palamara J. Effect of tooth surface preparation on the bonding of self-etching primer adhesives. *Oper Dent.* 2012; 37(2): 137-49.
- Alleman DS, Magne P. A systematic approach to deep caries removal end points: the peripheral seal concept in adhesive dentistry. *Quintessence Int Berl Ger* 1985. 2012; 43(3): 197-208.
- Allen KL, Salgado TL, Janal MN, Thompson VP. Removing carious dentin using a polymer instrument without anesthesia versus a carbide bur with anesthesia. *J Am Dent Assoc* 1939. 2005; 136(5): 643-51.
- Al-Omari WM, Mitchell CA, Cunningham JL. Surface roughness and wettability of enamel and dentine surfaces prepared with different dental burs. *J Oral Rehabil.* 2001; 28(7): 645-50.
- Altinöz HC, Gökbudak R, Bayraktar A, Belli S. A pilot study of measurement of the frequency of sounds emitted by high-speed dental air turbines. *J Oral Sci.* 2001; 43(3): 189-92.
- Amsler F, Peutzfeldt A, Lussi A, Flury S. Bond Strength of Resin Composite to Dentin with Different Adhesive Systems: Influence of Relative Humidity and Application Time. *J Adhes Dent.* 2015; 17(3): 249-56.
- Anic I, Miletic I, Krmek SJ, Borcic J, Pezelj-Ribaric S. Vibrations produced during erbium:yttrium-aluminum-garnet laser irradiation. *Lasers Med Sci.* 2009; 24(5): 697-701.
- Aquilina P, McKellar G. Extensive surgical emphysema following restorative dental treatment. *Emerg Med Australas EMA.* 2004; 16(3): 244-6.
- Aswathi KK, Rani SP, Athimuthu A, Prasanna P, Patil P, Deepali KJ. Comparison of efficacy of caries removal using polymer bur and chemomechanical caries removal agent: A clinical and microbiological assessment - An in vivo study. *J Indian Soc Pedod Prev Dent.* 2017; 35(1): 6-13.
- Ayad MF. Effects of rotary instrumentation and different etchants on removal of smear layer on human dentin. *J Prosthet Dent.* 2001; 85(1): 67-72.
- Ayad MF, Maghrabi AA, Saif RE, García-Godoy F. Influence of tooth preparation burs on the roughness and bond strength of adhesives to human dentin surfaces. *Am J Dent.* 2011; 24(3): 176-82.

- Azarpazhooh A, Limeback H. The application of ozone in dentistry: a systematic review of literature. *J Dent.* 2008; 36(2): 104-16.
- Babu-Jacq S. Etude des vibrations induites dans la sphère oro-faciale lors de l'utilisation des instruments rotatifs au cours des soins dentaires et implantaire [Thèse d'exercice de chirurgie dentaire]. Nantes: Université de Nantes ; 2010. 83p.
- Bahannan S, el-Hamid AA, Bahnassy A. Noise level of dental handpieces and laboratory engines. *J Prosthet Dent.* 1993; 70(4):356-60.
- Banerjee A, Kidd EA, Watson TF. In vitro evaluation of five alternative methods of carious dentine excavation. *Caries Res.* 2000a; 34(2):144-50.
- Banerjee A, Kidd EA, Watson TF. Scanning electron microscopic observations of human dentine after mechanical caries excavation. *J Dent.* 2000b; 28(3): 179-86.
- Banerjee A, Watson TF, Kidd EA. Dentine caries excavation: a review of current clinical techniques. *Br Dent J.* 2000c; 188(9): 476-82.
- Baysan A, Whiley RA, Lynch E. Antimicrobial effect of a novel ozone- generating device on micro-organisms associated with primary root carious lesions in vitro. *Caries Res.* 2000; 34(6): 498-501.
- Berggren U, Meynert G. Dental fear and avoidance: causes, symptoms, and consequences. *J Am Dent Assoc* 1939. 1984; 109(2):247-51.
- Bhandary N, Desai A, Shetty YB. High speed handpieces. *J Int Oral Health JIOH.* 2014; 6(1): 130-2.
- Briso ALF, Mestrenner SR, Delício G, Sundfeld RH, Bedran-Russo AK, de Alexandre RS, et coll. Clinical assessment of postoperative sensitivity in posterior composite restorations. *Oper Dent.* 2007; 32(5): 421-6.
- Cardoso MV, Coutinho E, Ermis RB, Poitevin A, Van Landuyt K, De Munck J, et coll. Influence of dentin cavity surface finishing on micro-tensile bond strength of adhesives. *Dent Mater Off Publ Acad Dent Mater.* 2008; 24(4): 492-501.
- Carvalho CKS, Bezerra ACB. Microbiological assessment of saliva from children subsequent to atraumatic restorative treatment (ART). *Int J Paediatr Dent.* 2003; 13(3): 186-92.
- Celiberti P, Francescut P, Lussi A. Performance of four dentine excavation methods in deciduous teeth. *Caries Res.* 2006;40(2): 117-23.
- Choi C, Driscoll CF, Romberg E. Comparison of cutting efficiencies between electric and air-turbine dental handpieces. *J Prosthet Dent.* 2010; 103(2): 101-7.
- Corrêa FNP, Rocha R de O, Rodrigues Filho LE, Muench A, Rodrigues CRMD. Chemical versus conventional caries removal techniques in primary teeth: a microhardness study. *J Clin Pediatr Dent.* 2007; 31(3): 187-92.

