

UNIVERSITE DE STRASBOURG
FACULTE DE CHIRURGIE DENTAIRE

Année 2017

N°53

THESE

Présentée pour le
DIPLOME D'ETAT DE DOCTEUR EN CHIRURGIE DENTAIRE
le 21 Novembre 2017

Par

David MESSAS

Né le 26 Novembre 1992 à Strasbourg

**Evaluation qualitative des empreintes physico-
chimiques en secteur libéral dans la région du Bas-Rhin**

Président : Professeur WALTER Béatrice

Assesseurs : Docteur ETIENNE Olivier

Docteur BAHI-GROSS Sophie

Docteur SALEHI Ali

Membre invité : Mr KRESS Philippe

UNIVERSITE DE STRASBOURG

FACULTE DE CHIRURGIE DENTAIRE DE STRASBOURG

Doyen : Professeur C. TADDEI-GROSS

Doyens honoraires : Professeur R. FRANK
Professeur M. LEIZE
Professeur Y. HAIKEL

Professeurs émérites : Professeur W. BACON
Professeur H. TENENBAUM

Responsable des Services Administratifs : Mme F. DITZ-MOUGEL

Professeurs des Universités

V. BALL	Ingénierie Chimique, Energétique - Génie des Procédés
A. BLOCH-ZUPAN	Sciences Biologiques
F. CLAUSS	Odontologie Pédiatrique
J-L. DAVIDEAU	Parodontologie
Y. HAIKEL	Odontologie Conservatrice - Endodontie
O. HUCK	Parodontologie
M-C. MANIERE	Odontologie Pédiatrique
F. MEYER	Sciences Biologiques
M. MINOUX	Odontologie Conservatrice - Endodontie
A-M. MUSSET	Prévention - Epidémiologie - Economie de la Santé - Odontologie Légale
C. TADDEI	Prothèses
B. WALTER	Prothèses

Maîtres de Conférences

S. BAHY-GROSS	Chirurgie Buccale - Pathologie et Thérapeutique - Anesthésiologie et Réanimation
L. BIGEARD	Prévention - Epidémiologie - Economie de la Santé - Odontologie Légale
Y. BOLENDER	Orthopédie Dento-Faciale
F. BORNERT	Chirurgie Buccale - Pathologie et Thérapeutique - Anesthésiologie et Réanimation
A. BOUKARI	Chirurgie Buccale - Pathologie et Thérapeutique - Anesthésiologie et Réanimation
O. ETIENNE	Prothèses
F. FIORETTI	Odontologie Conservatrice - Endodontie
C-I. GROS	Sciences Anatomiques et Physiologiques, Occlusodontiques - Biomatériaux - Biophysique - Radiologie
S. JUNG	Sciences Biologiques
N. LADHARI	Sciences Anatomiques et Physiologiques, Occlusodontiques - Biomatériaux - Biophysique - Radiologie
F. OBRY	Odontologie Pédiatrique
D. OFFNER	Prévention - Epidémiologie - Economie de la Santé - Odontologie Légale
R. SERFATY	Odontologie Conservatrice - Endodontie
M. SOELL	Parodontologie
E. WALTMANN	Prothèses

Equipes de Recherche

N. JESSEL	INSERM / Directeur de Recherche
Ph. LAVALLE	INSERM / Directeur de Recherche
H. LESOT	CNRS / Directeur de Recherche
M-H. METZ-BOUTIGUE	INSERM / Directeur de Recherche
P. SCHAAF	UdS / Professeur des Universités / Directeur d'Unité
B. SENGER	INSERM / Directeur de Recherche

Remerciements

A Madame le Professeur Béatrice WALTER

Professeur des Universités

Chef du Département de Prothèses

Praticien Hospitalier au Département de Prothèses

STRASBOURG

Je vous remercie pour l'honneur que vous me faites en acceptant la présidence de ce jury de thèse.

Merci pour votre aide et de votre disponibilité dans l'élaboration de ce travail.

Tout au long de ces années, vous avez eu la patience de nous faire partager votre expérience ainsi que votre passion pour la prothèse conjointe.

Merci d'avoir toujours été présente et d'avoir toujours pris le temps de répondre à nos questions.

Je vous prie d'agréer l'expression de mon respect le plus sincère, et de croire en ma profonde reconnaissance.

A Monsieur le Docteur Olivier ETIENNE

Maître de Conférences Universitaire,
Docteur en Chirurgie Dentaire,
Praticien Hospitalier au Département de Prothèses

STRASBOURG

Je vous remercie de m'avoir fait l'honneur d'accepter la direction de cette thèse.

Je vous suis reconnaissant pour vos nombreux conseils dans l'élaboration de ce travail ainsi que pour votre rapidité de correction.

Merci d'avoir su vous rendre disponible lorsque je vous ai sollicité. Vous avez su me faire partager votre passion, ainsi que votre rigueur.

Veillez trouver dans cette thèse l'expression de mes sincères remerciements et de mon profond respect.

A Madame le Docteur Sophie BAHI-GROSS

Maître de Conférences Universitaire

Docteur en Chirurgie Dentaire

Praticien Hospitalier au Département de Pathologie et Chirurgie buccale

STRASBOURG

Je vous remercie de me faire l'honneur de siéger au sein de ce jury.

Merci de nous avoir transmis vos connaissances, vos techniques, et surtout merci pour votre enthousiasme, qui a fait de notre apprentissage quotidien un réel plaisir de découvrir et d'avancer dans notre formation, tout en nous transmettant votre passion pour la chirurgie.

Veillez trouver ici l'expression de ma profonde reconnaissance et de mes respectueux remerciements.

A Monsieur le Docteur Ali SALEHI

Docteur en Chirurgie Dentaire

Attaché au Département de Prothèses

STRASBOURG

Je vous remercie de me faire l'honneur de siéger au sein de ce jury.

Merci pour la qualité de l'enseignement que vous m'avez apporté tout au long de ma formation clinique, votre rigueur de travail et votre pédagogie m'ont permis d'acquérir beaucoup de connaissances tout au long de mon cursus.

Veillez trouver ici l'expression de mes sincères salutations et de mes respectueux remerciements.

A Monsieur Philippe KRESS

Prothésiste Dentaire

STRASBOURG

Je vous remercie de me faire l'honneur de votre présence au sein de ce jury.

Merci de m'avoir conseillé et guidé dans ce projet d'étude. Vous avez su également m'adresser au mieux pour la réalisation de ce travail.

Je vous suis reconnaissant de votre disponibilité ainsi que de votre accueil, et ce tout au long du projet.

Veillez trouver dans ce travail l'expression de mes sincères remerciements et de ma profonde considération.

Merci à tous les prothésistes, qui m'ont accueilli chaleureusement dans leur laboratoire pour ce travail. Merci de votre coopération, de votre dévouement et de votre disponibilité. Vos conseils ont été précieux dans l'élaboration de l'étude. Je garde un très bon souvenir de ce partage.

Merci à toute ma famille.

A mes parents, que je remercie pour m'avoir apporté tout au long de mes études, et bien plus encore, le cadre et le soutien le plus complet que l'on puisse souhaiter. Et ce depuis la P1 et jusque dans cette dernière ligne droite. Merci pour votre confiance, pour votre bonne humeur et pour votre dévouement. Ce travail de conclusion d'étude vous est dédié, car c'est grâce à vous que tout ceci a pu aboutir.

A ma chère sœur Audrey, que je suis de près depuis quelques années. Merci de m'avoir supporté tous ce temps ! Tu as toujours su me conseiller et me guider de façon judicieuse. Je suis heureux de partager autant avec toi.

A mon cher Seb, tout d'abord un grand merci pour ton aide précieuse dans l'élaboration de ce travail. Ton savoir-faire a permis à ce projet de prendre forme. Merci pour ton soutien et pour tes encouragements qui m'ont épaulé tout au long de l'écriture. Et enfin, merci pour tous ces beaux moments, et pour tous ces projets qui donnent au quotidien l'envie d'avancer à tes côtés.

A mes oncles, mes tantes et mes cousins, à qui je pense fort.

A ma chère mamie, que j'aime tant. Merci pour tout ce que tu m'as apporté depuis tant d'années.

A mon beau-frère Michaël, merci pour ta sympathie quotidienne et tes conseils professionnels.

Merci à tous mes amis.

A ma bande d'amis Alex, Laura, Nico, Léo et Max, pour avoir fait de ces études des moments inoubliables. Merci à toi Alex, pour ton humour sans fin. Je garde espoir de monter un groupe de musique avec toi pour la retraite. A toi Laura, pour tous ces beaux moments depuis les TP, en passant par le Vietnam. A toi Nico, pour tous les fous rires et les disputes infondées. A vous Léo et Max, de vrais amis que j'apprécie énormément.

A ma deuxième Vietnamiennne, Hélène, pour ta bonne humeur, ton sourire, tes conseils et tes corrections. Pour tous ces fous-rires partagés depuis Ho-Chi-Minh jusqu'à Annecy.

A ma chère Brimouf, pour cette belle amitié qui nous lie.

A ma chère Claire, que j'envie depuis l'autre bout de la planète.

A Clémence et Yaniv, pour ces bons moments partagés au quotidien.

A mes amis Dijonnais Léa, Adrien, Vanessa, Cécile et Thibaud, pour m'avoir fait adorer mon séjour en Bourgogne. Je pense fort à vous.

A mes amis d'enfance Sarah, Dahlia, Judith, Elie, Xavier, Alex et Franck, avec qui je suis heureux d'avoir gardé de si bons contacts.

A mes amis Lilia, Rayane et Miléna, avec qui je garde des liens très forts depuis plusieurs années.

UNIVERSITE DE STRASBOURG
FACULTE DE CHIRURGIE DENTAIRE

Année 2017

N°53

THESE

Présentée pour le
DIPLOME D'ETAT DE DOCTEUR EN CHIRURGIE DENTAIRE
le 21 Novembre 2017

Par

David MESSAS

Né le 26 Novembre 1992 à Strasbourg

**Evaluation qualitative des empreintes physico-
chimiques en secteur libéral dans la région du Bas-Rhin**

Président : Professeur WALTER Béatrice

Assesseurs : Docteur ETIENNE Olivier

Docteur BAHI-GROSS Sophie

Docteur SALEHI Ali

Membre invité : Mr KRESS Philippe

Table des matières

Table des figures	4
Table des illustrations	6
Introduction.....	7
1 Critères de réussite pour la réalisation d’empreintes physico-chimiques en prothèse fixée	9
1.1 Choix du porte-empreinte	9
1.1.1 Porte-empreintes pleins	9
1.1.2 Porte-empreintes perforés	10
1.1.3 Porte-empreintes sectoriels	10
1.2 Choix du matériau et respect de ses propriétés.....	11
1.2.1 Les paramètres à prendre en compte.....	11
1.2.2 Les différents types de matériaux	14
1.3 Choix de la technique d’empreinte.....	17
1.3.1 Empreinte en double mélange (1 temps).....	17
1.3.2 Empreinte en double mélange (2 temps) : Wash Technique.....	19
1.4 Accès aux limites cervicales et gestion des fluides/saignements gingivaux	20
1.4.1 Déflexion	20
1.4.2 Eviction	24
1.4.3 Mise en place de couronnes provisoires	27
1.5 Les principaux défauts des empreintes en prothèse fixée	28
1.5.1 Le tirage	28
1.5.2 Les bulles.....	29
1.5.3 Enregistrement incomplet du profil d’émergence	30
1.5.4 Inadaptation du porte-empreinte.....	31
1.5.5 Déplacement du silicone light	31
1.5.6 Mauvaise adaptation du silicone au porte-empreinte	32
2 Etude qualitative des empreintes physico-chimiques réalisées en milieu libérale dans la région Alsace	33
2.1 Introduction	33
2.2 Matériels et Méthodes.....	33

2.2.1	Echantillon	33
2.2.2	Critères d'inclusion	34
2.2.3	Critères d'exclusion	34
2.2.4	Protocole d'évaluation	34
2.3	Résultats	37
2.3.1	Type de matériau, de technique et de porte-empreinte	37
2.3.2	Qualité des empreintes	37
2.4	Discussion	45
2.5	Conclusion.....	47
3	L'empreinte optique : une alternative capable de remédier aux problèmes rencontrés avec l'empreinte conventionnelle ?	48
3.1	Empreinte optique : grands principes et indications	48
3.1.1	Généralités	48
3.1.2	Grands principes.....	51
3.1.3	Indications de l'empreinte optique	51
3.2	L'empreinte optique versus l'empreinte conventionnelle.....	52
3.2.1	Qualité et précision	53
3.2.2	Ergonomie de l'empreinte	55
3.2.3	Facilité de communication et de vérification de l'empreinte	57
3.2.4	Ecologie	57
3.3	Les limites et les causes d'imprécision en empreinte optique	57
3.3.1	Manipulation de la caméra optique et apprentissage	57
3.3.2	Préparation tissulaire et isolation salivaire.....	58
3.3.3	Contraintes d'utilisation.....	59
3.3.4	Exploitation des fichiers	59
3.3.5	Coût financier.....	60
	Conclusion.....	61
	Références bibliographiques	64
	Annexes	70

Table des figures

Figure 1 : Porte-empreinte plein métallique (a) et porte-empreintes en plastique de Jouvin (b)	9
Figure 2 : Porte-empreintes perforés métalliques (a), et porte-empreintes perforés en plastique (b) présentant une rigidité importante.....	10
Figure 3 : Porte-empreintes sectoriels : Bite Tray (a), en plastique avec une toile (b) et métallique rigide sans toile (c).....	11
Figure 4 : Exemples de silicones à haute, moyenne et basse viscosités, présentés sous forme de cartouches injectables par pistolet, de distributeur automatique ainsi que sous forme de pot pour le malaxage manuel (11).	16
Figure 5 : Cartouches de polyéther avec distributeur automatique (a), cartouches bicompartimentées injectable par pistolet (b), et pâtes pour mélange manuel (c). (11).....	17
Figure 6 : Empreinte double mélange en 1 temps	18
Figure 7 : Empreinte double mélange en deux temps : Wash Technique.....	19
Figure 8 : Différentes références de cordonnets rétracteurs : Ultrapack en fil tricoté (a), Elsocord (b) et Gingigel/Gingibraid en fil tressé (c) (7).....	21
Figure 9 : Schéma de mise en place d'un cordonnet (7).....	21
Figure 10 : Schéma d'application de l'Expasyl (a et b), avec le pistolet d'application (c) (11).....	22
Figure 11 : Format de L'ARP Cap, de 3M ESPE (11)	23
Figure 12 : Application de l'Expazen (a, b, c) et retrait à la spatule (d). (11).....	23
Figure 13 : Schéma du curetage rotatif à la fraise diamantée, avec un cordonnet mis en place pour protéger l'attache épithéliale (7)	24
Figure 14 : Bistouri électrique utilisé en chirurgie dentaire.....	25
Figure 15 : Application de l'électrochirurgie : désépithélialisation périphérique de la gencive libre tout autour de la préparation dentaire (24).	26
Figure 16 : Réalisation d'une prothèse provisoire : éviction gingivale (a), mise en place d'une résine fluide (b), mise en place de la couronne provisoire (c) et résultat de la cicatrisation (d) (25).	27
Figure 17 : Exemple de tirage	28
Figure 18 : Exemple de bulle.....	29

Figure 19 : Exemples de défauts d'enregistrement du profil d'émergence et des limites cervicales	30
Figure 20 : Exemple de défaut dû à l'inadaptation du PE	31
Figure 21 : Défaut de déplacement du silicone	31
Figure 22 : Défaut d'adaptation du silicone au PE	32
Figure 23 : La CAO directe : les différentes étapes du système	49
Figure 24 : Les différentes étapes de la CAO directe : Numérisation intra-buccale (a), conception (b) et fabrication (c) (53).....	49
Figure 25 : Les différentes étapes du système CFAO semi-directe	50
Figure 26 : CFAO indirecte : scannage des modèles en plâtre (a) et usinage des pièces prothétiques en zircone (b).	50
Figure 27 : Les différentes étapes de la CFAO indirecte	51
Figure 28 : Différentes étapes de conception de l'inlay core par empreinte optique : scannage du scan body (a et b), fusion des deux empreintes optiques (c), et modélisation des pièces prothétiques (d) (51).	52
Figure 29 : Exemple d'empreinte optique avec enregistrement des teintes simultanément à la réalisation de l'empreinte (54).....	56
Figure 30 : Différents système d'isolation salivaire : Systeme Isolite (a), système Hygoformic (b), Optragate (c) et Capodent (d) (11).	58

Table des illustrations

Tableau 1 : Critères de classification.....	35
Tableau 2 : Gradation des empreintes selon les laboratoires	39
Tableau 3 : Proportions des différents grades en fonction des laboratoires	40
Tableau 4 : Pourcentages globales des différents grades sur l'ensemble de l'étude	40
Tableau 5 : Pourcentages des grades au maxillaire	42
Tableau 6 : Pourcentages des grades à la mandibule	42
Tableau 7 : Pourcentage des grades pour les dents antérieures.....	44
Tableau 8 : Pourcentage des grades pour les dents postérieures	44
Tableau 9 : Comparatif des grades en fonction de la localisation anatomique	45
Tableau 10 : Comparaison de la précision d'adaptation marginale et de l'ajustement interne de couronnes tout céramique unitaires réalisées par CFAO à partir de trois empreintes optiques différentes et de deux techniques d'empreintes conventionnelles différentes (40)	54

Introduction

Au cours de la réalisation de prothèses dentaires fixées, l'étape de l'empreinte est une phase clef dans la réussite du traitement. Elle représente le vecteur d'information pour le laboratoire, qui à partir de l'empreinte, élabore un modèle sur lequel la pièce prothétique va être conçue. La qualité et l'adaptation des prothèses vont donc dépendre de la précision de l'empreinte réalisée.

Aujourd'hui, l'empreinte conventionnelle, dite physico-chimique, est la plus répandue dans l'activité des chirurgiens-dentistes. Elle requiert une mise en condition spécifique des tissus gingivaux périphériques, et nécessite l'utilisation de matériaux tels que le silicone ou les polyéthers. Plusieurs supports d'empreinte, ainsi que de techniques d'enregistrement sont à notre disposition, en fonction des situations cliniques. L'empreinte est alors obtenue en négatif, et les imperfections peuvent être parfois difficiles à discerner. Les contraintes rencontrées avec ce type d'empreinte sont les déformations, les bulles d'airs au niveau des préparations dentaires, la conservation et le traitement des empreintes (coulée de plâtre, mise en place des dies et détourages...) ainsi que leur transport.