- Cortes M, Pecorari VGA, Basting RT, França FMG, Turssi CP, do Amaral FLB. Effect of rotatory instrument speed on its capacity to remove demineralized and sound dentin. *Eur J Dent.* 2013; 7(4): 429-35.
- Cruz Gonzalez AC, Marín Zuluaga DJ. Clinical outcome of root caries restorations using ART and rotary techniques in institutionalized elders. *Braz Oral Res.* 31 2016; 30(1).
- Dammaschke T, Rodenberg TN, Schäfer E, Ott KHR. Efficiency of the polymer bur SmartPrep compared with conventional tungsten carbide bud bur in dentin caries excavation. *Oper Dent.* 2006; 31(2): 256-60.
- Dammaschke T, Vesnic A, Schafer E. In vitro comparison of ceramic burs and conventional tungsten carbide bud burs in dentin caries excavation. *Quintessence Int Berl Ger* 1985. 2008;39(6): 495-9.
- De Munck J, Van Landuyt K, Peumans M, Poitevin A, Lambrechts P, Braem M, et coll. A critical review of the durability of adhesion to tooth tissue: methods and results. *J Dent Res.* 2005;84(2): 118-32.
- Di Cristofaro RGR, Giner L, Mayoral JR. Comparative study of the cutting efficiency and working life of carbide burs. *J Prosthodont Off J Am Coll Prosthodont.* 2013; 22(5): 391-6.
- Dias WRL, Pereira PNR, Swift EJ. Effect of bur type on microtensile bond strengths of self-etching systems to human dentin. *J Adhes Dent.* 2004; 6(3): 195-203.
- Direction Générale de la Santé. Guide de prévention des infections liées aux soins en chirurgie dentaire et en stomatologie. Paris : Ministère de la Santé ; 2006. 72p.
- Divya G, Prasad MG, Vasa AAK, Vasanthi D, Ramanarayana B, Mynampati P. Evaluation of the Efficacy of Caries Removal Using Polymer Bur, Stainless Steel Bur, Carisolv, Papacarie - An Invitro Comparative Study. *J Clin Diagn Res JCDR.* 2015; 9(7): ZC42-46.
- Ebrahimi M, Naseh A, Abdollahi M, Shirazi AS. Can Chlorhexidine enhance the Bond Strength of Self-etch and Etch-and-rinse Systems to Primary Teeth Dentin? *J Contemp Dent Pract.* 2018; 19(4): 404-8.
- Eick JD, Johnson LN, Fromer JR, Good RJ, Neumann AW. Surface topography: its influence on wetting and adhesion in a dental adhesive system. *J Dent Res.* 1972; 51(3): 780-8.
- Ercoli C, Rotella M, Funkenbusch PD, Russell S, Feng C. In vitro comparison of the cutting efficiency and temperature production of 10 different rotary cutting instruments. Part I: Turbine. *J Prosthet Dent.* 2009a; 101(4): 248-61.
- Ercoli C, Rotella M, Funkenbusch PD, Russell S, Feng C. In vitro comparison of the cutting efficiency and temperature production of ten different rotary cutting instruments. Part II: electric handpiece and comparison with turbine. *J Prosthet Dent.* 2009b; 101(5): 319-31.