L'empreinte optique intra-orale, présente dans un faible pourcentage des cabinets dentaires libéraux, est de plus en plus reconnue dans la profession. Elle se distingue par l'enregistrement numérique des données obtenues. L'empreinte est alors visualisable en positif directement sur écran, et s'affranchit des contraintes liées aux matériaux et aux traitements. Néanmoins, elle nécessite les mêmes impératifs cliniques que pour l'empreinte conventionnelle (déflexion gingivale, absence de fluides...), et n'enregistre que les structures visibles.

Il est intéressant de comparer ces deux techniques d'empreintes, en termes de qualité d'enregistrement et d'adaptation des prothèses qui en découlent.

Pour y répondre, la première partie de ce travail vient décrire les critères de réussite pour la réalisation d'empreintes physico-chimiques, ainsi que les principaux défauts retrouvés sur ces empreintes.

Une étude a ensuite été réalisée, avec comme objectif d'évaluer la qualité des empreintes conventionnelles réalisées dans l'exercice libéral des chirurgiens-dentistes, aux alentours de Strasbourg. Avec la participation de cinq laboratoires, l'étude a permis de quantifier le pourcentage d'empreintes acceptables pour la réalisation de pièces prothétiques précises, et celui d'empreintes insatisfaisantes en termes de précision, où le risque d'erreur et d'inadaptation des pièces est élevé.

Enfin, l'empreinte optique intra-buccale est abordée dans une troisième partie, afin d'être comparée avec l'empreinte conventionnelle, dans l'objectif d'évaluer si l'empreinte numérisée peut remédier aux problèmes rencontrés avec l'empreinte physico-chimique.

1 Critères de réussite pour la réalisation d'empreintes physico-chimiques en prothèse fixée

1.1 Choix du porte-empreinte

Différents types de porte-empreintes (PE) sont disponibles pour la réalisation d'empreintes. Les critères communs qui doivent être retrouvés, quel que soit le modèle, sont :

- Une rigidité empêchant la déformation du porte-empreinte ;
- Un système de rétention du matériau ;
- Une adaptation possible de la taille ainsi que de la forme du PE aux tissus dentaires, permettant de laisser un espace régulier et suffisant pour le matériau d'empreinte et ainsi faciliter une répartition homogène (1).

1.1.1 Porte-empreintes pleins

Ce type de porte empreinte possède des rétreints pour les modèles métalliques (**Figure 1a**), correspondant à des barres formant des contre-dépouilles, qui permettent la rétention du matériau. Pour les modèles en plastique (**Figure 1b**), des systèmes à rainures fixes ou des systèmes d'écartement à molette assurent cette fonction et permettent de retirer le matériau d'empreinte.



Figure 1 : Porte-empreinte plein métallique (a) et porte-empreintes en plastique de Jouvin (b)

1.1.2 Porte-empreintes perforés

Les perforations retrouvées à la surface de ces PE ont pour objectif de laisser passer le matériau d'empreinte de haute viscosité et ainsi de créer une rétention mécanique une fois le matériau durci. Les PE perforés en alliage inox (**Figure 2a**) sont reconnus pour leur rigidité, ainsi que certains PE en matière plastique (**Figure 2b**).



Figure 2 : Porte-empreintes perforés métalliques (a), et porte-empreintes perforés en plastique (b) présentant une rigidité importante.

1.1.3 Porte-empreintes sectoriels

L'empreinte sectorielle permet à la fois d'enregistrer les dents préparées et les dents adjacentes, ainsi que les dents antagonistes et l'occlusion en OIM.

Le Bite Tray correspond à une toile en gaze avec deux parois cartonnées. Cette toile doit idéalement être reliée à un manche métallique pour faciliter sa manipulation (**Figure 3a**). Néanmoins la rigidité du Bite Tray n'est pas assez fiable et peut entraîner des déformations, bien qu'il soit utilisé de façon courante en exercice libéral (2).

Il existe des PE sectoriels en plastique (**Figure 3b**) dont la rigidité, là aussi, ne permet pas d'assurer une absence de déformation.

Enfin, certains PE sectoriels métalliques ont l'avantage d'être rigides (**Figure 3c**). Avec ce type de porte-empreinte, il n'y a pas de gaze en occlusion et celle-ci est donc enregistrée plus précisément (3) (4).

La précision marginale des éléments prothétiques réalisés à partir d'une empreinte sectorielle est comparable à celle réalisée à partir d'empreinte d'arcade complète, mais une meilleure adaptation occlusale est reconnue pour les empreintes réalisées en technique sectorielle (5).

Les indications des empreintes sectorielles sont :

- Pour un maximum de deux préparations ;
- Les préparations doivent être bordées de part et d'autre par des dents cuspidées ;
- Une occlusion stable et reproductible.

Il est contre-indiqué de les utiliser pour des dents terminales ainsi que pour des dents antérieures.



Figure 3 : Porte-empreintes sectoriels : Bite Tray (a), en plastique avec une toile (b) et métallique rigide sans toile (c).

1.2 Choix du matériau et respect de ses propriétés

1.2.1 Les paramètres à prendre en compte

Plusieurs étapes se succèdent lors de la prise d'empreinte physico-chimique, durant lesquelles le respect des conditions d'utilisation influence sur la qualité de notre empreinte.

1.2.1.1 Le malaxage

Chaque matériau possède ses propres caractéristiques concernant le malaxage. Les paramètres nécessaires à la bonne utilisation du produit sont :

- Le temps de travail, qui correspond à la durée pendant laquelle le praticien peut préparer le matériau et l'insérer dans la cavité buccale. Une fois cette durée écoulée, l'empreinte est maintenue immobile jusqu'à la fin de la prise du matériau ;
- Le temps de prise, qui lui correspond à la durée entre le début du malaxage jusqu'à la fin de la polymérisation du matériau d'empreinte. L'empreinte ne peut être désinsérée qu'une fois la prise complète du matériau.
Si ces critères ne sont pas respectés (temps de travail et temps de prise), l'empreinte est susceptible de présenter des défauts de type tirage ou déformation ;
- L'homogénéité du matériau, qui est induit par un malaxage précis et suffisant, avec un respect des doses et du temps de malaxage.
Aujourd'hui, l'utilisation de distributeurs automatiques ou de pistolets mélangeurs peut éliminer ce biais en apportant un produit parfaitement malaxé et exempt de bulles (6).

1.2.1.2 L'insertion du porte-empreinte

Cette étape doit se dérouler durant le temps de travail du matériau pour éviter toute déformation causée par une polymérisation déjà entreprise, et permettre un étalement du produit de façon à enregistrer l'intégralité des structures.

Plusieurs paramètres rentrent en compte :

- La mouillabilité : lors de l'insertion, le produit est plaqué contre les dents et s'étale à leur surface. Cette capacité du produit à s'étaler correspond à la mouillabilité.

Plus la surface est lisse, mieux le produit s'étale ; il est donc recommandé de polir les préparations pour un meilleur étalement.

Il faut également prendre en compte le fait que le milieu buccal est un milieu humide, et que les silicones utilisés ont un caractère hydrophobe. Il est donc nécessaire au préalable d'assécher la zone d'enregistrement à l'aide de l'aspiration salivaire, de rouleaux de coton, de compresses et de la soufflette à air.

Il est également possible d'utiliser des abaisseurs de tension superficielle ou surfactants, qui sont des produits à disposer sur les dents avant la prise d'empreinte ;

- La thixotropie : c'est la capacité d'un matériau à voir sa viscosité diminuer lorsqu'il est mis sous pression. Cette propriété est intéressante car lors de l'insertion du porte-empreinte, le praticien exerce une pression sur ce dernier qui permet une répartition et un étalement du matériau sur les surfaces dentaires. Cette caractéristique est intéressante pour l'enregistrement des structures dentaire (7).

1.2.1.3 La polymérisation du matériau

Durant la polymérisation du matériau, le praticien maintient l'empreinte de façon immobile pour éviter les déformations, et ce jusqu'à la fin du temps de prise. Le fait de maintenir durant toute cette durée permet de prévenir les désinsertions causées par la déglutition ou les mouvements inappropriés du patient.

1.2.1.4 La désinsertion du porte-empreinte

C'est une étape courte mais délicate, car si elle est mal conduite, elle peut entraîner des déformations, des déchirements ou des désinsertions du matériau d'empreinte.

Deux types de forces s'opposent à la désinsertion :

- Les forces de freinage, qui correspondent à la force qu'il faut exercer pour séparer le matériau d'empreinte des surfaces bucco-dentaires ;
- Les forces de trainages, qui correspondent à la force qu'il faut exercer pour vaincre les contre-dépouilles (l'os alvéolaire, les inters de bridge, les dents en malposition, les embrasures inter-proximales...) qui retiennent l'empreinte (8).

Ces forces peuvent être diminuées en polissant les surfaces dentaires ou en comblant les contre-dépouilles trop importantes avec un matériau non susceptible de se lier avec le matériau d'empreinte.

Au cours de la désinsertion, le matériau subit une déformation afin de se dégager des contre-dépouilles. L'un des caractères recherchés dans les matériaux est donc la viscoélasticité, qui permet de retrouver la structuration initiale après cette déformation. Lorsque la récupération n'est pas totale, il s'agit de déformation rémanente. Ces déformations sont dépendantes de l'intensité de la force exercée pour la désinsertion ainsi que la durée pendant laquelle cette force est appliquée. Il est donc intéressant de contrôler et de diminuer au mieux les forces de désinsertion (6).

Enfin, pour éviter que le matériau ne se désolidarise du porte-empreinte, il est conseillé, pour la désinsertion, de prendre appui sur le matériau dans le vestibule et non sur le porte-empreinte en lui-même. Le fait de retirer l'empreinte uniquement via le manche du PE peut également entraîner cette désolidarisation.

1.2.2 Les différents types de matériaux

Au cours des dernières décennies, les matériaux d'empreinte ont connu des évolutions importantes, qui ont permis d'améliorer la qualité des produits ainsi que leurs propriétés d'utilisation.

1.2.2.1 Paramètres recherchés dans les matériaux d’empreinte

Lacroix et coll.(9) ont publié un article dans lequel ils définissent les propriétés à retrouver dans un matériau d’empreinte :

- Aisance de manipulation ;
- Temps de travail long avec un temps de prise court ;
- Hydrophilie, ou du moins une tolérance à l’humidité ;
- Précision de reproduction des structures ;
- Stabilité dimensionnelle instantanée et différée ;
- Résistance au déchirement ;
- Possibilité de désinfection du matériau ;
- Compatibilité avec les matériaux de reproduction ;
- Coût raisonnable ;

Aujourd’hui, deux matériaux, provenant de la même famille, se rapprochent au mieux de ces critères : les élastomères de silicone et les élastomères polyéthers.

1.2.2.2 Elastomères de silicone A

Les silicones A, connus sous le nom de vinyl polysiloxane, sont les matériaux les plus utilisés sur le marché pour les empreintes en prothèse fixée. Ils ont comme caractéristiques une grande stabilité dimensionnelle, immédiate et différée, ainsi qu’une grande précision d’enregistrement des structures (**Figure 4**). Ce sont des produits de nature hydrophobe, qui ont une tolérance à l’humidité de par l’adjonction de surfactants (10).

Ces silicones sont conçus sous différentes viscosités : haute, moyenne et basse. Concernant les viscosités moyennes et basses, elles sont majoritairement présentées sous forme de cartouches bicompartimentées manipulées à l’aide de pistolets, munis d’un embout fin pour une précision d’injection intra-buccale.

Pour les hautes viscosités, elles existent soit sous forme de pots pour un malaxage manuel, soit sous forme de cartouches utilisables par des distributeurs automatiques.



Figure 4 : Exemples de silicones à haute, moyenne et basse viscosités, présentés sous forme de cartouches injectables par pistolet, de distributeur automatique ainsi que sous forme de pot pour le malaxage manuel (11).

1.2.2.3 Elastomères polyéthers

Ce matériau présente l'avantage d'avoir une très bonne stabilité dimensionnelle à la fois immédiate et dans le temps, avec en plus la caractéristique d'être relativement hydrocompatible (12). Ils ont une mouillabilité (capacité d'étalement) supérieure à celle des silicones A (13). Ils se déclinent sous des viscosités hautes et basses.

Le matériau doit être conservé en milieu sec pour une bonne stabilité dimensionnelle du fait de son hydrocompatibilité, et donc de sa capacité à absorber l'eau.

Leur présentation de manipulation est identique à celle des silicones, avec des distributeurs automatiques (**Figure 5a**), des cartouches utilisables en pistolets (**Figure 5b**) ou des pâtes pour un mélange manuel (**Figure 5c**) (7).



5a



5b



5c

Figure 5 : Cartouches de polyéther avec distributeur automatique (a), cartouches bicompartimentées injectable par pistolet (b), et pâtes pour mélange manuel (c). (11)

1.3 Choix de la technique d’empreinte

Il existe plusieurs façons de réaliser l’empreinte physico-chimique, chacune présentant des avantages et des inconvénients. Bien que les matériaux d’enregistrement restent les mêmes, leur polymérisation peut être simultanée, ou différée en 2 temps.

1.3.1 Empreinte en double mélange (1 temps)

Dans cette technique, il n’y a qu’une seule insertion de porte-empreinte suivie d’un seul temps de prise. Les matériaux utilisés sont de même nature, seule leur

viscosité est différente. Le but de la technique est de pouvoir profiter des avantages des deux types de viscosités afin de pouvoir améliorer la précision d'enregistrement des structures.

Le matériau de haute viscosité présente l'avantage d'appliquer une pression sur le matériau le plus fluide qui permet la thixotropie de ce dernier, et une optimisation de l'enregistrement (**Figure 6**).

La polymérisation des deux matériaux est simultanée, et s'accompagne d'une très bonne adhérence entre les deux viscosités. C'est une technique rapide, qui se réalise plus facilement avec une aide opératoire mais qui peut se réaliser seul.

Les élastomères se prêtent parfaitement à cette technique : le matériau de haute viscosité est malaxé puis inséré dans le porte-empreinte, tandis que le matériau fluide est injecté tout autour de la préparation de façon simultanée. Puis le porte-empreinte est inséré et maintenu immobile jusqu'à la fin du temps de prise (14).

Idéalement, les deux viscosités doivent être proches l'une de l'autre. Ainsi, une viscosité de type « putty soft » est avantageusement associée à une viscosité de type « light ».

Cette technique d'empreinte peut aussi bien être réalisée avec des porte-empreintes sectoriels qu'avec des porte-empreintes complets.



Figure 6 : Empreinte double mélange en 1 temps

1.3.2 Empreinte en double mélange (2 temps) : Wash Technique

L'empreinte double mélange, en deux temps, consiste dans un premier temps à effectuer l'empreinte uniquement avec le matériau de haute viscosité, afin d'obtenir un enregistrement grossier des structures. Une fois le temps de prise terminé, il faut aménager l'empreinte en supprimant au bistouri les contre-dépouilles, les zones de contraintes qui rendraient difficile la réinsertion de l'empreinte, les languettes interdentaires et en créant des événements, sauf sur la zone de la préparation dentaire.

Après s'être entraîné au repositionnement de l'empreinte en bouche, le matériau fluide est injecté. Il permet un enregistrement précis des structures dentaires grâce à la compression importante du matériau de haute viscosité qui préforme l'arcade. Cette technique diminue fortement le risque de bulles et/ou de tirage (**Figure 7**).

Les risques d'échecs de cette technique se trouvent principalement dans le mauvais repositionnement de l'empreinte lors de la deuxième phase ainsi que dans le détachement des différentes viscosités, du fait de l'interposition de salive par exemple. Dans cette technique, les viscosités doivent être les plus éloignées possibles : un « putty hard » est associé idéalement à un « ultra light ».



Figure 7 : Empreinte double mélange en deux temps : Wash Technique

1.4 Accès aux limites cervicales et gestion des fluides/saignements gingivaux

Une bonne empreinte se caractérise notamment par un enregistrement complet du profil d'émergence radiculaire, qui lorsque la préparation cervicale est juxta ou infra-gingivale, se retrouve recouvert par la muqueuse au niveau du sulcus. Ce tissu parodontal doit donc être sain et non inflammé le jour de l'empreinte, pour éviter de provoquer des saignements gingivaux qui induiraient des difficultés pour la prise de l'empreinte.

Il existe deux manières d'accéder à ce profil d'émergence, dont les objectifs sont d'ouvrir le sulcus temporairement et de stopper les fluides biologiques afin que le matériau puisse fuser lors de l'empreinte sans pour autant léser les tissus parodontaux (15).

1.4.1 Déflexion

1.4.1.1 Le cordonnet rétracteur

Le principe de cette méthode consiste à venir placer dans le sulcus un cordonnet afin d'écartier la gencive libre de la partie cervicale de la préparation dentaire, et ce afin de créer momentanément un espace sulculaire (**Figure 9**) (16). Cette technique est utilisée par une majorité de praticien, et permet une rétraction horizontale et verticale de la gencive libre (17). Différents diamètres de cordonnets sont disponibles en fonction de cet espace sulculaire.

Les fils de rétraction sont tressés ou tricotés, et peuvent être imprégnés ou non d'une solution astringente, dont l'objectif est d'assécher les tissus et de provoquer une hémostase locale. Ces solutions astringentes sont présentées sous forme liquide ou sous forme de gel (**Figure 8**).

Le fil est inséré à l'aide d'une spatule dans le sulcus en appuyant de proche en proche afin de contourner l'ensemble de la dent. Il faut veiller à ne pas léser l'attache parodontal situé juste sous le sulcus, ce qui pourrait causer de récessions gingivales (18). Le fil est retiré juste avant l'injection du matériau d'empreinte fluide.

A noter qu'il existe toutefois un risque de récession gingivale provoqué par le traumatisme du parodonte lors de l'insertion du fil.

Une autre technique peut être appliquée lorsque le sulcus est profond : elle consiste à placer deux fils dans le sulcus. Le premier, de fin diamètre, reste en place tout au long de l'empreinte, et le second, plus épais, est déposé au dernier moment avant l'insertion du matériau (19).