- Ersin NK, Uzel A, Aykut A, Candan U, Eronat C. Inhibition of cultivable bacteria by chlorhexidine treatment of dentin lesions treated with the ART technique. *Caries Res.* 2006; 40(2): 172-7.
- Estrade D. Des fraises boules en céramique pour enlever la carie. *Inf Dent.* 2011; 6: 29-30.
- Farag A, van der Sanden WJM, Abdelwahab H, Mulder J, Frencken JE. 5-Year survival of ART restorations with and without cavity disinfection. *J Dent.* 2009; 37(6): 468-74.
- Ferraz C, Freire AR, Mendonça JS, Fernandes C a. O, Cardona JC, Yamauti M. Effectiveness of Different Mechanical Methods on Dentin Caries Removal: Micro-CT and Digital Image Evaluation. *Oper Dent.* 2015; 40(3): 263-70.
- Ferraz C, Thé PL, Mendonça JS, Fernandes CA, Rodrigues LKA, Yamauti M. Effectiveness of different removal methods of artificially demineralized dentin. *Arq Em Odontol.* 2014; 50(2): 56-62.
- Frencken JE, Peters MC, Manton DJ, Leal SC, Gordan VV, Eden E. Minimal intervention dentistry for managing dental caries - a review: report of a FDI task group. *Int Dent J.* 2012; 62(5): 223-43.
- Galindo DF, Ercoli C, Funkenbusch PD, Greene TD, Moss ME, Lee H-J, et coll. Tooth preparation: a study on the effect of different variables and a comparison between conventional and channeled diamond burs. *J Prosthodont Off J Am Coll Prosthodont.* 2004; 13(1): 3-16.
- Gazal G, Al-Samadani KH. Comparison of paracetamol, ibuprofen, and diclofenac potassium for pain relief following dental extractions and deep cavity preparations. *Saudi Med J.* 2017; 38(3): 284-91.
- Geminiani A, Abdel-Azim T, Ercoli C, Feng C, Meirelles L, Massironi D. Influence of oscillating and rotary cutting instruments with electric and turbine handpieces on tooth preparation surfaces. *J Prosthet Dent.* 2014; 112(1): 51-8.
- Gheorghiu I-M, MARASCU V, STAICU D, ZMARANDACHE D, PERLEA P. Comparative ultrastructural analysis of dentin surfaces mechanically prepared using carbon steel conventional burs and polymer burs. *Romanian Biotechnol Lett.* 2017; 22(4): 10.
- Hajizadeh H, Ghavamnasiri M, Majidinia S. Randomized clinical evaluation of the effect of chlorhexidine on postoperative sensitivity of posterior composite resin restorations. *Quintessence Int Berl Ger* 1985. 2013; 44(10): 793-8.
- Hevinga MA, Opdam NJ, Frencken JE, Truin GJ, Huysmans MCDNJM. Does incomplete caries removal reduce strength of restored teeth? *J Dent Res.* 2010; 89(11): 1270-5.
- van 't Hof MA, Frencken JE, van Palenstein Helderma WH, Holmgren CJ. The atraumatic restorative treatment (ART) approach for managing dental caries: a meta-analysis. *Int Dent J.* 2006; 56(6): 345-51.

- Horowitz I, Hirshberg A, Freedman A. Pneumomediastinum and subcutaneous emphysema following surgical extraction of mandibular third molars: three case reports. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol.* 1987; 63(1): 25-8.
- Inoue G, Tsuchiya S, Nikaido T, Foxton RM, Tagami J. Morphological and mechanical characterization of the acid-base resistant zone at the adhesive-dentin interface of intact and caries-affected dentin. *Oper Dent.* 2006; 31(4): 466-72.
- Isik EE, Olmez A, Akca G, Sultan N. A microbiological assessment of polymer and conventional carbide burs in caries removal. *Pediatr Dent.* 2010; 32(4): 316-23.
- Jager S. Les résines composites fluides : données actuelles [Thèse d'exercice]. Nancy : Université de Lorraine. Faculté d'odontologie ; 2011. 153p.
- Jung M, Wehlen LO, Klimek J. Surface roughness and bond strength of enamel to composite. *Dent Mater Off Publ Acad Dent Mater.* 1999; 15(4): 250-6.
- K Suma N, K Shashibhushan K, Subba Reddy VV. Effect of Dentin Disinfection with 2% Chlorhexidine Gluconate and 0.3% Iodine on Dentin Bond Strength: An in vitro Study. *Int J Clin Pediatr Dent.* 2017; 10(3): 223-8.
- Kenshima S, Reis A, Uceda-Gomez N, Tancredo L de LF, Filho LER, Nogueira FN, et coll. Effect of smear layer thickness and pH of self-etching adhesive systems on the bond strength and gap formation to dentin. *J Adhes Dent.* 2005; 7(2): 117-26.
- Khijmatgar S, Balagopal S. Minimally Invasive Dentistry: Polymer Burs. *J Dent Oral Biol.* 2016; 1(2):3.
- Kidd E a. M. How « clean » must a cavity be before restoration? *Caries Res.* 2004; 38(3): 305-13.
- Kidd EA, Joyston-Bechal S, Beighton D. The use of a caries detector dye during cavity preparation: a microbiological assessment. *Br Dent J.* 1993; 174(7): 245-8.
- Kidd EA, Ricketts DN, Beighton D. Criteria for caries removal at the enamel-dentine junction: a clinical and microbiological study. *Br Dent J.* 1996; 180(8): 287-91.
- Kochhar GK, Srivastava N, Pandit IK, Gugnani N, Gupta M. An evaluation of different caries removal techniques in primary teeth: a comparative clinical study. *J Clin Pediatr Dent.* 2011; 36(1): 5-9.
- Koibuchi H, Yasuda N, Nakabayashi N. Bonding to dentin with a self-etching primer: the effect of smear layers. *Dent Mater Off Publ Acad Dent Mater.* 2001; 17(2): 122-6.
- Lauer HC, Kraft E, Rothlauf W, Zwingers T. Effects of the temperature of cooling water during high-speed and ultrahigh-speed tooth preparation. *J Prosthet Dent.* 1990; 63(4): 407-14.