Figure 8 : Différentes références de cordonnets rétracteurs : Ultrapack en fil tricoté (a), Elsocord (b) et Gingigel/Gingibraid en fil tressé (c) (7)

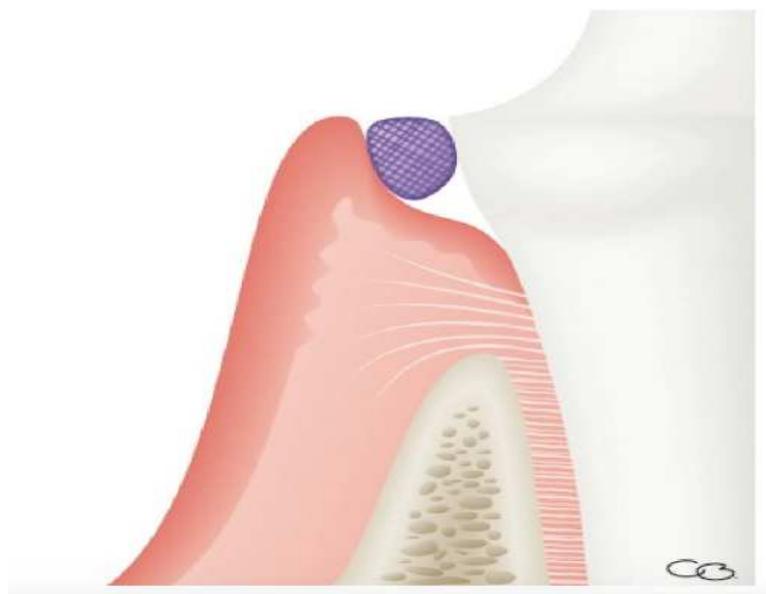


Figure 9 : Schéma de mise en place d'un cordonnet (7).

1.4.1.2 Mise en place de matériau à action mécano-chimique

Cette seconde technique consiste à appliquer dans le sulcus un matériau biocompatible dont les propriétés vont induire un écartement de la gencive marginale et une hémostase des tissus avoisinants (20).

L'Expasyl est le produit le plus répandu sur le marché (16). L'un de ses principaux constituants est l'argile, qui confère une action mécanique d'écartement ; il est associé à des produits astringents (chlorure d'aluminium), qui eux confèrent une action chimique d'assèchement du site.

L'Expasyl se manipule grâce à un pistolet doté d'un embout très fin permettant l'application dans le sillon gingivo-dentaire (**Figure 10**). Le produit agit durant une à deux minutes, puis doit être éliminé par rinçage et séchage juste avant la réalisation de l'empreinte (21).

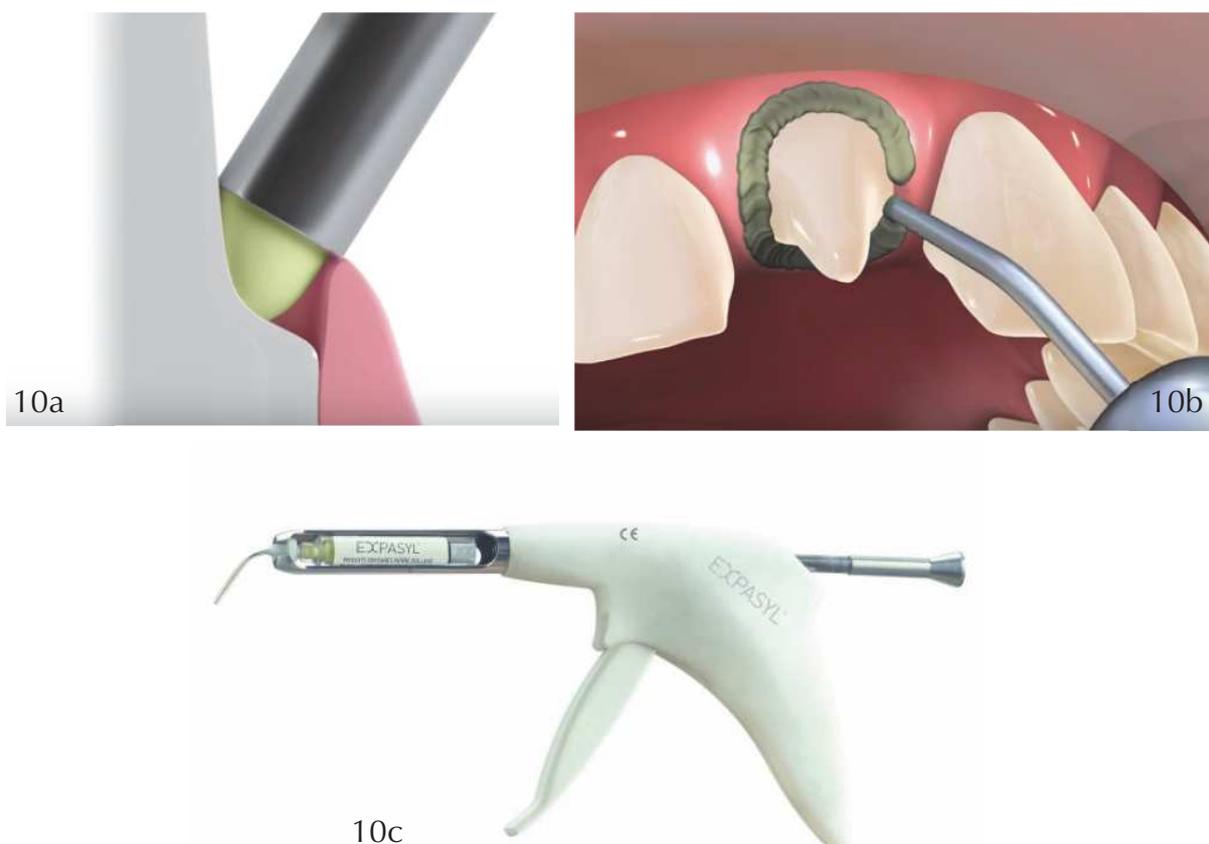


Figure 10 : Schéma d'application de l'Expasyl (a et b), avec le pistolet d'application (c) (11)

La pâte de rétraction ARP Cap de 3M ESPE (**Figure 11**) est un autre produit similaire, à base de chlorure d'aluminium. Sous format de carpules dotées d'embouts fins, le produit s'applique dans le sulcus afin d'obtenir une déflexion temporaire et une hémostase locale. L'application du produit s'effectue avec un pistolet à composite, quel que soit la marque.



Figure 11 : Format de L'ARP Cap, de 3M ESPE (11)

Enfin, l'Expazen est une pâte-cordonnet s'appliquant de la même manière que les deux précédentes, constituée en partie de chlorure d'aluminium (**Figure 12a, b, c**). Elle possède la particularité de ne pas contenir d'argile. Elle agit sur la déflexion du sulcus tout en assurant l'hémostase gingivale. Son retrait s'effectue à la spatule (**Figure 12d**). Néanmoins, il est nécessaire d'effectuer un rinçage avant de réaliser l'empreinte, afin d'éliminer les derniers restes de la pâte-cordonnet.

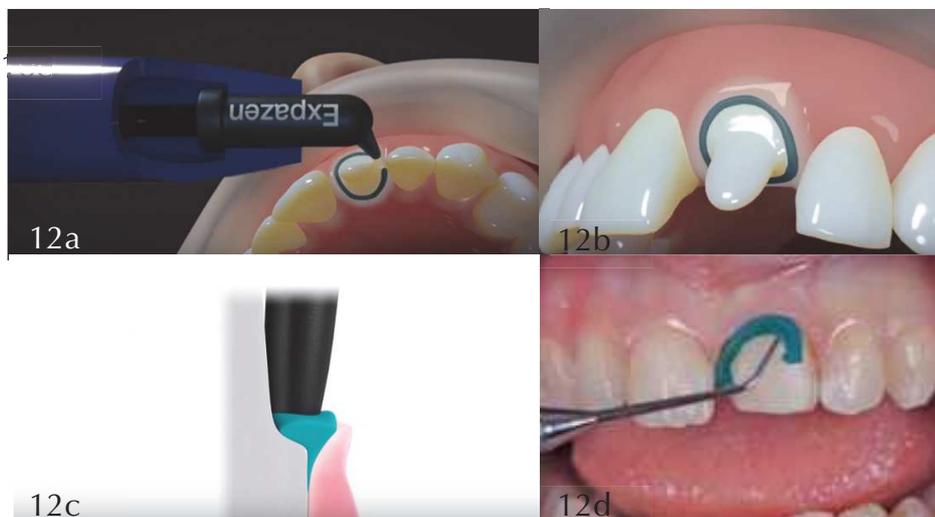


Figure 12 : Application de l'Expazen (a, b, c) et retrait à la spatule (d). (11)

Ces techniques sont non invasives et permettent de mieux gérer les tissus parodontaux sans provoquer de traumatisme comme cela peut être le cas avec le fil rétracteur. Cependant, dans certains cas où la limite est enfouie, les résultats ne sont pas aussi concluants que ceux obtenus avec les cordonnets. Le coût de ce produit est aussi bien supérieur à celui du fil rétracteur (22).

1.4.2 Eviction

Les techniques d'éviction consistent à éliminer de la gencive marginale tout autour de la limite cervicale afin d'y avoir accès lors de l'empreinte. Ce sont des techniques plus traumatisantes que celles citées précédemment (23).

1.4.2.1 Le curetage rotatif

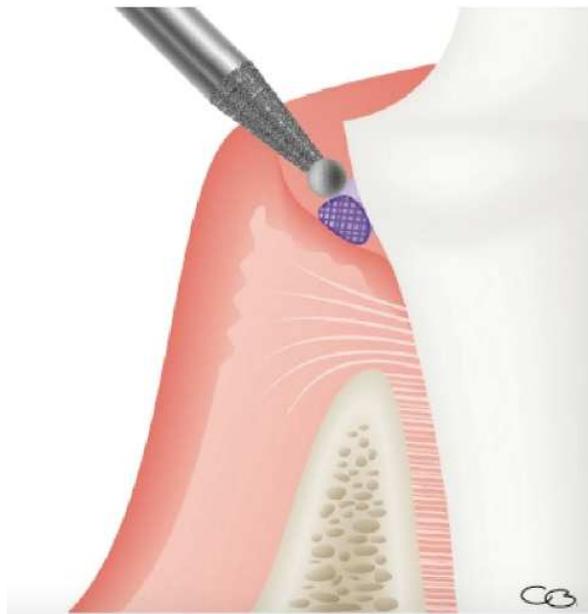


Figure 13 : Schéma du curetage rotatif à la fraise diamantée, avec un cordonnet mis en place pour protéger l'attache épithéliale (7)

Dans cette technique, des fraises diamantées classiques, ou plus spécifiques (munies d'une extrémité non travaillante), sont passées tout autour de la limite cervicale de la préparation afin de désépithélialiser le versant interne du sulcus.

Les risques d'endommager l'attache épithéliale et conjonctive ou de modifier le profil d'émergence sont à prendre en considération. Il peut être conseillé d'appliquer un cordonnet au fond du sulcus avant d'effectuer le curetage pour protéger les tissus sous-jacents (**Figure 13**). De plus, ses techniques provoquent un saignement gingival néfaste pour la prise d'empreinte qui suit. Cette technique n'est pas indiquée pour les parodontes fins (16).

1.4.2.2 L'électrochirurgie

Ici, un bistouri électrique (**Figure 14**) est utilisé afin de retirer le versant interne du sulcus. Dans cette technique, le courant électrique crée une augmentation importante de la température qui induit une vaporisation cellulaire. Cette technique a l'avantage de ne pas provoquer de saignements et donc favoriser l'état tissulaire pour la prise d'empreinte (**Figure 15**).

L'utilisation du bistouri électrique est formellement contre-indiquée chez les patients porteurs de pacemaker (16).



Figure 14 : Bistouri électrique utilisé en chirurgie dentaire



Figure 15 : Application de l'électrochirurgie : désépithélialisation périphérique de la gencive libre tout autour de la préparation dentaire (24).

Les risques rencontrés avec l'électrochirurgie sont l'éviction excessive de tissus mous, et la non prédictibilité de la cicatrisation gingivale. La mise en place de prothèses provisoires est recommandée afin de temporiser la situation et de guider la cicatrisation (24).

1.4.2.3 Le Laser

Les Lasers infrarouges sont parfois utilisés pour réaliser des évictions gingivales, afin de permettre une lecture précise du profil d'émergence. Un faisceau est émis, avec un point d'impact très réduit. Il induit une section franche, une volatilisation tissulaire ainsi qu'une hémostase capillaire. Au préalable, il est nécessaire d'anesthésier les tissus concernés. Le Laser va donc désépithélialiser en superficie la face interne de la gencive libre afin d'apprécier le profil d'émergence. Les réglages de la puissance, de l'arrivée de l'eau et de l'air sont effectués par l'opérateur. La manipulation du laser demande une dextérité rigoureuse. Il est indiqué dans les situations où la gencive marginale est épaisse et que la hauteur de gencive attachée est suffisante.

1.4.3 Mise en place de couronnes provisoires

Afin d'optimiser la mise en condition de la gencive libre, les couronnes provisoires jouent un rôle primordial. En effet, après avoir réalisé la préparation périphérique (**Figure 16a**), il est conseillé de temporiser la situation avec une provisoire (**Figure 16b, c**), afin de favoriser la cicatrisation complète du conjonctif et de la gencive marginale. Un délai d'une semaine est souvent appliqué entre la préparation dentaire et la prise d'empreinte pour la pièce prothétique. Cette temporisation permet également d'analyser la réponse tissulaire suite à l'agression causée par la préparation, et d'ajuster si besoin les limites cervicales. La gencive est alors évasée, grâce à la forme de la couronne provisoire, et non inflammatoire suite à la cicatrisation (**Figure 16d**). Ce sont les meilleures conditions pour réaliser une empreinte aux limites bien définies (25).

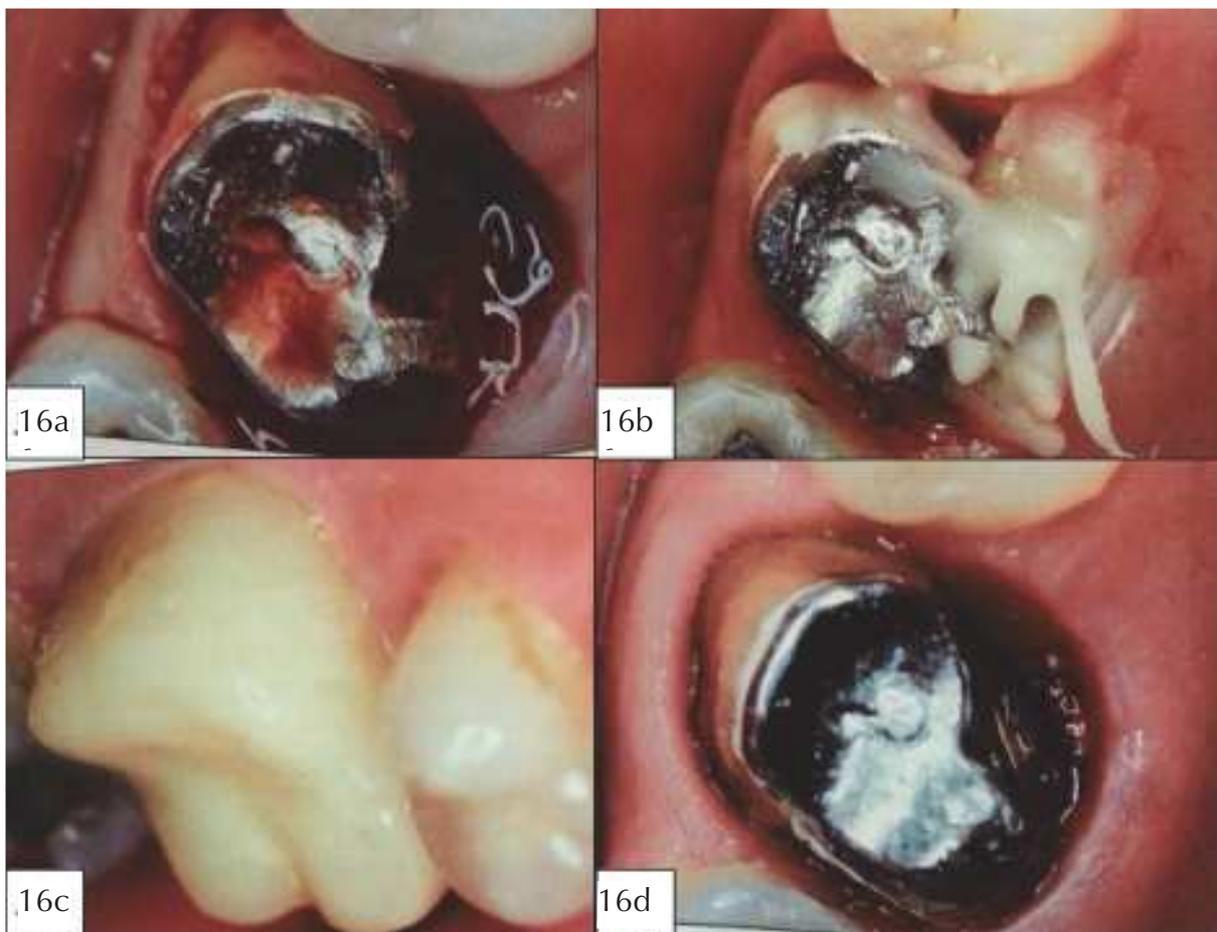


Figure 16 : Réalisation d'une prothèse provisoire : éviction gingivale (a), mise en place d'une résine fluide (b), mise en place de la couronne provisoire (c) et résultat de la cicatrisation (d) (25).

1.5 Les principaux défauts des empreintes en prothèse fixée

1.5.1 Le tirage



Figure 17 : Exemple de tirage

Le tirage (**Figure 17**) correspond à un défaut d'enregistrement causé par un mauvais étalement du silicone sur les surfaces dentaires. Il se caractérise par une trainée vide de matériau. Ce défaut est principalement causé par :

- Le manque de mouillabilité, de par des surfaces dentaires rugueuses ;
- La présence de salive au niveau de la préparation : il faut assécher la bouche à l'aide de cotons salivaires, de la pompe à salive et de la soufflette ;
- L'insertion trop rapide du porte-empreinte, ne respectant pas la cinétique d'étalement du silicone visqueux ;
- Le non-respect du temps de travail et de prise, par une insertion trop tardive en bouche et donc un matériau moins plastique, par une désinsertion précoce sur un matériau qui n'a pas terminé sa polymérisation ou par une mauvaise stabilisation pendant le temps de prise ;
- Une mauvaise gestion des contre-dépouilles, où les matériaux fluides sont nécessaires pour un étalement complet sur les surfaces dentaires.

1.5.2 Les bulles

Les bulles (**Figure 18**), sont des manques d'enregistrement dus à la présence de salive, de sang, de fluide ou encore d'air, entre le matériau d'empreinte et le tissu dentaire. Elles peuvent être également causées par une mauvaise technique d'apport du silicone light incluant des bulles d'air, par un manque de fluidité du matériau, par un non-respect du temps de travail, par une erreur d'axe d'insertion du porte-empreinte ou encore par un stockage des matériaux à température trop élevée.

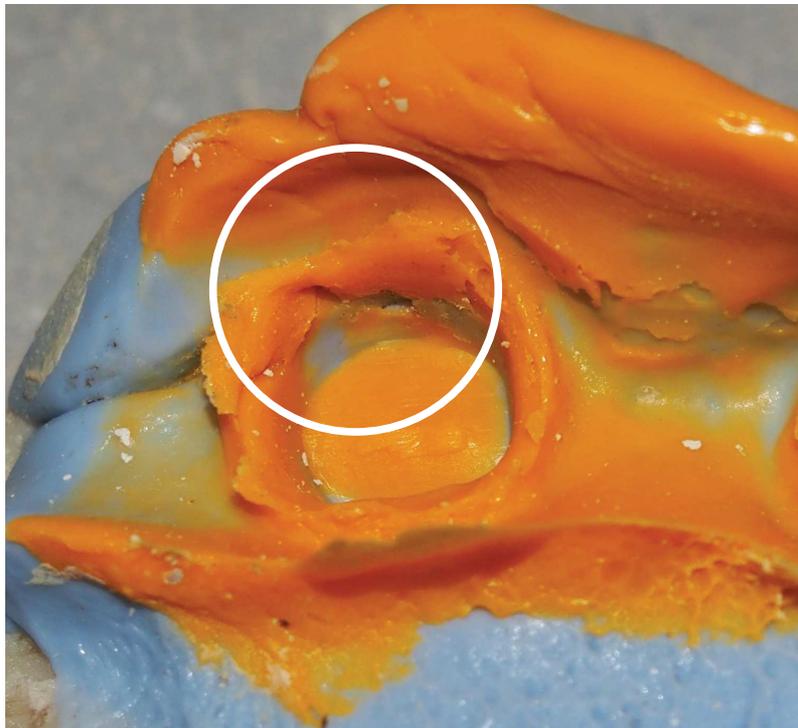


Figure 18 : Exemple de bulle

1.5.3 Enregistrement incomplet du profil d'émergence



Figure 19 : Exemples de défauts d'enregistrement du profil d'émergence et des limites cervicales

Les défauts d'enregistrement du profil d'émergence (**Figure 19**) sont principalement dus à :

- Une rétraction insuffisante des tissus mous ;
- La présence résiduelle de salive, de sang ou de fluide dans le sulcus ;
- Une préparation périphérique insuffisante ;
- Un mauvais retrait des moyens de déflexion gingivale (ExpasyI) ;
- Un retrait de l'empreinte trop rapide ne permettant pas au matériau de terminer sa polymérisation.

1.5.4 Inadaptation du porte-empreinte



Figure 20: Exemple de défaut dû à l'inadaptation du PE

Il est possible que le PE interfère avec la préparation dentaire (**Figure 20**), et ainsi fausse l'enregistrement. Cela peut être causé par une inadaptation du PE par rapport à l'arcade dentaire, provoquant un contact entre les deux structures et empêchant le silicone de venir enregistrer la zone. Le fait d'exercer une pression trop importante sur le PE peut également induire un contact nuisible entre les structures. Ce contact peut aussi être provoqué par une mauvaise stabilisation de l'empreinte pendant la polymérisation du matériau. Enfin, une trop faible quantité de matériau appliquée dans le PE peut engendrer ces défauts de contact.

1.5.5 Déplacement du silicone light

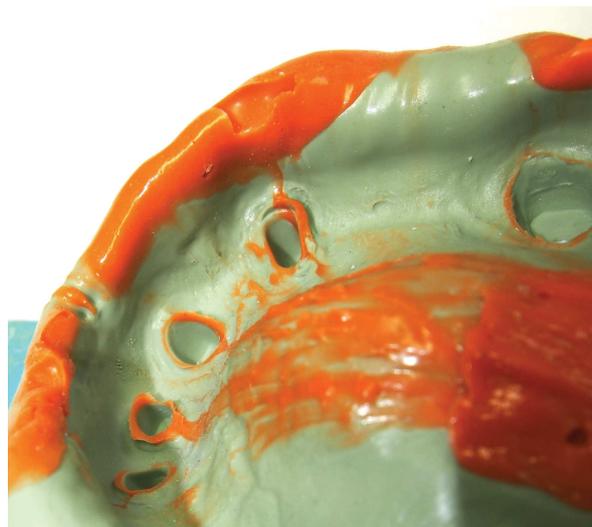


Figure 21 : Défaut de déplacement du silicone

Il est nécessaire que la préparation dentaire soit enregistrée principalement par du silicone light, du fait de ses propriétés adéquates pour une précision d’empreinte. Lorsque ce dernier est appliqué en trop petite quantité, un déplacement du silicone light peut être observé (**Figure 21**). Le produit est alors chassé et ne sert pas à l’enregistrement de la zone voulue. Un contraste trop important entre les viscosités des différents silicones, une insertion trop rapide et trop forte du PE, ou un temps de travail dépassé peuvent provoquer cette pression trop importante sur le silicone light, le chassant de la zone de préparation dentaire, et impactant alors sur la qualité de l’enregistrement.

1.5.6 Mauvaise adaptation du silicone au porte-empreinte

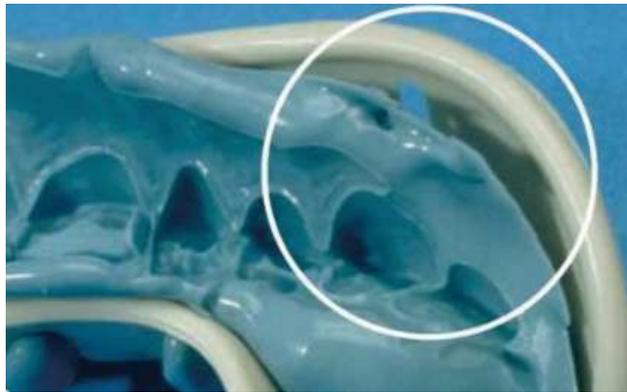


Figure 22 : Défaut d'adaptation du silicone au PE

Les problèmes d’adhésions (**Figure 22**) entre le PE et le matériau d’empreinte se manifestent :

- Lorsque les empreintes sont réalisées sans application d’adhésif dans l’intrados du PE ;
- Lorsque les rétreints du PE ne sont pas assez prononcés, ou que les PE ne sont pas perforés et donc ne présentent pas de rétentions ;
- Lorsque le PE possède une souplesse qui entraîne sa déformation lors de la désinsertion, et induit une dislocation du matériau et du PE ;
- Lors des empreintes en Wash Technique (2 temps), au moment de la réinsertion du PE après la première étape d’enregistrement au silicone putty : il est nécessaire d’effectuer un repositionnement parfait, afin d’avoir un bon étalement du silicone light, et une bonne adaptation de ce dernier. Dans le cas contraire, l’empreinte est faussée.

2 Etude qualitative des empreintes physico-chimiques réalisées en milieu libérale dans la région Alsace

2.1 Introduction

L'un des éléments essentiels dans la réalisation de restaurations dentaires indirectes de bonne qualité est l'enregistrement avec précision des structures dentaires ainsi que du sulcus avoisinant.

Plusieurs types de matériaux et de techniques sont utilisées quotidiennement. La réalisation d'une empreinte précise dépend de plusieurs facteurs : les tissus mous doivent être soigneusement traités et gérés, les préparations dentaires doivent être précises avec une ligne de finition discernable, et l'empreinte doit reproduire formellement la situation clinique à l'aide de matériaux et de techniques appropriés (26). Les études publiées concernant les empreintes conventionnelles reçues aux laboratoires pour des travaux de prothèse fixe révèlent une proportion importante d'erreur à différents égards, et en particulier sur l'enregistrement du profil d'émergence (27).

Le but de l'étude est d'évaluer les empreintes faites par des praticiens dans leur activité quotidienne, et envoyées dans des laboratoires pour la réalisation de couronnes et de bridges, dans le but de détecter la présence et la fréquence d'erreurs lors des enregistrements des préparations dentaires.

2.2 Matériels et Méthodes

2.2.1 Echantillon

En partenariat avec la Corporation des prothésistes dentaires du Bas-Rhin, l'étude a été réalisée avec la collaboration de 5 laboratoires situés en Alsace dans les environs de Strasbourg entre Aout et Décembre 2016. Des laboratoires d'activités et de localisations différentes ont été retenus afin d'avoir une impression globale de la

qualité des empreintes dans le secteur. Au total, 492 enregistrements ont été examinées.

2.2.2 Critères d'inclusion

Toutes les empreintes reçues par les laboratoires ayant pour objet la réalisation de couronnes ou de bridges conventionnels ainsi que de reconstitutions coronoradiculaires en prothèse fixée ont été incluses dans l'étude et photographiées sous plusieurs angles afin de pouvoir être examinées. Certains modèles en plâtre coulés et non détourés ont également été examinés et photographiés, en association avec leur empreinte respective, afin de pouvoir apprécier la lisibilité des limites avant que le prothésiste ne commence son travail.

2.2.3 Critères d'exclusion

Les empreintes pour la réalisation d'inlays, d'onlays, de facettes ou de prothèses sur implants ont été exclues de l'étude, du fait des différences de critères de préparation au niveau de la limite cervicale.

2.2.4 Protocole d'évaluation

Par soucis d'éthique, l'étude a été réalisée dans le respect de l'anonymat des patients, des praticiens ainsi que des différents laboratoires. Ces derniers ont été différenciés comme les laboratoires 1, 2, 3, 4 et 5. Toutes les empreintes ont été numérotées avant d'être évaluées, afin de garantir l'anonymat des praticiens, et prévenir d'éventuels biais.

Chaque préparation dentaire est considérée comme un cas à part entière, et est notée séparément des autres préparations lorsqu'il y en a plusieurs dans la même empreinte.

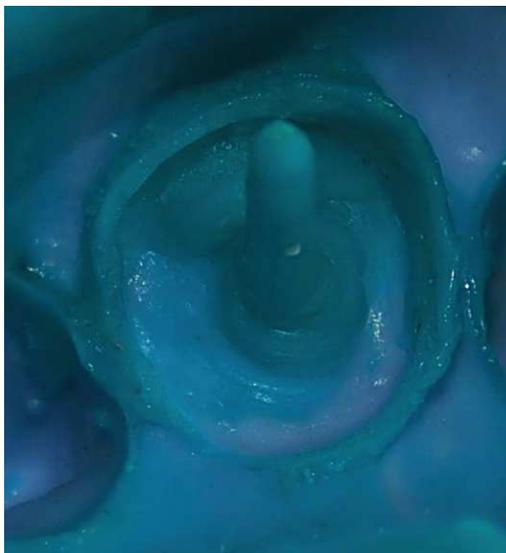
Un protocole d'évaluation des empreintes a été mis en place afin d'obtenir une reproductibilité des notations. Chaque empreinte a été examinée à la recherche de défauts et de manques d'enregistrements, notamment au niveau du profil

d'émergence, qui pourrait entraîner une mauvaise interprétation de la limite marginale ; la présence de bulles ou de tirages entre également en compte lors de l'évaluation. Il en ressort une classification des empreintes selon 4 grades (**Tableau 1**), inspirée de celles publiés dans d'autres études (28) (29) (30) :

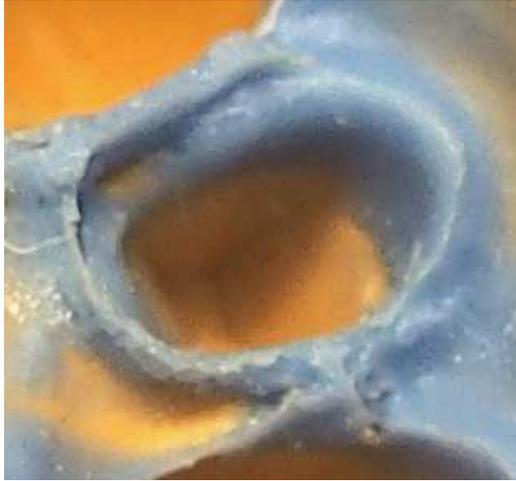
Tableau 1 : Critères de classification



Grade A : Empreinte sans aucun défaut, avec un profil d'émergence entièrement enregistré et lisible, et l'absence de tirage ainsi que de bulles ;



Grade B : Empreinte avec défaut mineur, n'empêchant pas la lecture du profil d'émergence (<1mm) ou de la limite ;



Grade C : Empreinte avec défaut partiel empêchant la lecture précise de la limite (>1mm) ;



Grade D : Empreinte avec illisibilité du profil d'émergence, défaut majeur de type incertitude forte sur la limite, tirage ou bulle au niveau de la dent préparée.

Les empreintes ont été photographiées dans les laboratoires, directement lors de leur réception, puis évaluées par deux examinateurs. La calibration inter-opérateur a été mise au point lors de la définition des différents grades de classification, de façon à attribuer le grade correspondant en fonction des différents défauts retrouvés sur l'empreinte. Plusieurs exemples ont été examinés en amont de l'étude afin de s'assurer de la bonne distribution des empreintes dans leur classification.

Les données collectées ont été recueillies dans un fichier Excel afin de pouvoir effectuer des analyses statistiques des résultats.

2.3 Résultats

Au total, 281 empreintes ont été examinées, correspondant à un total de 492 enregistrements de préparations dentaires pour la réalisation de couronnes et de bridges.

2.3.1 Type de matériau, de technique et de porte-empreinte

Sur les 281 empreintes étudiées, 240 d'entre elles ont été réalisées au silicone, soit 85,4%. Les 41 autres ont été réalisées à l'Impregum soit 14,6%.

Concernant la technique d'enregistrement, 221 empreintes ont été réalisées en double mélange - 1 temps soit 78,6%, 26 ont été réalisées en double mélange - 2 temps soit 9,3%, et 34 ont été réalisées en monophasé soit 12,1%. Parmi ces 34 empreintes en monophasé, 33 ont été réalisées à l'Impregum, et 1 seul cas en silicone.

Enfin, concernant les porte-empreintes utilisés, 146 cas ont été enregistrés en arcade complète (52%), 93 par porte-empreinte sectoriel avec un PE rigide (33%), et 42 par empreinte sectorielle uniquement avec toile (15%), sans porte empreinte rigide.

2.3.2 Qualité des empreintes

2.3.2.1 Pourcentage des grades dans les laboratoires

L'étude a été réalisée dans 5 laboratoires avec des activités et des localisations différentes afin de présenter au mieux la gradation des empreintes physico-chimiques (**Tableaux 2,3 et 4**).

Dans le laboratoire 1 :

Sur 250 enregistrements évalués, 90 d'entre eux ne présentaient aucun défaut (36,0%), 49 présentaient un défaut mineur (19,6%), 46 un défaut partiel (18,4%) et 65 un défaut majeur (26,0%).

Dans le laboratoire 2 :

Sur 14 enregistrements évalués, 5 ne présentaient aucun défaut (35,7%), 1 présentait un défaut mineur (7%), 3 un défaut partiel (21,4%) et 5 un défaut majeur (35,7%).

Dans le laboratoire 3 :

Sur 28 enregistrements évalués, 8 d'entre eux ne présentaient aucun défaut (28,6%), 5 présentaient un défaut mineur (17,9%), 8 un défaut partiel (28,6%) et 7 un défaut majeur (25,0%).

Dans le laboratoire 4 :

Sur 30 enregistrements évalués, 1 seul d'entre eux ne présentait aucun défaut (3,3%), 7 présentaient un défaut mineur (23,3%), 9 présentaient un défaut partiel (30,0%) et 13 présentaient un défaut majeur (43,3%).

Dans le laboratoire 5 :

Sur 170 enregistrements évalués, 36 d'entre eux ne présentaient aucun défaut (21,2%) 35 présentaient un défaut mineur (20,6%), 58 présentaient un défaut partiel (58,1%) et 41 présentaient un défaut majeur (24,1%).

Au total :

Sur 492 enregistrements, 140 sont de grade A (28,5%), 97 de grade B (19,7%), 124 de grade C (25,2%) et 131 de grade D (26,6%). Ainsi, plus de la moitié (51,8%) des empreintes physico-chimiques évaluées devraient, théoriquement, être refaites.

Tableau 2 : Gradation des empreintes selon les laboratoires

	Grade A	Grade B	Grade C	Grade D
Laboratoire 1	90	49	46	65
	36,0%	19,6%	18,4%	26,0%
	55,6%		44,4%	
Laboratoire 2	5	1	3	5
	35,7%	7,1%	21,4%	35,7%
	42,8%		57,1%	
Laboratoire 3	8	5	8	7
	28,6%	17,9%	28,6%	25,0%
	46,5%		53,1%	
Laboratoire 4	1	7	9	13
	3,3%	23,3%	30,0%	43,3%
	26,6%		73,3%	
Laboratoire 5	36	35	58	41
	21,2%	20,6%	34,1%	24,1%
	41,8%		58,2%	
Total	140	97	124	131
	28,5%	19,7%	25,2%	26,6%
	48,2%		51,8%	