- Leal AM, Serra KG, Queiroz RC, Araújo MA, Maia Filho EM. Fear and/or anxiety of children and parents associated with the dental environment. *Eur J Paediatr Dent Off J Eur Acad Paediatr Dent*. 2013; 14(4): 269-72.
- Lee K-W, Son H-H, Yoshiyama M, Tay FR, Carvalho RM, Pashley DH. Sealing properties of a self-etching primer system to normal caries-affected and caries-infected dentin. *Am J Dent*. 2003; 16 Spec No: 68A-72A.
- Lennon AM, Attin T, Buchalla W. Quantity of remaining bacteria and cavity size after excavation with FACE, caries detector dye and conventional excavation in vitro. *Oper Dent*. 2007; 32(3): 236-41.
- Lennon AM, Attin T, Martens S, Buchalla W. Fluorescence-aided caries excavation (FACE), caries detector, and conventional caries excavation in primary teeth. *Pediatr Dent*. 2009; 31(4): 316-9.
- Lennon AM, Buchalla W, Rassner B, Becker K, Attin T. Efficiency of 4 caries excavation methods compared. *Oper Dent*. 2006; 31(5): 551-5.
- Lowe RA. The dental handpiece: technology continues to impact everyday practice. *Compend Contin Educ Dent Jamesburg NJ* 1995. 2015; 36(4): 300-1.
- Luque-Martinez IV, Mena-Serrano A, Muñoz MA, Hass V, Reis A, Loguercio AD. Effect of bur roughness on bond to sclerotic dentin with self-etch adhesive systems. *Oper Dent*. 2013; 38(1): 39-47.
- Malmström HS, Chaves Y, Moss ME. Patient preference: conventional rotary handpieces or air abrasion for cavity preparation. *Oper Dent*. 2003; 28(6): 667-71.
- McInnes-Ledoux P, Ledoux WR, Weinberg R. Bond strength of dentinal bonding agents to chemomechanically prepared dentin. *Dent Mater Off Publ Acad Dent Mater*. 1987; 3(6): 331-6.
- Medioni E, Rocca J-P, Fornaini C, Merigo E. Histological evaluation of three techniques for caries removal. *J Oral Sci*. 2016; 58(4): 583-9.
- Meller C, Welk A, Zeligowski T, Splieth C. Comparison of dentin caries excavation with polymer and conventional tungsten carbide burs. *Quintessence Int Berl Ger* 1985. 2007; 38(7): 565-9.
- Mertz-Fairhurst EJ, Curtis JW, Ergle JW, Rueggeberg FA, Adair SM. Ultraconservative and cariostatic sealed restorations: results at year 10. *J Am Dent Assoc* 1939. 1998; 129(1): 55-66.
- Mount GJ, Hume WR. A revised classification of carious lesions by site and size. *Quintessence Int Berl Ger* 1985. 1997; 28(5): 301-3.
- Mousquès J. Étude de l'environnement sonore des travaux pratiques d'odontologie et de son impact sur l'audition du corps enseignant [Thèse d'exercice]. Bordeaux : Université de Bordeaux. UFR des Sciences Odontologiques ; 2014. 62p.

- Nadanovsky P, Cohen Carneiro F, Souza de Mello F. Removal of caries using only hand instruments: a comparison of mechanical and chemo-mechanical methods. *Caries Res.* 2001; 35(5): 384-9.
- Nakajima M, Kanemura N, Pereira PN, Tagami J, Pashley DH. Comparative microtensile bond strength and SEM analysis of bonding to wet and dry dentin. *Am J Dent.* 2000; 13(6): 324-8.
- Naute O. Les techniques d'éviction carieuses: mise au point en 2014 [Thèse d'exercice]. [Toulouse]: Université Paul Sabatier - Toulouse III ; 2014. 118p.
- Neves A, Coutinho E, Cardoso MV, Lambrechts P, Van Meerbeek B. Current concepts and techniques for caries excavation and adhesion to residual dentin. *J Adhes Dent.* 2011a; 13(1): 7-22.
- Neves A de A, Coutinho E, Cardoso MV, de Munck J, Van Meerbeek B. Micro-tensile bond strength and interfacial characterization of an adhesive bonded to dentin prepared by contemporary caries-excitation techniques. *Dent Mater Off Publ Acad Dent Mater.* 2011b; 27(6): 552-62.
- Neves A de A, Coutinho E, De Munck J, Van Meerbeek B. Caries-removal effectiveness and minimal-invasiveness potential of caries-excitation techniques: a micro-CT investigation. *J Dent.* 2011c; 39(2): 154-62.
- Neves AA, Coutinho E, De Munck J, Lambrechts P, Van Meerbeek B. Does DIAGNOdent provide a reliable caries-removal endpoint? *J Dent.* 2011d; 39(5): 351-60.
- Ogata M. Clinical factors influencing dentin bonding. [Tokyo]: Tokyo Medical and Dental University; 2003.
- Ogata M, Harada N, Yamaguchi S, Nakajima M, Tagami J. Effect of self-etching primer vs phosphoric acid etchant on bonding to bur-prepared dentin. *Oper Dent.* 2002; 27(5): 447-54. 68p.
- Oliveira SSA, Pugach MK, Hilton JF, Watanabe LG, Marshall SJ, Marshall GW. The influence of the dentin smear layer on adhesion: a self-etching primer vs. a total-etch system. *Dent Mater Off Publ Acad Dent Mater.* 2003; 19(8): 758-67.
- Oliviera DSB de, Barreiros D, Silva LAB da, Silva RAB da, Nelson-Filho P, Kuchler EC. The effect of polymer burs on microbiological reduction of carious dentin in deciduous teeth: a systematic review. *Dent* 3000. 2016; 4(1): 17-24.
- Ottl P, Lauer HC. Temperature response in the pulpal chamber during ultrahigh-speed tooth preparation with diamond burs of different grit. *J Prosthet Dent.* 1998; 80(1): 12-9.
- Oztürk B, Uşümez A, Oztürk AN, Ozer F. In vitro assessment of temperature change in the pulp chamber during cavity preparation. *J Prosthet Dent.* 2004; 91(5): 436-40.