Tableau 3 : Proportions des différents grades en fonction des laboratoires

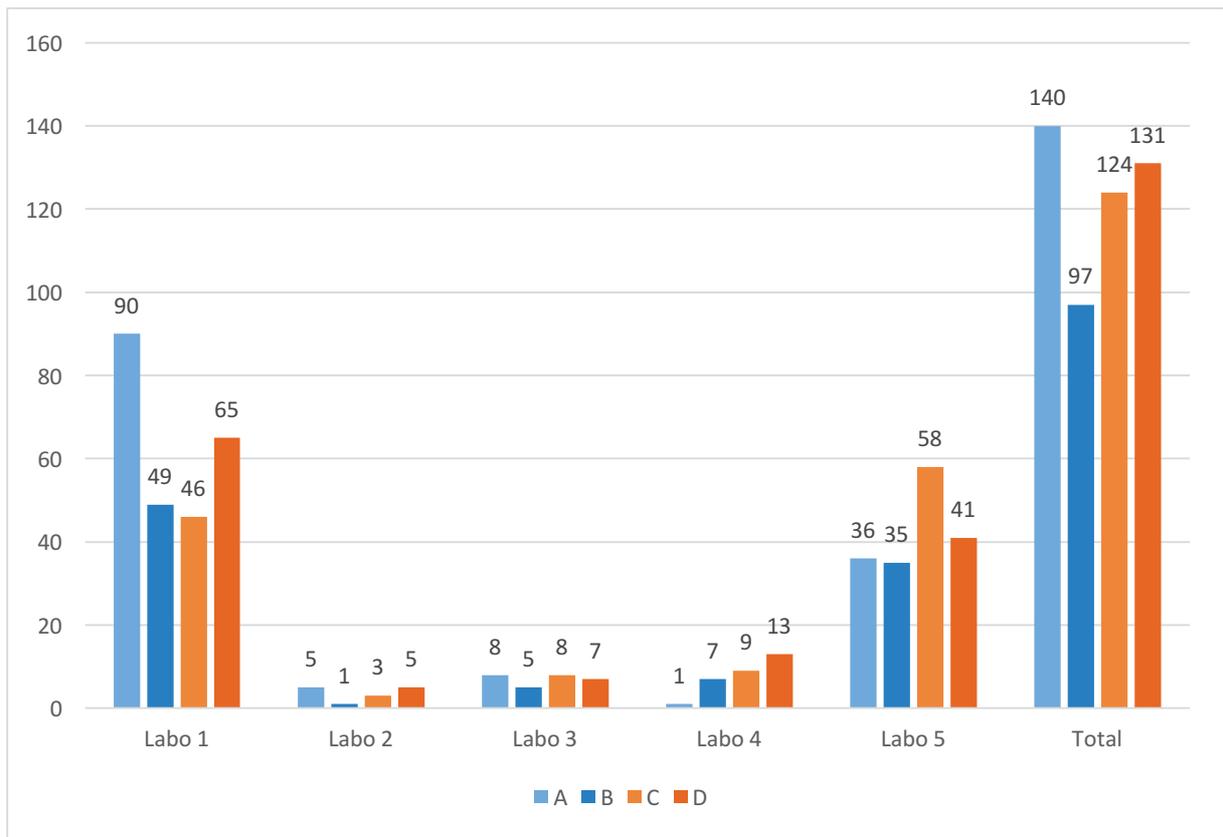
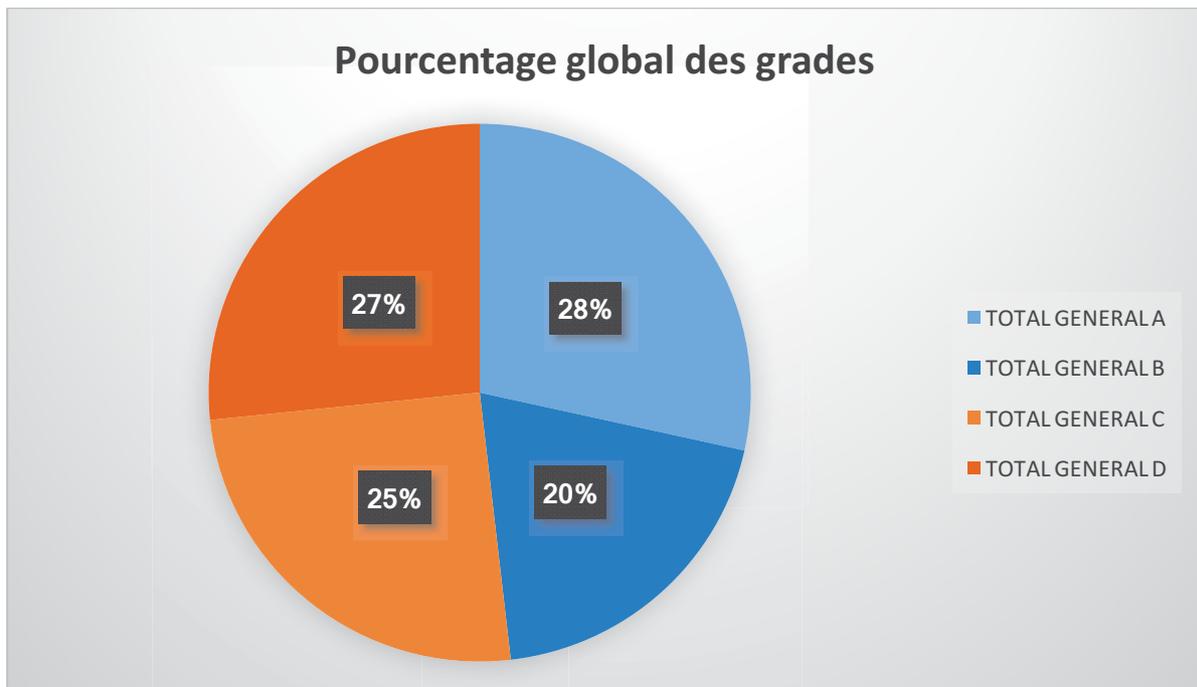


Tableau 4 : Pourcentages globales des différents grades sur l'ensemble de l'étude



2.3.2.2 Pourcentages des grades en fonction de la localisation dentaire

2.3.2.2.1 Enregistrements maxillaires et mandibulaires

Sur les 492 enregistrements effectués au cours de cette étude, 303 ont été réalisés au maxillaire (61,58%), et 189 à la mandibule (38,41%).

Concernant les enregistrements au maxillaire, 99 n'ont présenté aucun défaut (32,7%), 56 ont présenté un défaut mineur (18,5%), 67 un défaut partiel (22,1%) et 81 un défaut majeur (26,7%).

A la mandibule, 46 enregistrements n'ont présenté aucun défaut (24,3%), 40 un défaut partiel (21,1%), 53 un défaut partiel (28%) et 50 un défaut majeur (26,5%).

Au total, en additionnant les grades A et B, ainsi que C et D (**Tableaux 5 et 6**) :

- 51,2% des empreintes au maxillaires sont satisfaisantes ;
- 48,8% des empreintes au maxillaires sont défavorables ;
- 45,4% des empreintes mandibulaires sont satisfaisantes ;
- 54,5% des empreintes mandibulaires sont défavorables.

Les empreintes réalisées à la mandibule présentent plus de défauts qu'au maxillaire. Cette différence peut s'expliquer par la présence de la langue, et par une quantité de salive plus abondante à la mandibule.

Tableau 5 : Pourcentages des grades au maxillaire

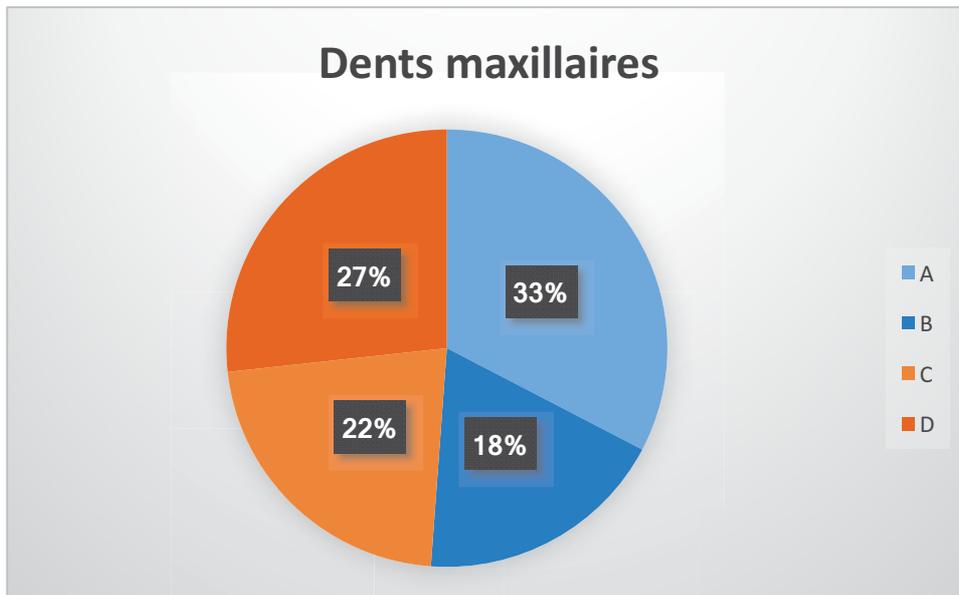
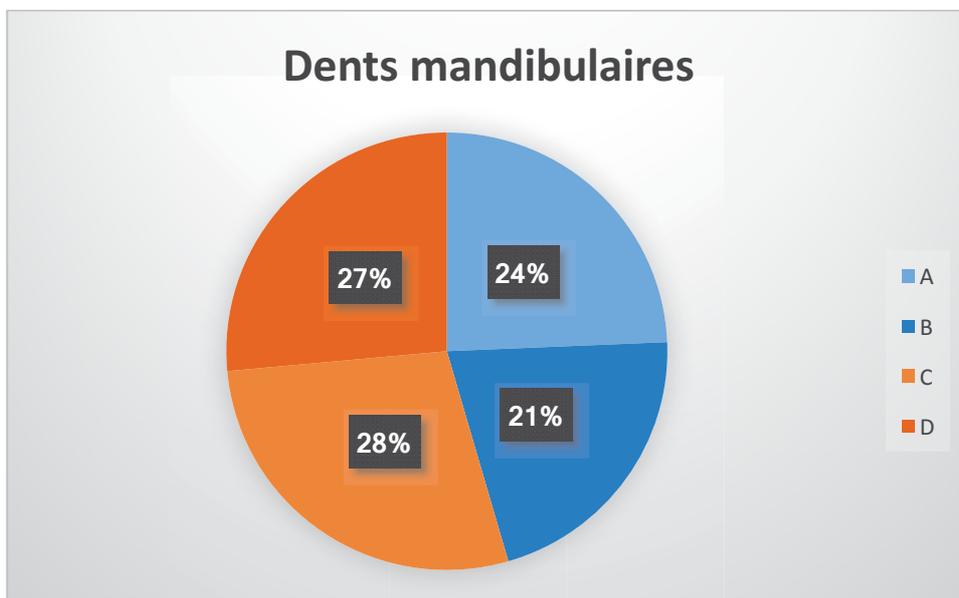


Tableau 6 : Pourcentages des grades à la mandibule



2.3.2.2.2 Enregistrements antérieurs et postérieurs

Concernant la localisation antéro-postérieure des enregistrements, les pourcentages de gradation ont été calculés d'abord en séparant les enregistrements maxillaires et mandibulaires, puis de façon globale (**Tableau 9**). Les dents antérieures correspondent aux incisives et aux canines, et les dents postérieures aux prémolaires et aux molaires.

En antérieur :

- Au maxillaire, 56 enregistrements sont de grade A (39,1%), 24 sont de grade B (16,8%), 32 sont de grade C (22,4%) et 31 sont de grade D (21,7%) ;
- A la mandibule, 6 enregistrements sont de grade A (13,6%), 9 sont de grade B (20,5%), 17 sont de grade C (38,6%) et 12 sont de grade D (27,3%).

Au total : en antérieur, 62 enregistrements sont de grade A (33,2%), 33 sont de grade B (17,6%), 49 sont de grade C (26,2%) et 43 sont de grade D (23,0%) ; soit 50,8% d'empreintes exploitables et 49,2% d'empreintes défavorables (**Tableau 7**).

En postérieur :

- Au maxillaire, 43 enregistrements sont de grade A (26,9%), 32 sont de grade B (20,0%), 35 sont de grade C (21,9%) et 50 sont de grade D (31,2%) ;
- A la mandibule, 40 enregistrements sont de grade A (27,6%), 31 sont de grade B (21,4%), 36 sont de grade C (24,8%) et 38 sont de grade D (26,2%).

Au total : 83 enregistrements sont de grade A (27,2%), 63 sont de grade B (20,7%), 71 sont de grade C (23,3%) et 88 sont de grade D (28,8%) ; soit 47,9% d'empreintes exploitables et 52,1% d'empreintes défavorables (**Tableau 8**).

Tableau 7 : Pourcentage des grades pour les dents antérieures

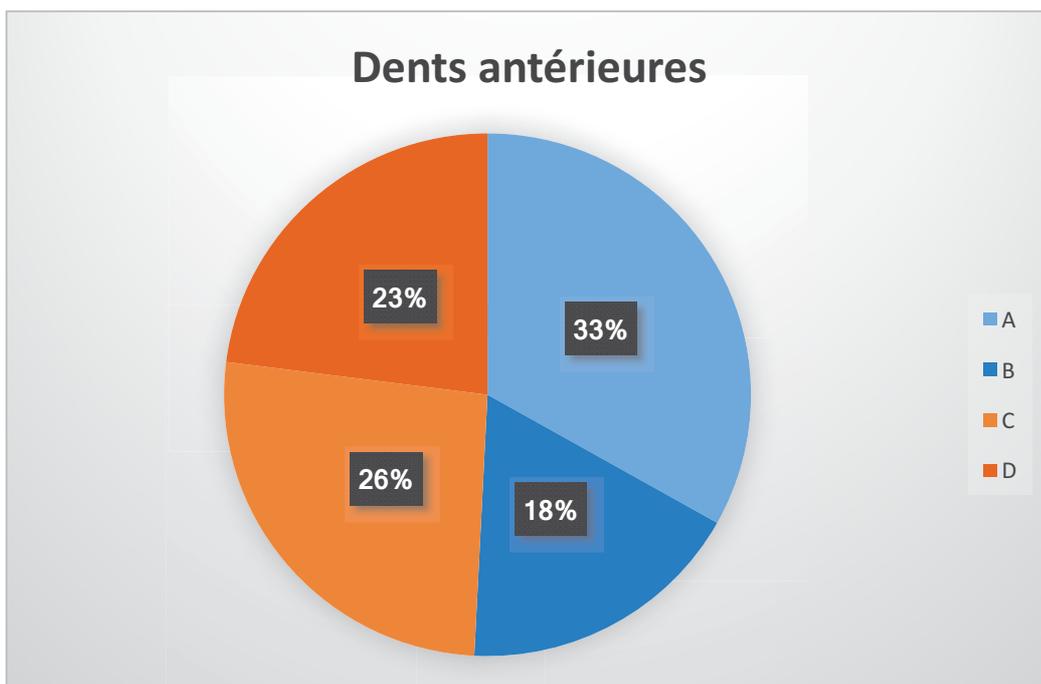


Tableau 8 : Pourcentage des grades pour les dents postérieures

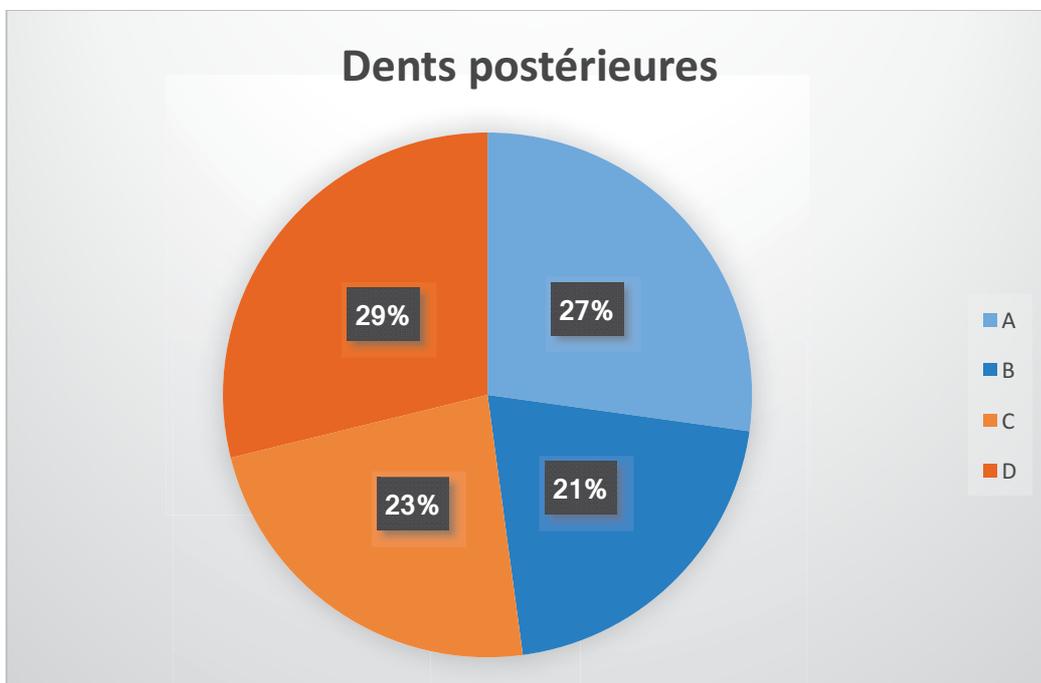


Tableau 9 : Comparatif des grades en fonction de la localisation anatomique

	Grade A	Grade B	Grade C	Grade D
Dents maxillaires	99	56	67	81
	32,7%	18,5%	22,1%	26,7%
	51,2%		48,8%	
Dents mandibulaires	46	40	53	50
	24,3%	21,1%	28,0%	26,5%
	45,4%		54,6%	
Dents antérieures	62	33	49	43
	33,2%	17,6%	26,2%	23,0%
	50,8%		49,2%	
Dents postérieures	83	63	71	88
	27,2%	20,7%	23,3%	28,8%
	47,9%		52,1%	

2.4 Discussion

Les empreintes satisfaisantes, réunissant les grades A et B, représentent donc 48,2% de l'échantillon ; les empreintes non exploitables, regroupant les grades C et D représentent, eux, 51,8%. Plus de la moitié des empreintes envoyées pour des travaux de prothèse fixée devraient, théoriquement, être refaites.

Des comparaisons en fonction de la localisation de l'enregistrement dans la cavité buccale ont été menées, afin de cibler les zones où l'enregistrement dentaire est le plus difficile à réaliser sans défaut.

Dans un premier temps, l'enregistrement des dents maxillaires a été comparé à celui des dents mandibulaires, puis l'enregistrement des dents antérieures à celui des dents postérieures.

Au maxillaire, 51,2% des empreintes sont satisfaisantes contre 48,8% d'empreintes défavorables.

A la mandibule, 45,4% des empreintes sont satisfaisantes contre 54,5% d'empreintes défavorables.

En antérieur, 50,8% des empreintes sont exploitables contre 49,2% d'empreintes défavorables.

En postérieur, 47,9% des empreintes sont exploitables contre 52,1% d'empreintes défavorables.

Les empreintes réalisées au maxillaire sont plus exploitables que celles réalisées à la mandibule ; ces résultats sont liés aux difficultés retrouvées à la mandibule par la présence de la langue, et par la quantité de salive plus importante.

Les empreintes réalisées en antérieur sont plus exploitables que celles réalisées en postérieur, du fait de la facilité d'accès ainsi que de l'exigence esthétique des patients pour les dents antérieures.

Les erreurs d'enregistrements sont aussi causées par de mauvaises manipulations ou de malaxage inhomogène des matériaux d'empreintes (31), d'une mauvaise répartition des matériaux sur les surfaces à enregistrer, ou encore d'un retrait prématuré de l'empreinte avant la fin de polymérisation du matériau. Les distributeurs automatiques permettent de diminuer considérablement le risque de défaut de l'empreinte (32).

L'utilisation de portes-empreintes inadaptés, comme les PE souples ou sans système de rétention pour le matériau sont aussi sources d'erreurs et de déformations des empreintes (33)(34) .

La qualité des préparations dentaires n'a pas été prise en compte dans cette étude (présence ou non d'un congé, présence de contre-dépouilles, régularité des surfaces...) pour minimiser le risque de biais par rapport à la gradation, et pour concentrer l'étude sur les défauts rencontrés lors de la réalisation de l'empreinte et non lors de la préparation dentaire en elle-même.

2.5 Conclusion

Plus de la moitié des empreintes évaluées présentent des défauts influençant sur la précision du maître modèle, sur lequel le prothésiste confectionne la prothèse fixée.

Le principal problème récurrent, retrouvé au niveau des enregistrements, est la lisibilité du profil d'émergence. Les causes principales retrouvées sont la mauvaise gestion des tissus mous et l'insuffisance des préparations dentaires périphériques. Les autres défauts rencontrés sont les bulles d'air et les tirages au niveau des préparations. Ces défauts sont dus à l'utilisation de matériels inadaptés, aussi bien au niveau des porte-empreintes qu'au niveau des matériaux ou de la technique d'empreinte. Certains choix sont plus portés sur l'économie de matériel, ou encore sur le gain de temps plutôt que sur l'indication clinique. Ces défauts contraignent alors les prothésistes à « deviner » les limites des préparations, entraînant des réalisations prothétiques imprécises. Les conséquences de ces imprécisions peuvent amener à des sur ou sous-contours, des problèmes d'insertions et d'adaptations prothétiques, ainsi que d'occlusions.

Dans une optique d'extension de la recherche, il serait intéressant d'étendre l'étude statistique sur l'ensemble des régions françaises, afin d'avoir des moyennes d'ordre national, et pouvoir évaluer la qualité des empreintes sur l'ensemble du pays.

Cette étude a permis de quantifier la proportion d'empreintes physico-chimiques comportant des défauts pouvant nuire à la qualité de la prothèse. Loin de se positionner en censeur, cette étude rend sensible à l'apport que pourrait apporter l'empreinte optique, qui fait son entrée dans les cabinets libéraux. Il est intéressant de comparer les deux modes d'empreintes, afin d'évaluer si l'empreinte optique peut palier aux sources d'erreurs retrouvées avec l'empreinte conventionnelle physico-chimique.

3 L’empreinte optique : une alternative capable de remédier aux problèmes rencontrés avec l’empreinte conventionnelle ?

3.1 Empreinte optique : grands principes et indications

3.1.1 Généralités

La CFAO (Conception et Fabrication Assistée par Ordinateur) a vu le jour dans les cabinets dentaires en 1979 grâce à l'un de ses principaux précurseurs, François Duret. L'informatique a connu un essor considérable au cours de cette période, ce qui a permis à la profession de bénéficier de nouvelles techniques de conception prothétique.

La CFAO regroupe deux concepts distincts, qui sont la CAO (Conception Assistée par Ordinateur) et la FAO (Fabrication assistée par Ordinateur), qui regroupent l'ensemble des étapes nécessaires à la réalisation de prothèses dentaires par voie numérique.

Ces étapes sont précédées par la numérisation de la situation intra-buccale, qui s'opère soit directement en bouche à l'aide d'une caméra d'acquisition optique, soit indirectement par le scannage d'une empreinte physico-chimique ou du modèle en plâtre.

La CAO consiste à modéliser un projet prothétique virtuel à l'aide d'un logiciel informatique. Le projet est modulable et peut être soumis à des modifications par l'opérateur.

La FAO consiste en la fabrication du projet prothétique précédemment validé. Les données acquises lors de la conception sont transmises à un logiciel qui commande une machine, capable d'usiner des éléments en céramique ou en métal. Il existe également des machines capables d'effectuer de la stéréolithographie, permettant de réaliser des maquettes en résine (35).

Trois systèmes de CFAO sont couramment utilisés aujourd'hui :

- o La CFAO directe (**Figures 23,24**), où l'ensemble des étapes de la numérisation à la fabrication de la pièce prothétique se déroule au cabinet dentaire. L'empreinte est directement réalisée au fauteuil à l'aide d'une caméra optique, la conception est réalisée par le praticien grâce à un logiciel mis à disposition par le système choisi. Enfin, la fabrication est effectuée par usinage grâce à une machine spécifique, présente au fauteuil. L'ensemble des étapes peut donc être effectué lors d'une même et unique séance.



Figure 23 : La CAO directe : les différentes étapes du système

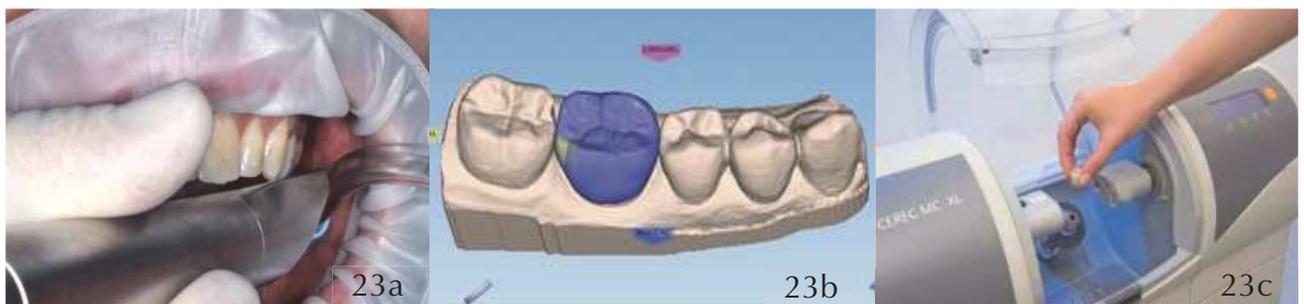


Figure 24 : Les différentes étapes de la CAO directe : Numérisation intra-buccale (a), conception (b) et fabrication (c) (53).

- o La CFAO semi-directe (**Figure 25**), où le praticien réalise l'empreinte numérique, puis le fichier est transmis par internet à un laboratoire s'occupant de la CAO et de la FAO (36). Ce système permet de profiter de l'expertise du laboratoire dans la chaîne de CFAO et d'interagir avec le prothésiste rapidement en cas de doutes ou de précisions

nécessaires. Dans ce système, la prothèse n'est plus forcément usinée en monobloc. Les techniques de stratification manuelle de la céramique peuvent être réalisées et apporter un rendu esthétique bien meilleur de la prothèse.

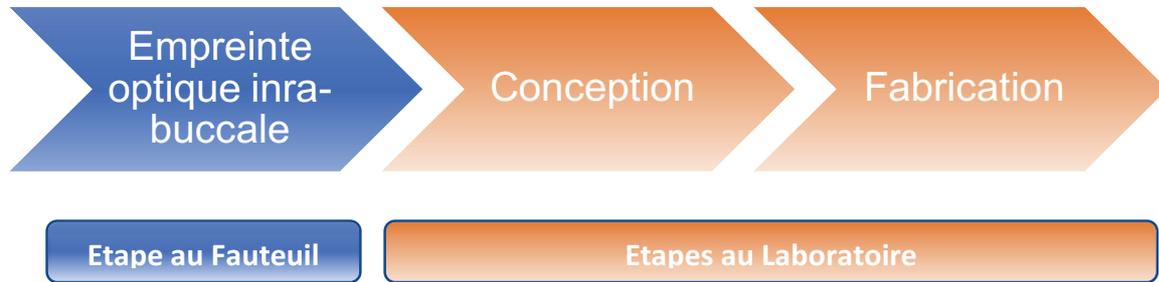


Figure 25 : Les différentes étapes du système CFAO semi-directe

- La CFAO indirecte (**Figures 26,27**), où le praticien réalise une empreinte physico-chimique, qui est traitée au laboratoire et numérisée, soit directement, soit par scannage du modèle en plâtre. La numérisation directe de l'empreinte permet d'éviter les risques d'imprécisions liés à la coulée du plâtre.

Enfin la réalisation des étapes de CAO et FAO s'effectuent au laboratoire.

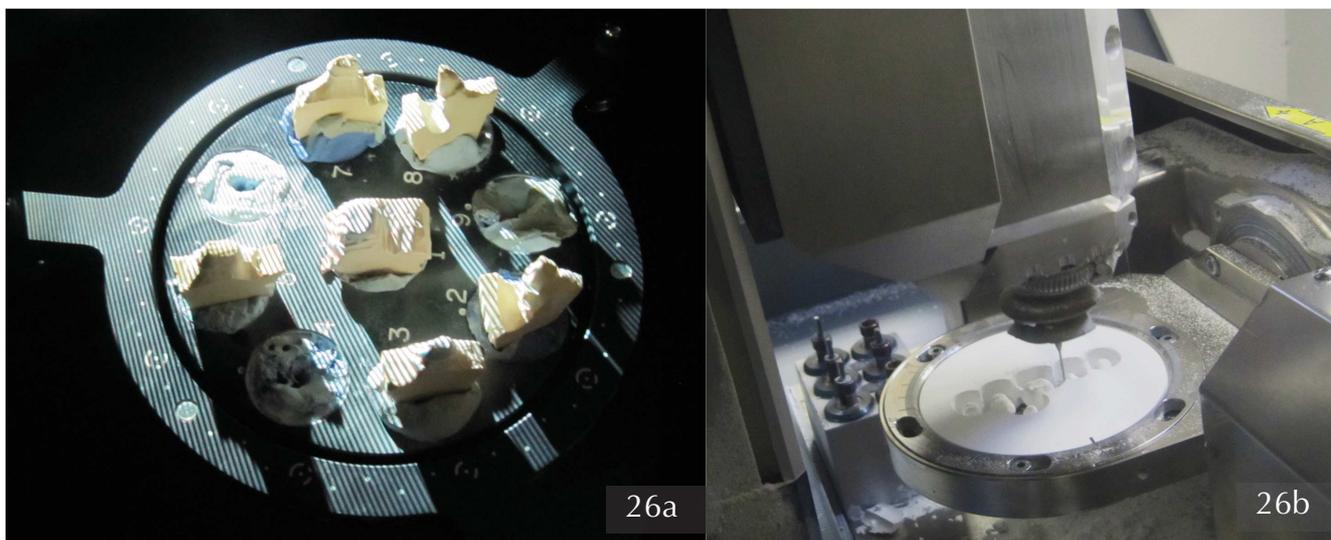


Figure 26 : CFAO indirecte : scannage des modèles en plâtre (a) et usinage des pièces prothétiques en zircone (b).

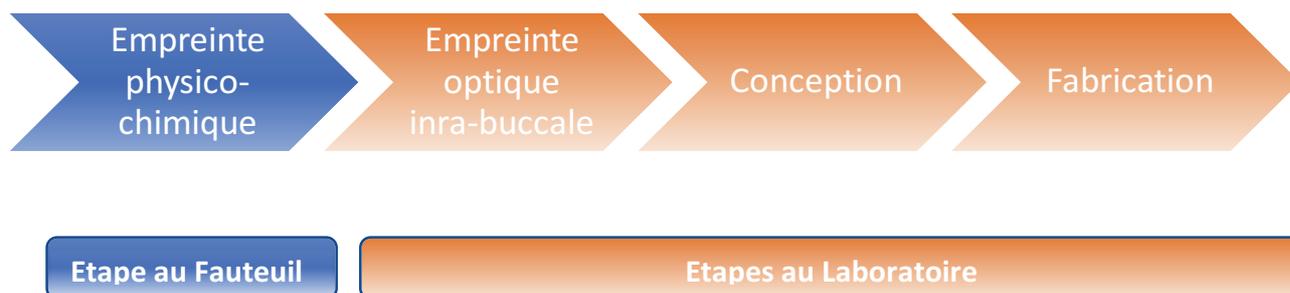


Figure 27 : Les différentes étapes de la CFAO indirecte

3.1.2 Grands principes

La numérisation de l'empreinte s'effectue par interaction entre la surface à enregistrer et une source lumineuse dite incohérente (polychromatique) ou cohérente (laser). Cette source est émise par une caméra d'empreinte optique et correspond au faisceau incident. La surface éclairée va produire un rayonnement réfléchi qui va être enregistré par des capteurs et converti en information numérique. Enfin, un logiciel va permettre de transformer cette information en image grâce à des filtres et des algorithmes. Il en ressort un fichier au format STL qui sera traité par les opérateurs de la CAO et de la FAO.

3.1.3 Indications de l'empreinte optique

Les indications de l'empreinte optique rejoignent sur plusieurs points celles de l'empreinte physico-chimique :

- Préparations coronaires périphériques, unitaires et multiples ;
- Préparations cavitaires pour inlays-onlays, overlays ;
- Préparations de facettes et de veneerlays ;
- Accès aux limites parfaitement lisibles.

L'empreinte optique pour les reconstitutions corono-radiculaires commence à voir le jour, notamment avec la caméra 3 Shape Trios, par la réalisation de scan-posts dans un protocole bien précis (**Figure 28**). Le scan-post est un transfert calibré, qui permet de donner des informations sur la profondeur ainsi que sur l'angulation du canal

dentaire (51). Deux empreintes optiques vont être réalisées : une avec le scan-post (**Figure 28a, b**) et l'autre sans. Ces empreintes vont par la suite, grâce à un logiciel, être superposées et corrélées pour ne faire qu'une (**Figure 28c**). La forme du transfert calibré doit être reconnue par la caméra, puis isolée du reste de l'enregistrement, afin de reconstituer la morphologie canalaire.

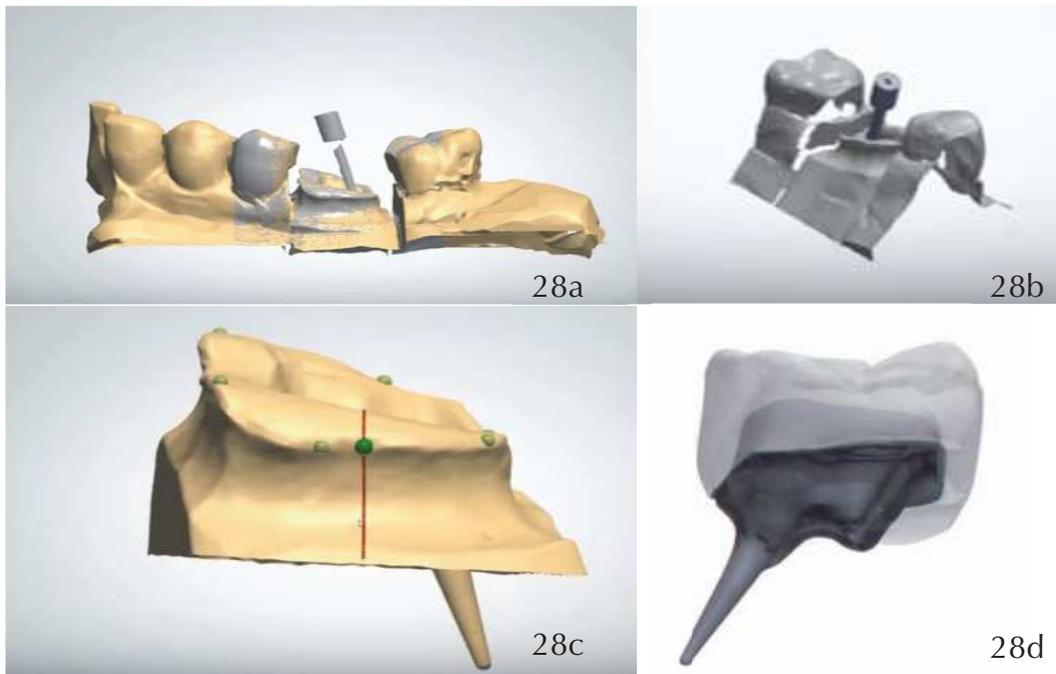


Figure 28 : Différentes étapes de conception de l'inlay core par empreinte optique : scannage du scan body (a et b), fusion des deux empreintes optiques (c), et modélisation des pièces prothétiques (d) (51).

3.2 L'empreinte optique versus l'empreinte conventionnelle

Les difficultés rencontrées lors de la réalisation d'empreintes physico-chimiques ont été étudiées dans les deux parties précédentes. Il est intéressant de venir comparer les deux systèmes d'empreintes retrouvés dans la pratique quotidienne des chirurgiens-dentistes, afin d'évaluer si les problèmes rencontrés lors de l'empreinte conventionnelle peuvent être résolus par l'empreinte optique.

3.2.1 Qualité et précision

3.2.1.1 Empreinte d'arcade complète

La qualité d'une empreinte optique se mesure par l'exactitude de l'empreinte à reproduire l'objet enregistré. Ce paramètre est difficile à évaluer in vivo, car cela nécessiterait d'avoir une mesure de référence, afin de pouvoir la comparer avec les deux systèmes d'empreintes. La plupart des études vont donc se baser sur un modèle de référence in vitro, avec des mesures acquises par scanner extra-oral (37). Il faut noter que cette comparaison ne tient pas compte des contraintes cliniques rencontrées in vivo, qui peuvent être sources d'erreurs.

De ces études ressort un gold-standard actuel en termes de qualité d'empreinte d'arcade complète, disant que la technique physico-chimique est nettement plus précise que la technique numérique (37)(38)(39). Des erreurs de précision dans les secteurs postérieurs peuvent aller jusqu'à 170 microns. Selon Seelbach (40), l'exactitude d'une empreinte numérique va dépendre du système utilisé pour l'enregistrement optique, mais surtout de l'algorithme permettant l'assemblage des différentes images obtenues pour modéliser l'arcade complète. L'accumulation de défauts au cours de l'enregistrement optique d'une arcade complète conclut à des écarts de justesse et des déformations importantes.

3.2.1.2 Empreinte d'arcade partielle

Concernant l'enregistrement numérique pour des arcades partielles, d'autres méthodes de comparaison sont utilisées. La qualité des empreintes entre le numérique et le physico-chimique se compare au niveau de l'adaptation du joint prothétique entre une couronne réalisée à partir d'une empreinte conventionnelle, et une autre couronne réalisée à partir d'une numérisation intra-buccale (41).

Plusieurs études ont été réalisées in vitro à ce sujet, et l'ensemble des résultats convergent vers la conclusion que les couronnes issues d'empreintes numériques sont tout au moins équivalentes en termes d'adaptation marginale, et plus précise en termes d'adaptation interne de la couronne (30,(43)(44) (**Tableau10**).

D'autres études, réalisées in vivo cette fois-ci, sur des restaurations unitaires ou de petite étendue allant jusque trois éléments, ont montré les mêmes résultats sur l'adaptation équivalente, voire plus précise, des couronnes issues d'empreintes optiques (45)(46)(47)(48). L'empreinte conventionnelle trouve donc son indication pour les secteurs partiels et les arcades complètes, avec une précision cliniquement et scientifiquement acceptable. L'empreinte optique, pour le moment, est indiquée pour des restaurations unitaires ou de secteurs partiels peu étendus. Il est possible que dans un avenir proche, l'amélioration des systèmes numériques ainsi que des logiciels d'algorithme de reconstruction puisse nous conduire à une précision d'empreinte équivalente aux résultats obtenus avec l'empreinte physico-chimique.