- Pandit IK, Srivastava N, Gugnani N, Gupta M, Verma L. Various methods of caries removal in children: A comparative clinical study. *J Indian Soc Pedod Prev Dent.* 2007; 25(2): 93.
- Pereira Nogueira P, Cavalli V, Liporoni PCS, do Rego MA. Hybrid layer width after conventional diamond, carbide and ultra-sound CVD burs. *J Clin Pediatr Dent.* 2012; 37(1): 53-7.
- Peters MC, McLean ME. Minimally invasive operative care. I. Minimal intervention and concepts for minimally invasive cavity preparations. *J Adhes Dent.* 2001a; 3(1): 7-16.
- Peters MC, McLean ME. Minimally invasive operative care. II. Contemporary techniques and materials: an overview. *J Adhes Dent.* 2001b; 3(1): 17-31.
- Pinto GDS, Oliveira LJC, Romano AR, Schardosim LR, Bonow MLM, Pacce M, et coll. Longevity of posterior restorations in primary teeth: results from a paediatric dental clinic. *J Dent.* 2014; 42(10): 1248-54.
- Prabhakar A, Kiran NK. Clinical evaluation of polyamide polymer burs for selective carious dentin removal. *J Contemp Dent Pract.* 2009; 10(4): 26-34.
- Qsaibati ML, Ibrahim O. Noise levels of dental equipment used in dental college of Damascus University. *Dent Res J.* 2014; 11(6): 624-30.
- Rahimtoola S, van Amerongen E, Maher R, Groen H. Pain related to different ways of minimal intervention in the treatment of small caries lesions. *ASDC J Dent Child.* 2000; 67(2): 123-7, 83.
- Rajakumar S, Mungara J, Joseph E, Philip J, Shilpa Priya MP. Evaluation of three different caries removal techniques in children: a comparative clinical study. *J Clin Pediatr Dent.* 2013; 38(1): 23-6.
- Ramezani Nik I, Baradaran Naseri E, Majidinia S, Ramezani Nik S, Jafari Giv M. Effect of Chlorhexidine and Ethanol on Microleakage of Composite Resin Restoration to Dentine. *Chin J Dent Res Off J Sci Sect Chin Stomatol Assoc CSA.* 2017; 20(3): 161-8.
- Rirattanapong P, Senawongse P, Harnirattisal C, Wunsiw W. Effect of Smear Layers Created by Different Burs on Durability of Self-Etching Adhesive Bond to Dentin of Primary Teeth. *J Clin Pediatr Dent.* 2015; 39(3):224-30.
- Rotella M, Ercoli C, Funkenbusch PD, Russell S, Feng C. Performance of single-use and multiuse diamond rotary cutting instruments with turbine and electric handpieces. *J Prosthet Dent.* 2014; 111(1):56-63.
- Sajjanshetty S, Hugar D, Hugar S, Ranjan S, Kadani M. Decontamination Methods Used for Dental Burs – A Comparative Study. *J Clin Diagn Res JCDR.* 2014; 8(6): ZC39-41.
- Sampaio Fernandes JC, Carvalho APO, Gallas M, Vaz P, Matos PA. Noise levels in dental schools. *Eur J Dent Educ Off J Assoc Dent Educ Eur.* 2006; 10(1):32-7.