Tableau 10 : Comparaison de la précision d'adaptation marginale et de l'ajustement interne de couronnes tout céramique unitaires réalisées par CFAO à partir de trois empreintes optiques différentes et de deux techniques d'empreintes conventionnelles différentes (40)

Empreintes conventionnelles et empreintes optiques	Matériau	Adaptation marginale	Ajustement interne
		Moyenne (μm) \pm SD	Moyenne (μm) \pm SD
Cerec scan	Empress CAD	30 \pm 17 μm	88 \pm 20 μm
Lava C.O.S scan	Lava zirconia	48 \pm 25 μm	29 \pm 7 μm
iTero scan	Copran Zr-i	41 \pm 16 μm	50 \pm 12 μm
Technique 1 temps 2 viscosités	Lava zirconia	33 \pm 19 μm	36 \pm 5 μm
Technique 1 temps 2 viscosités	Cera E	38 \pm 25 μm	44 \pm 22 μm
Technique 2 temps 2 viscosités	Lava zirconia	60 \pm 30 μm	35 \pm 7 μm
Technique 2 temps 2 viscosités	Cera E	68 \pm 29 μm	56 \pm 36 μm

3.2.1.3 Conservation de la précision et diminution du risque d'erreurs

Les empreintes conventionnelles et numériques présentent une précision comparable lorsque leur indication a bien été posée. Cette précision va être, par la suite du traitement de l'empreinte, conservée durant toutes les étapes pour l'empreinte optique. Etant donné qu'elle résulte en un fichier informatique sous format STL, il n'y a aucune déformation liée à son traitement, elle est inaltérable. Concernant l'empreinte physico-chimique, plusieurs environnements et traitements peuvent en modifier la structure tridimensionnelle (49)(50) :

- La manipulation du matériau ;
- La coulée en plâtre de l'empreinte ;
- Le détournage du die et sa potentielle mobilité ;
- L'application uniforme du vernis d'espacement ;
- L'environnement et la température de stockage.

Les erreurs les plus fréquentes retrouvées dans l'empreinte conventionnelle (bulles, tirages, manque de cohésion entre les silicones, imprécision des limites...) peuvent être évitées par la technique numérique.

De plus, le risque bactériologique n'est plus présent, contrairement à l'empreinte physico-chimique qui peut être vecteur d'infection par son passage dans la cavité buccale.

3.2.2 Ergonomie de l'empreinte

L'empreinte optique, de par son format numérique en fichier STL, permet un stockage facile et à long terme. De plus, son archivage est peu encombrant, avec les possibilités de stockage de grande quantité existant de nos jours (disques durs, clés USB...).

Le temps de réalisation de l'empreinte est optimal, variant de 30 secondes à 4 minutes en fonction de l'opérateur, de son expérience, du nombre de préparations à enregistrer, du type de caméra utilisée et de la mémoire vive de l'ordinateur (51)(52).

Elle est ergonomique et peu contraignante pour le patient, par rapport à la technique physico-chimique.

Les corrections de l’empreinte ainsi que les rajouts en cas de manque sont possibles, il n’est pas nécessaire de reprendre l’intégralité de l’enregistrement. Il peut être complété par la prise de nouveaux clichés numériques et intégrés à l’empreinte (53).

Un confort non négligeable est apprécié par les patients avec cette technique, permettant d’éviter les matériaux physiques d’empreinte pouvant provoquer des réflexes nauséux ou des désagréments. De plus, certaines caméras intra-buccales ont la capacité d’enregistrer la teinte au cours de l’acquisition numérique (**Figure 29**). Enfin, l’empreinte optique permet un gain de temps considérable. Il n’est pas forcément retrouvé lors de la réalisation de l’empreinte en elle-même, mais lors de la réalisation de CFAO directe par exemple, où la pièce prothétique est usinée au cabinet : la pièce peut alors être posée dans la séance. Concernant la CFAO semi-directe, l’envoi de l’empreinte se fait par fichier numérique et donc par email. Cette voie est beaucoup plus rapide qu’un envoi d’empreinte physico-chimique, faisant intervenir un coursier.



Figure 29 : Exemple d'empreinte optique avec enregistrement des teintes simultanément à la réalisation de l'empreinte (54)

3.2.3 Facilité de communication et de vérification de l’empreinte

Il est possible, via le document numérisé, d’apporter des explications au patient sur le déroulement de la séance. La numérisation permet l’obtention d’une image positive, qui participe à une meilleure visualisation et compréhension du projet de la part du patient.

De plus, cet enregistrement positif apporte l’avantage de pouvoir vérifier instantanément la qualité de l’empreinte. Il est possible d’agrandir l’image jusqu’à un grossissement x20, en cas de doute sur les limites par exemple. Ainsi, le praticien peut immédiatement apporter des corrections s’il visualise des erreurs d’enregistrements, et peut délimiter lui-même les contours périphériques de la préparation via le logiciel. Cela permet de clarifier la relation praticien-prothésiste. La discussion peut même être entamée en temps réel par l’envoi via internet des données.

3.2.4 Ecologie

Un intérêt écologie est présent via l’empreinte optique, évitant la consommation de matériaux (silicone, porte-empreintes, plâtre...), et supprimant le transport vers le laboratoire. Le retrait de ces étapes implique un intérêt financier.

Malgré la numérisation de l’empreinte, il est tout de même possible de réaliser un modèle physique de cette empreinte par technique de stéréolithographie.

3.3 Les limites et les causes d’imprécision en empreinte optique

3.3.1 Manipulation de la caméra optique et apprentissage

Un temps d’apprentissage et de manipulation plus ou moins long est nécessaire, et varie en fonction du praticien (55). Un protocole précis de scannage est requis pour chaque caméra intra-buccale. Par exemple, la distance entre la caméra et les surfaces dentaires, l’angulation de la caméra ou encore le trajet de scannage

varient en fonction des systèmes (56). Il est possible d'envisager que les futures générations seront formées dès leur formation initiale à la prise d'empreinte optique.

3.3.2 Préparation tissulaire et isolation salivaire



Figure 30 : Différents système d'isolation salivaire : Systeme Isolite (a), système Hygoformic (b), Optragate (c) et Capodent (d) (11).

Pour l'empreinte conventionnelle comme pour l'empreinte optique, le praticien n'est pas épargné des étapes de déflexion gingivale. En effet, la numérisation de l'empreinte ne dispense pas cette préparation tissulaire, ni le fait de devoir travailler dans un environnement sec, à l'abri du sang, de la salive et des fluides gingivaux qui faussent l'enregistrement optique (**Figure 30**). L'accès aux limites doit donc être maîtrisé. Une préparation trop sous-gingivale peut être complexe à enregistrer par empreinte numérique.

3.3.3 Contraintes d'utilisation

La limitation de l'ouverture buccale peut contraindre à utiliser l'empreinte optique en secteur postérieur. Certaines caméras possèdent une tête volumineuse, qui peut parfois être trop encombrante pour la réalisation de l'empreinte. Les nouvelles caméras tendent vers une diminution du volume de la tête pour faciliter l'enregistrement.

Au sujet des étapes de réglages de l'empreinte et de la délimitation cervicale sur le logiciel, elles sont réalisées par le praticien, et peuvent être chronophages par rapport à l'empreinte physico-chimique, où ces tâches sont confiées aux prothésistes.

Concernant la réalisation de pièces prothétiques en CFAO directe, le rendu esthétique est insuffisant pour permettre un scellement de la pièce à la fin de l'usinage. Des étapes de maquillage et de cuisson sont souvent nécessaires et peuvent, elles aussi, devenir chronophages.

Enfin, plusieurs systèmes nécessitent un poudrage préalable des structures avant l'enregistrement, ce qui implique un temps opératoire supplémentaire et une expérience requise, car une épaisseur inhomogène de poudre pourrait fausser l'enregistrement des reliefs dentaires.

3.3.4 Exploitation des fichiers

Certaines marques fonctionnent en système fermé, obligeant le praticien à travailler avec la même enseigne sur l'ensemble des étapes. Le format des fichiers est alors crypté, de façon à n'être lu que par le système en question.

De plus en plus de systèmes ouverts sont à portée d'utilisation, travaillant avec des fichiers STL, qui sont des formats standards et compatibles avec tous les systèmes. Ceci ouvre l'accès à des possibilités thérapeutiques plus vastes que dans un système fermé, où le champ d'application en CFAO est réduit du fait de l'obligation de travail avec la même compagnie. Cet inconvénient est amené à disparaître d'ici quelques années (55).

3.3.5 Coût financier

Plusieurs types de caméras sont disponibles sur le marché. Le choix d'un système particulier va dépendre des fonctions proposées avec la caméra, notamment (52) :

- Le système de CFAO (directe ou semi-directe) ;
- Les systèmes ouverts et fermés ;
- Les critères techniques : nécessité de poudrage, maniabilité et ergonomie de la caméra, simplicité du logiciel... ;
- Les preuves scientifiques et le recul clinique ;
- Le coût de l'investissement.

La caméra optique et ses accessoires correspondent à un investissement important. Aujourd'hui, les tarifs varient de 15 000 à 20 000€ pour une caméra avec son logiciel minimal, à 55 000€ pour les caméras les plus performantes, et allant jusqu'à 100 000€ pour le système avec l'usineuse. A ce coût de départ s'ajoutent les contrats de maintenance et de mise à jour des logiciels, ainsi que le matériel consommable. Il est possible d'acquérir le matériel en leasing pour certaines chaînes, permettant d'atténuer le coût d'achat, et de changer facilement de matériel en cas d'évolution des systèmes.

Conclusion

L’empreinte conventionnelle a fait ses preuves depuis plusieurs décennies. Elle offre une fiabilité de reproduction des tissus dentaires de l’ordre du micron, tout en proposant un panel de choix thérapeutiques très intéressant. De plus, elle trouve son indication dans l’ensemble des situations cliniques concernant la prothèse fixée. Cependant, l’étude réalisée au cours de ce travail montre bien que la qualité des enregistrements effectués n’est pas toujours à la hauteur des exigences nécessaires en termes de reproduction des tissus et des limites. Plus de 50% des empreintes faites pour la réalisation de prothèses fixées comportent des défauts pouvant compromettre l’adaptation des pièces prothétiques. La lisibilité des limites marginales et du profil d’émergence sont les principaux problèmes rencontrés, avec les tirages et les bulles d’air.

L’empreinte optique présente l’avantage de s’affranchir d’un bon nombre de problèmes que l’on peut rencontrer avec l’empreinte conventionnelle. En premier lieu, elle est exemptée des bulles et des tirages. Si toutefois une zone n’a pas été enregistrée convenablement, il est possible de compléter l’empreinte avec de nouveaux enregistrements, et ainsi la rectifier ou la compléter à tout moment. De plus, le format STL est inaltérable dans le temps, et la chaîne de traitement de l’empreinte est supprimée, évitant ainsi les risques d’imprécisions (bien que ces imprécisions soient considérées comme scientifiquement acceptables). La justesse d’enregistrement est tout aussi précise, voire plus que celle de l’empreinte physico-chimique, selon les études.

Mais cette empreinte numérique présente aussi ses limites, en particulier sur l’étendue des zones à enregistrer. Sa fiabilité est limitée à des étendues de petite à moyenne taille, car les déformations engendrées par l’enregistrement d’arcade complète ne permettent pas d’obtenir des résultats exploitables. De plus, la numérisation de l’empreinte n’exempte pas des étapes de déflexion gingivale, car elle n’enregistre que les structures visibles. Si les limites sont trop profondes, l’empreinte conventionnelle peut trouver une indication plus appropriée, du fait de la capacité des matériaux fluides à fuser dans les zones les plus difficiles d’accès.

Néanmoins, l’empreinte optique ne cesse d’évoluer. L’ouverture des systèmes permet d’accroître les possibilités thérapeutiques. La numérisation d’éléments non visibles, comme les préparations radiculaires ou les implants, voit le jour avec de nouvelles techniques d’enregistrements. De nouveaux outils et logiciels se développent constamment grâce aux nouvelles technologies, facilitant les planifications et les réalisations prothétiques. Un prototype de micro-scanner intra-oral ultrasonique, IDA Sonic, est en cours de développement. Il aurait la capacité, de par son système à ultrason, d’enregistrer les limites marginales indépendamment de la présence de sang et de salive, y compris les limites sous-gingivales (56).

L’empreinte optique est donc limitée à ses indications, mais tend à se perfectionner avec l’évolution des technologies, là où l’empreinte conventionnelle a atteint ses limites de développement.

SIGNATURE DES CONCLUSIONS

Thèse en vue du Diplôme d'Etat de Docteur en Chirurgie Dentaire

Nom - prénom de l'impétrant : MESSAS David

Titre de la thèse : Evaluation qualitative des empreintes physico-chimiques en secteur libéral dans la région du Bas-Rhin.

Directeur de thèse : Docteur Olivier ETIENNE

VU

Strasbourg, le : 06-11-17

Le Président du Jury,

Professeur B. WALTER



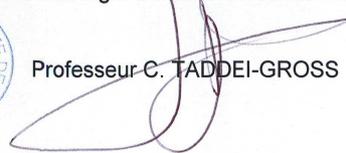
VU

Strasbourg, le :

06 NOV. 2017

Le Doyen de la Faculté
de Chirurgie Dentaire de Strasbourg,

Professeur C. TADDEI-GROSS



Références bibliographiques

1. Lacroix P, Laurent M, Margossian P, Laborde G. Quels sont les critères de choix des porte-empreintes et adhésifs ? Stratégies Prothétiques. Vol. 5. 2004. 337-342 p.
2. Larson TD, Nielsen MA, Brackett WW. The accuracy of dual-arch impressions: a pilot study. J Prosthet Dent. 2002 Jun;87(6):625–7.
3. Carrotte PV, Johnson A, Winstanley RB. The influence of the impression tray on the accuracy of impressions for crown and bridge work--an investigation and review. Br Dent J. 1998 Dec 12;185(11–12):580–5.
4. Christensen G. Dual-arch impression Summary. Clin Rep. 2008 Jun;
5. Cox JR. A clinical study comparing marginal and occlusal accuracy of crowns fabricated from double-arch and complete-arch impressions. Aust Dent J. 2005 Jun;50(2):90–4.
6. Burdairon G. Abrégé de matériaux dentaires. Paris Masson Édition. 1990;
7. Descamp F. Pratique de l’empreinte en prothèse fixée - Du pilier naturel à l’implant. Des techniques classiques à la CFAO. Editions CdP. 2012.
8. Périé B, Delfine B, Bohin F. Quelles sont les causes de déformation des empreintes ? Strat Prothétique. 2005;2(1):17–23.
9. Lacroix P, Laborde G, Laurent M, Margossian P. Quels sont les critères de choix des matériaux pour les empreintes en prothèse fixée ? Stratégies Prothétiques. Vol. 5. 2004. 331-336 p.
10. Tramba P, Eid N. Propriétés d’usage des matériaux à empreintes élastiques. In: Réalités cliniques. 1993. p. 415–33.

11. Sites fabricants.

12. Fiche produit du fabricant [Internet]. [cited 2017 Sep 21]. Available from: http://solutions.3msuisse.ch/3MContentRetrievalAPI/BlobServlet?lmd=1406192655000&locale=fr_FR&assetType=MMM_Image&assetId=1361808644384&blobAttribute=ImageFile

13. Walker MP, Petrie CS, Haj-Ali R, Spencer P, Dumas C, Williams K. Moisture effect on polyether and polyvinylsiloxane dimensional accuracy and detail reproduction. *J Prosthodont Off J Am Coll Prosthodont*. 2005 Sep;14(3):158–63.

14. Moulin P, Gardon-Mollard G. Optimiser l'emploi des élastomères en prothèse fixée. *Inf Dent*. 2008;

15. Nino A, Giovanni E. Méthodes de rétraction gingivale. *Rev Mens Suisse Odontostomatol*. 2009;119(2):130–8.

16. Armand S. L'accès aux limites cervicales en prothèse fixée. *Cah ADF*. 2000;7(1):18–23.

17. Clément M, Noharet R, Viennot S. Réalisation clinique d'une prothèse fixée unitaire : optimisation du résultat esthétique. *Encyclo Méd Chir Médecine Buccale*. 2014;Article 28-815-L-90.

18. Stafin-Zerbib A, Florentin F, Armand S, Darde S, Mir J. Incidences parodontales des accès aux limites en prothèse fixée : revue de littérature. *Strat Prothétique*. 2008;8(2):133–41.

19. Donovan TE, Chee WW. Current concepts in gingival displacement. *Fixed Prosthodont*. 2004 Apr;48(2):433–44.

20. Ducret M, Viennot S. La mise en condition gingivale : une polyvalence d'indications. *Cah Prothèse*. 2014;(168):47–53.

21. Lesage P. Expasyl : protocole d'utilisation en prothèse fixée. *Clinic (Paris)*.

2002;23(2):97–103.

22. Hoornaert A. Empreintes en prothèse fixée : apport de l'Expasyl dans l'accès aux limites. *Synerg Prothétique*. 2000;2(3):227–32.

23. Benson BW, Bomberg TJ, Hatch RA, Hoffman W. Tissue displacement methods in fixed prosthodontics. *J Prosthet Dent*. 1986 Feb 1;55(2):175–81.

24. Christensen GJ. Simplifying and improving soft-tissue management for fixed-prosthodontic impressions. *J Am Dent Assoc*. 2013 Feb 1;144(2):198–200.

25. Viennot S, Jeannin C, Collier F, Malquarti G. Contribution d'Expasyl® à la précision du rebasage infra-gingival des prothèses provisoires fixées. *Strat Prothétique*. 2007;7(3):187–98.

26. Samet N, Shohat M, Livny A, Weiss EI. A clinical evaluation of fixed partial denture impressions. *J Prosthet Dent*. 2005;94(2):112–117.

27. Jenkins SJ, Lynch CD, Sloan AJ, Gilmour ASM. Quality of prescription and fabrication of single-unit crowns by general dental practitioners in Wales. *J Oral Rehabil*. 2009 Feb 1;36(2):150–6.

28. Storey D, Coward TJ. The quality of impressions for crowns and bridges: an assessment of the work received at three commercial dental laboratories. assessing the quality of the impressions of prepared teeth. *Eur J Prosthodont Restor Dent*. 2013 Jun;21(2):53–7.

29. Abdulrohman SA, BDS, MSc (Bristol, UK), Daed AS. Assessment of impressions made for fixed partial denture prosthesis in Jordan. *Pak Oral Dent J*. 2009 Jun;29(1):167–70.

30. Albashaireh ZS, Alnegrish AS. Assessing the quality of clinical procedures and technical standards of dental laboratories in fixed partial denture therapy. *Int J Prosthodont*. 1999 Jun;12(3):236–41.