- Sancakli HS, Siso SH, Yildiz SO, Gökçe YB. Antibacterial Effect of Surface Pretreatment Techniques against *Streptococcus Mutans*. *Niger J Clin Pract*. 2018; 21(2): 170-5.
- Sattabanasuk V, Vachiramon V, Qian F, Armstrong SR. Resin-dentin bond strength as related to different surface preparation methods. *J Dent*. 2007; 35(6):467-75.
- Schmidlin PR, Zimmermann J, Bindl A. Effect of ozone on enamel and dentin bond strength. *J Adhes Dent*. 2005; 7(1): 29-32.
- Schwendicke F, Dörfer CE, Paris S. Incomplete caries removal: a systematic review and meta-analysis. *J Dent Res*. 2013; 92(4): 306-14.
- Schwendicke F, Frencken JE, Bjørndal L, Maltz M, Manton DJ, Ricketts D, et coll. Managing Carious Lesions: Consensus Recommendations on Carious Tissue Removal. *Adv Dent Res*. 2016; 28(2): 58-67.
- Sein H, Ahmed W, Rego CA, Jones AN, Amar M, Jackson M, et coll. Chemical vapour deposition diamond coating on tungsten carbide dental cutting tools. *J Phys Condens Matter*. 2003; 15(39): S2961.
- Semeraro S, Mezzanzanica D, Spreafico D, Gagliani M, Re D, Tanaka T, et coll. Effect of different bur grinding on the bond strength of self-etching adhesives. *Oper Dent*. 2006; 31(3): 317-23.
- Shahbazian M, Bertrand P, Abarca M, Jacobs R. Occupational changes in manual tactile sensibility of the dentist. *J Oral Rehabil*. 2009; 36(12): 880-6.
- Siegel SC, von Fraunhofer JA. The effect of handpiece spray patterns on cutting efficiency. *J Am Dent Assoc* 1939. 2002; 133(2): 184-8.
- Silva NRFA, Carvalho RM, Pegoraro LF, Tay FR, Thompson VP. Evaluation of a self-limiting concept in dentinal caries removal. *J Dent Res*. 2006; 85(3): 282-6.
- Singhal DK, Acharya S, Thakur AS. Microbiological analysis after complete or partial removal of carious dentin using two different techniques in primary teeth: A randomized clinical trial. *Dent Res J*. 2016; 13(1): 30-7.
- Smales RJ, Yip H-K. The atraumatic restorative treatment (ART) approach for the management of dental caries. *Quintessence Int Berl Ger* 1985. 2002; 33(6): 427-32.
- Smith G, Smith A. Microbial contamination of used dental handpieces. *Am J Infect Control*. 2014; 42(9): 1019-21.
- Takamori K, Furukawa H, Morikawa Y, Katayama T, Watanabe S. Basic study on vibrations during tooth preparations caused by high-speed drilling and Er:YAG laser irradiation. *Lasers Surg Med*. 2003; 32(1): 25-31.
- Tay FR, Carvalho R, Sano H, Pashley DH. Effect of smear layers on the bonding of a self-etching primer to dentin. *J Adhes Dent*. 2000; 2(2): 99-116.

- Tay FR, Pashley DH. Aggressiveness of contemporary self-etching systems. I: Depth of penetration beyond dentin smear layers. *Dent Mater Off Publ Acad Dent Mater.* 2001; 17(4): 296-308.
- Thomas MS, Kundabala M. Pulp hyperthermia during tooth preparation: the effect of rotary--instruments, lasers, ultrasonic devices, and airborne particle abrasion. *J Calif Dent Assoc.* 2012; 40(9): 720-31.
- Tiwari M, Tyagi S, Nigam M, Rawal M, Meena S, Chowdhary A. Dental Smart Materials. Yadav NS, éditeur. *J Orofac Res.* 2015; 5(4): 125-9.
- Toledano M, Cabello I, Yamauti M, Osorio R. Differential resin-dentin bonds created after caries removal with polymer burs. *Microsc Microanal Off J Microsc Soc Am Microbeam Anal Soc Microsc Soc Can.* 2012; 18(3): 497-508.
- Toledano M, Ghinea R, Cardona JC, Cabello I, Yamauti M, Pérez MM, et coll. Digital image analysis method to assess the performance of conventional and self-limiting concepts in dentine caries removal. *J Dent.* 2013; 41 (Suppl 3): e31-38.
- Umino A, Nikaido T, Sultana S, Ogata M, Tagami J. Effects of smear layer and surface moisture on dentin bond strength of a waterless all-in-one adhesive. *Dent Mater J.* 2006; 25(2): 332-8.
- Union Française pour la Santé Bucco-Dentaire. La gestion des déchets d'activités de soins. Paris : UFSBD ; 2018. 1p
- Usha C, Ranjani R. Comparative Evaluation of Commercially Available Polymer Burs for their Efficacy on Dentinal Caries Removal – Split tooth study using Polarized Light Microscopy. *Journal of Scientific Dentistry*; 2012.
- Vadiakas GP, Oulis C. A review of dentine-bonding agents and an account of clinical applications in paediatric dentistry. *Int J Paediatr Dent.* 1994; 4(4): 209-16.
- Villat C, Attal JP, Brulat N, Decup F, Doméjean S, Dursun E, et coll. One-step partial or complete caries removal and bonding with antibacterial or traditional self-etch adhesives: study protocol for a randomized controlled trial., One-step partial or complete caries removal and bonding with antibacterial or traditional self-etch adhesives: study protocol for a randomized controlled trial. *Trials* 2016; 17, 17(1): 404-404.
- Wahba W, Sharaf A, Bakery N, Nagui D. Evaluation of polymer bur for carious dentin removal in primary teeth. *Alex Dent J.* 2015; 107-12.
- Watson TF, Flanagan D, Stone DG. High and low torque handpieces: cutting dynamics, enamel cracking and tooth temperature. *Br Dent J.* 2000; 188(12): 680-6.
- Weerheijm KL, Groen HJ. The residual caries dilemma. *Community Dent Oral Epidemiol.* 1999; 27(6): 436-41.

- Yip HK, Samaranayake LP. Caries removal techniques and instrumentation: a review. Clin Oral Investig. 1998; 2(4): 148-54.
- Yiu CKY, Hiraishi N, King NM, Tay FR. Effect of dentinal surface preparation on bond strength of self-etching adhesives. J Adhes Dent. 2008; 10(3): 173-82.
- Yoshiyama M, Tay FR, Doi J, Nishitani Y, Yamada T, Itou K, et coll. Bonding of self-etch and total-etch adhesives to carious dentin. J Dent Res. 2002; 81(8): 556-60.
- Zach L, Cohen G. Pulp response to externally applied heat. Endodontics. 1963; 515-30.
- Zakirulla M, Uloopi KS, Subba Reddy VV. In vivo comparison of reduction in bacterial count after caries excavation with 3 different techniques. J Dent Child Chic Ill. 2011; 78(1): 31-5.

Références bibliographiques électroniques

- Ashish K. Seminar on : Enamel, Dentin, Pulp [Internet]. 2012 [consulté le 21 avr 2018]. Disponible sur : <https://www.slideshare.net/ashish1801/1-enamel-dentin-pulp>
- Black GV. The technical procedures in filling teeth [Internet]. Chicago : The H.O. Shepard Co., Printers ; 1899 [consulté le 19 févr 2018]. Disponible sur : <http://archive.org/details/technicalproced00blac>
- Centre canadien d'hygiène et de sécurité au travail. Vibrations - Effets sur la santé [Internet]. 2018 [consulté le 9 avr 2018]. Disponible sur : https://www.cchst.ca/oshanswers/phys_agents/vibration/vibration_effects.html
- Delannoy T. La carie et ses conséquences [Internet]. [consulté le 16 avr 2018]. Disponible sur : <http://docteurdelannoy.free.fr/carie.html>
- Dentisfuturis. Si/Sta la nouvelle classification des lésions carieuses [Internet]. 2003 [consulté le 23 mars 2018]. Disponible sur : <https://www.dentisfuturis.com/sista-la-nouvelle-classification-des-lesions-carieuses/>
- Donovan TE, Scott Eidson R. Instruments and Equipment for Tooth Preparation [Internet]. 2015 [consulté le 5 févr 2018]. Disponible sur : <https://pocketdentistry.com/6-instruments-and-equipment-for-tooth-preparation/>
- Freedman G, Goldstep F. Polymer Preparation Instruments New Paradigm in Selective Dentin Removal [Internet]. 2003 [consulté le 18 déc 2017]. Disponible sur : <http://www.dentistrytoday.com/restorative-134/1884--sp-1262752119>

- Graham L. A Step-by-Step Approach for Caries Removal by Protecting Healthy Tooth Structure from Excessive Dentin Removal [Internet]. 2008 [consulté le 16 déc 2017]. Disponible sur : <https://www.aegisdentalnetwork.com/id/2008/12/a-step-by-step-approach-for-caries-removal-by-protecting-healthy-tooth-structure-from-excessive-dentin-removal>
- Institut national de recherche et de sécurité. Vibrations transmises aux membres supérieurs : effets sur la santé [Internet]. 2013 [consulté le 9 avr 2018]. Disponible sur : <http://www.inrs.fr/risques/vibration-membres-superieurs/effets-sante.html>
- Institut national de recherche et de sécurité. Syndrome des vibrations : la main et le bras en danger [Internet]. 2015 [consulté le 4 juin 2018]. Disponible sur : <http://www.inrs.fr/media.html?refINRS=ED%206204>
- ISO, Organisation internationale de normalisation [Internet]. [consulté le 3 juin 2018]. Disponible sur : <https://www.iso.org/fr/home.html>
- Komet. Excavation K1SM : céramique de haute performance pour une excavation intuitive [Internet]. 2014 [consulté le 17 dec 2017]. Disponible sur : cms.kometdental.de/fileadmin/user_upload/410458.pdf
- Komet. Excavation H1SEM : L'innovation pour un traitement tout en douceur [Internet]. 2016a [Consulté le 17 dec 2017]. Disponible sur : http://cms.kometdental.de/fileadmin/user_upload/pdfs/pdf_pis_ab_2018/KF_EN/410450.pdf
- Komet. Excavation Polybur : Instrument en polymère pour l'excavation à proximité de la pulpe [Internet]. 2016b [Consulté le 17 dec 2017]. Disponible sur : http://cms.kometdental.de/fileadmin/user_upload/410466V2_PI_KF_PolyBur.pdf
- Le matériel dentaire. Dentisterie restauratrice [Internet]. 2012 [consulté le 4 juin 2018]. Disponible sur : <https://achatmaterieldentiste.wordpress.com/2012/09/26/dentisterie-restauratrice/>
- Meriam Webster. Definition of Torque [Internet]. [consulté le 30 oct 2017]. Disponible sur : <https://www.merriam-webster.com/dictionary/torque>
- Pelissier B, Parahy F, Parahy M, Brugeaud E, Chazel J-C. Apport des fraises céramiques dans le curetage de la lésion carieuse [Internet]. 2015 [consulté le 11 juin 2018]. Disponible sur : <https://www.dentalespace.com/praticien/formationcontinue/apport-fraises-ceramiques-dans-curetage-lesion-carieuse/>

- Sixou J, Huet A, Robert J-C. L'anesthésie locale chez l'enfant [Internet]. 2010 [consulté le 23 avr 2018]. Disponible sur : <https://www.lefildentaire.com/articles/clinique/pedodontie/l-anesthesie-locale-chez-l-enfant/>
- SS White. Smartburs II : conservative decay removal instruments [Internet]. 2016 [consulté le 2 avr 2018]. Disponible sur : <http://www.sswhitedental.com/media/product-pdf/smart-burs/smartbursbrochure.pdf>
- Strassler H. Caries Removal Using Polymer Burs [Internet]. 2011 [consulté le 16 déc 2017]. Disponible sur : <https://www.aegisdentalnetwork.com/id/2011/08/dentin-safe-self-limiting-medical-grade-burs-can-help-preserve-healthy-tissue-during-caries-excavation>
- Vijay Kumar S, Anil C, Aseem Prakash T, Promila V, Rakesh Kumar Y. A comparative evaluation of dentin caries removal with polymer bur and conventional burs—An *in vitro* study. Open J Stomatol [Internet]. 2012 [consulté le 8 janv 2018]; 2 : 12-15. Disponible sur : <http://www.scirp.org/journal/PaperInformation.aspx?PaperID=18206>
- W&H. Domaines d'application et vitesses recommandées pour les turbines, contre-angles et pièces à main [Internet]. 2004 [consulté le 10 janv 2018]. Disponible sur : https://www.wh.com/mam/pdf/whcom/fr_france/newsroom/news/domaines_d_application_et_vitesses_afr.pdf

**LESCROART Quentin – L'éviction carieuse par moyens mécaniques :
données actuelles.**

Nancy 2019 : 104 pages. 17 figures. 9 tableaux.

Th. : Chir.-Dent. : Nancy 2018

Mots-clefs : Dental bur, Ceramic dental bur, polymer bur, dental turbine, dental electric handpiece.

Résumé :

L'éviction du tissu dentaire infecté est, et reste, une étape préalable indispensable à la thérapeutique de la lésion cavitaire d'origine carieuse. De nombreuses techniques ont été décrites et mise en œuvre afin d'optimiser au mieux les propriétés de chaque instrument et de chaque matériau. L'intérêt se porte tant sur l'éviction de l'ensemble du contenu infecté, que sur la préservation du tissu dentaire (technique minimalement invasive), les ressentis post-opératoires des patients ou encore les propriétés du tissu résiduel en vue de sa restauration future.

Dans un premier temps, nous détaillerons un historique des techniques passées, puis mettrons en exergue un cahier des charges, le plus satisfaisant du point de vue du clinicien ainsi que du patient. Puis, nous établirons les principales propriétés des différents moyens d'éviction carieuse mécaniques afin de les confronter dans un dernier temps entre eux, mais également vis-à-vis des doléances précédentes, ceci ayant pour but d'établir une solution idéale à la vue des données actuelles de la science.

Membres du Jury :

Pr. C. STRAZIELLE	Professeure des universités	Présidente
<u>Dr. C. AMORY</u>	<u>Maître de Conférences des universités</u>	<u>Directeur de thèse</u>
<u>Dr. M. VINCENT</u>	<u>Maître de Conférences des universités</u>	<u>Co-Directeur</u>
Dr. C. HAMIOT GEBHARD	Assistante hospitalo-universitaire	Juge

Adresse de l'auteur :

Quentin LESCROART
4, rue Boulay de la Meurthe
54000 NANCY

Jury : Président : C. STRAZIELLE – Maître de Conférences des Universités
 Juges : C. AMORY – Maître de Conférences des Universités
 M. VINCENT – Maître de Conférences des Universités
 C. HAMIOT GEBHARD – Assistante Hospitalo-Universitaire

Thèse pour obtenir le diplôme d'État de Docteur en Chirurgie Dentaire

Présentée par : **Monsieur LESCROART Quentin**

né(e) à : **Laxou (Meurthe-et-Moselle)**

le **27 avril 1992**

et ayant pour titre : « **L'éviction carieuse par moyens mécaniques : données actuelles** ».

Le Président du jury



C. STRAZIELLE

Le Doyen,
de la Faculté d'Odontologie



FACULTÉ
D'ODONTOLOGIE
DE LORRAINE

J.M. MARTRETTE

Autorise à soutenir et imprimer la thèse **10 552**

NANCY, le **26 NOV. 2018**

Le Président de l'Université de Lorraine



Université de Lorraine
Le Président
P. MUTZENHARDT