31. Caputi S, Varvara G. Dimensional accuracy of resultant casts made by a monophasic, one-step and two-step, and a novel two-step putty/light-body impression technique: an in vitro study. *J Prosthet Dent*. 2008 Apr;99(4):274–81.
32. Thongthammachat S, Moore BK, Barco MT, Hovijitra S, Brown DT, Andres CJ. Dimensional accuracy of dental casts: influence of tray material, impression material, and time. *J Prosthodont Off J Am Coll Prosthodont*. 2002 Jun;11(2):98–108.
33. Gelbard S, Aoskar Y, Zalkind M, Stern N. Effect of impression materials and techniques on the marginal fit of metal castings. *J Prosthet Dent*. 1994;71.
34. Hoyos A, Soderholm K-J. Influence of tray rigidity and impression technique on accuracy of polyvinyl siloxane impressions. *Int J Prosthodont*. 2011 Feb;24(1):49–54.
35. Beuer F, Schweiger J, Edelhoff D. Digital dentistry: an overview of recent developments for CAD/CAM generated restorations. *Br Dent J*. 2008 May 10;204(9):505–11.
36. Soenen A. La CFAO semi-directe : principes et indications. *Inf Dent*. 2013;20:2–8.
37. Ender A, Mehl A. Accuracy of complete-arch dental impressions: a new method of measuring trueness and precision. *J Prosthet Dent*. 2013 Feb;109(2):121–8.
38. Patzelt SBM, Emmanouilidi A, Stampf S, Strub JR, Att W. Accuracy of full-arch scans using intraoral scanners. *Clin Oral Investig*. 2014 Jul;18(6):1687–94.
39. Ahlholm P, Sipilä K, Vallittu P, Jakonen M, Kotiranta U. Digital Versus Conventional Impressions in Fixed Prosthodontics: A Review. *J Prosthodont Off J Am Coll Prosthodont*. 2016 Aug 2;
40. Seelbach P, Brueckel C, Wöstmann B. Accuracy of digital and conventional impression techniques and workflow. *Clin Oral Investig*. 2013 Sep ;17(7):1759–64.

41. Boitelle P, Fromentin O, Mawussi B, Tapie L, Vennat E. Evaluation de l'adaptation des restaurations prothétiques fixées réalisées par CFAO et facteurs de variation : revue de littérature. *Cah Prothèse*. 2013;(161):59–75.
42. Almeida e Silva JS, Erdelt K, Edelhoff D, Araújo É, Stimmelmayer M, Vieira LCC, et al. Marginal and internal fit of four-unit zirconia fixed dental prostheses based on digital and conventional impression techniques. *Clin Oral Investig*. 2014;18(2):515–23.
43. Svanborg P, Skjerven H, Carlsson P, Eliasson A, Karlsson S, Ortorp A. Marginal and internal fit of cobalt-chromium fixed dental prostheses generated from digital and conventional impressions. *Int J Dent*. 2014;2014:534382.
44. Abdel-Azim T, Rogers K, Elathamna E, Zandinejad A, Metz M, Morton D. Comparison of the marginal fit of lithium disilicate crowns fabricated with CAD/CAM technology by using conventional impressions and two intraoral digital scanners. *J Prosthet Dent*. 2015 Oct;114(4):554–9.
45. Pradiés G, Zarauz C, Valverde A, Ferreiroa A, Martínez-Rus F. Clinical evaluation comparing the fit of all-ceramic crowns obtained from silicone and digital intraoral impressions based on wavefront sampling technology. *J Dent*. 2015 Feb;43(2):201–8.
46. Ahrberg D, Lauer HC, Ahrberg M, Weigl P. Evaluation of fit and efficiency of CAD/CAM fabricated all-ceramic restorations based on direct and indirect digitalization: a double-blinded, randomized clinical trial. *Clin Oral Investig*. 2016 Mar;20(2):291–300.
47. Tamim H, Skjerven H, Ekfeldt A, Rønold HJ. Clinical evaluation of CAD/CAM metal-ceramic posterior crowns fabricated from intraoral digital impressions. *Int J Prosthodont*. 2014 Aug;27(4):331–7.
48. Boeddinghaus M, Breloer ES, Rehmann P, Wöstmann B. Accuracy of single-

tooth restorations based on intraoral digital and conventional impressions in patients. Clin Oral Investig. 2015 Nov;19(8):2027–34.

49. Duret F, Pelissier B, Fages M. Empreintes optiques et perspectives d'avenir. Strat Prothétique. 2010;10(4):239–47.

50. Manfred K. Manfred K. Prise d'empreinte intrabuccale : les ensembles de données numériques pourront être collectés partout. CAD/CAM. 2012;2(1):13–5. CAD/CAM. 2012;2(1):13–5.

51. Landwerlin O, Berruet J-L. Empreinte optique et CFAO dentaire à l'IDS 2015 | Dental Tribune International. CAD/CAM. 2015;2(2):64–70.

52. Landwerlin O. CFAO Dentaire et empreinte optique : les caméras au banc d'essai. Fil Dent. 2014;97:34–41.

53. Cordelette M, Jordan-Combarieu F. Evolutions majeures de la CFAO directe. Inf Dent. 2014;20:38–46.

54. Digital Impression [Internet]. ctdent. [cited 2017 Oct 1]. Available from: <https://ctdent.co.uk/digital-impression/>

55. Soenen A, Sireix C, Le Gac O. L'empreinte optique intra-buccale au service de la CFAO semi-directe en clinique. Fil Dent. 2014;(97):16–25.

56. Landwerlin O, Fages M. L'empreinte optique : silence on tourne ! Strat Prothétique. 2014;14(2):115–28.

Annexes

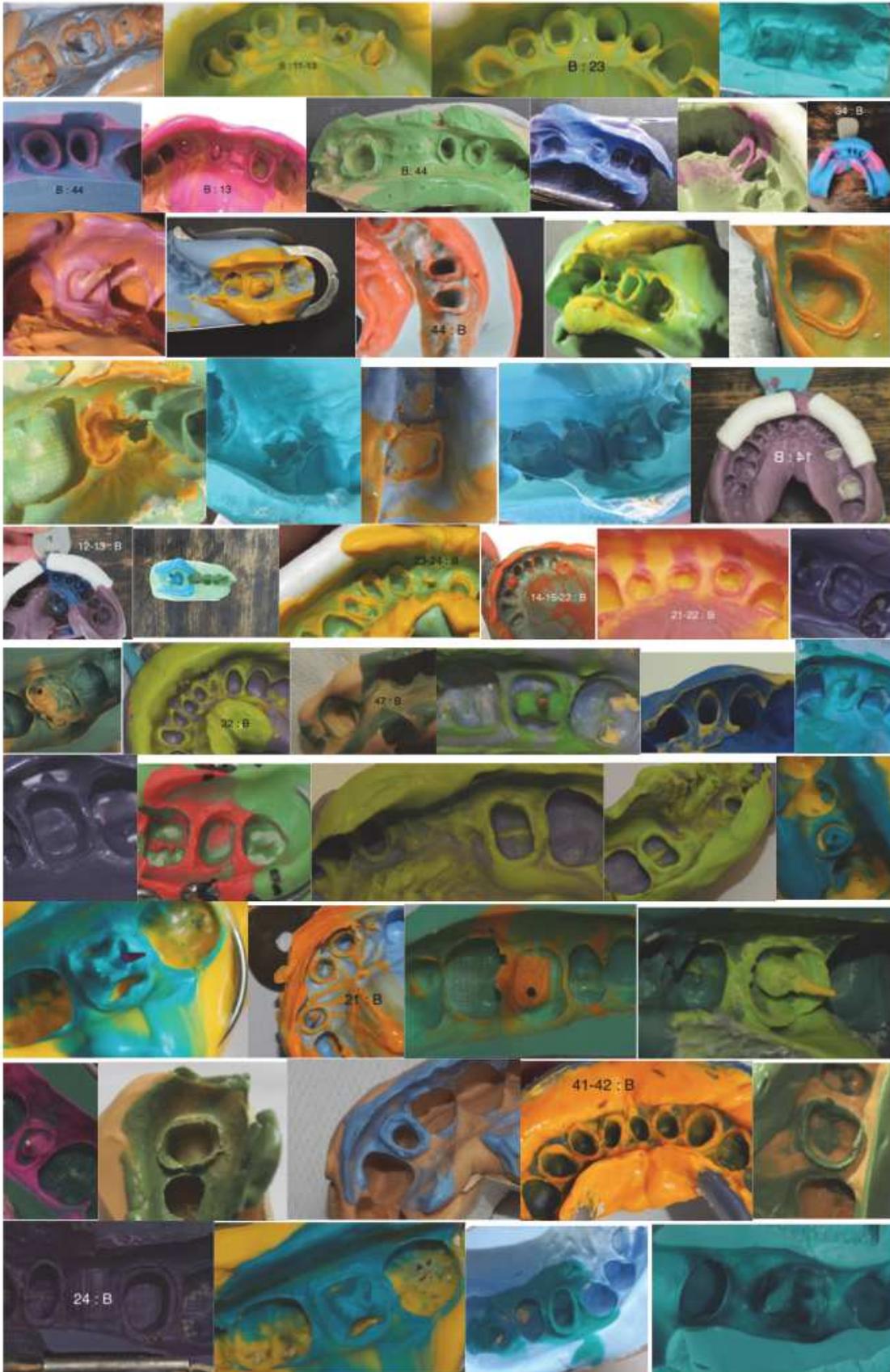
Photos Grade A (1/2)



Photos Grade A (2/2)



Photos Grade B (1/2)



Photos Grade B (2/2)



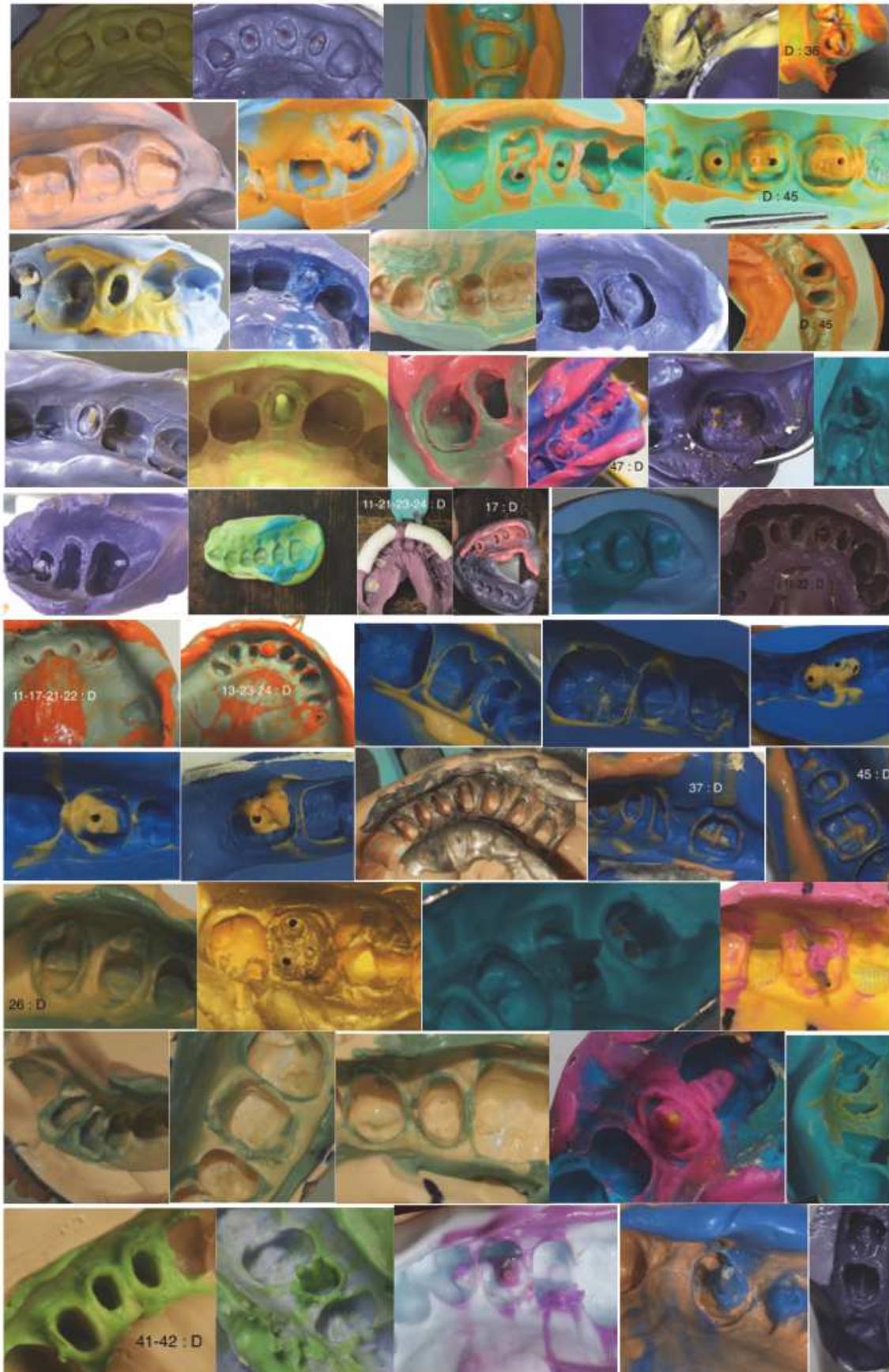
Photos Grade C (1/2)



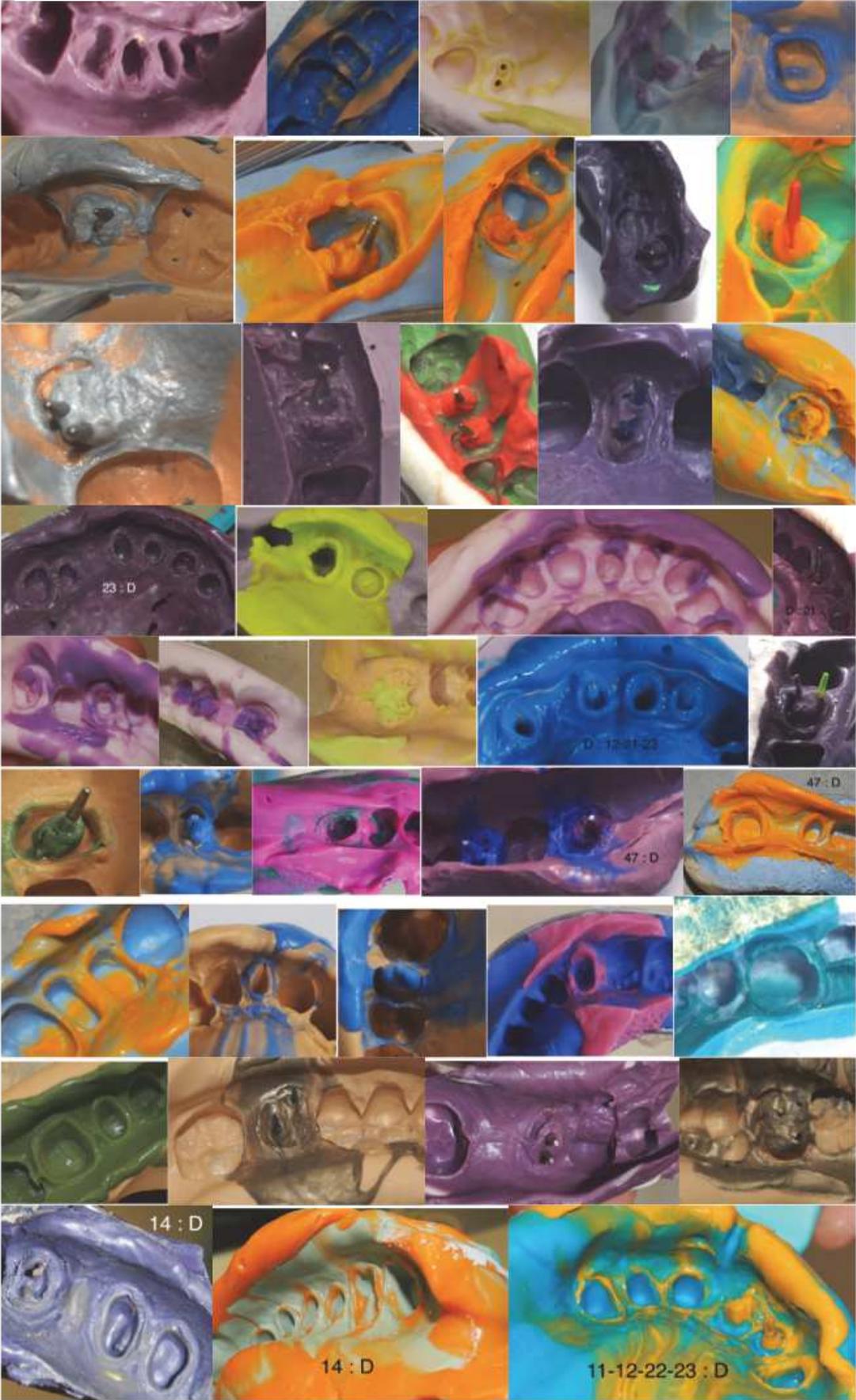
Photos Grade C (2/2)



Photos Grade D (1/2)



Photos Grade D (2/2)



Données quantitatives de l'étude

Laboratoire 1

#empreinte	#dent	note
101	11	B
101	12	A
101	13	B
101	21	A
101	22	A
101	23	A
102	45	C
103	17	C
104	15	A
105	17	C
106	11	A
106	12	A
106	21	A
106	22	A
106	23	B
107	37	D
107	38	D
108	35	D
109	24	C
110	21	A
111	36	B
112	11	B
113	26	D
113	27	D
114	25	D
114	26	D
115	46	B
115	47	B
116	24	A
117	17	A
118	44	B
118	45	A
119	25	C
119	35	B
120	13	B
120	15	C
120	17	A
121	45	D
121	46	C
121	47	C
122	44	B
122	45	A
122	47	A
123	25	D
124	11	A
124	12	A
124	13	A
124	21	A
124	22	A
124	23	A
125	12	D

#empreinte	#dent	note
126	35	B
127	24	D
128	46	A
129	17	C
130	36	A
131	27	C
132	26	C
133	17	D
134	26	A
135	44	D
135	45	B
136	15	A
136	16	A
136	17	A
137	36	D
137	37	C
138	15	A
138	16	A
139	45	A
139	46	A
139	47	A
140	14	B
141	12	A
201	11	C
202	21	D
203	26	A
204	24	D
301	46	A
302	16	B
303	11	D
303	12	D
303	21	D
304	34	D
401	36	A
402	17	D
403	26	A
404	24	B
405	33	D
406	26	D
407	12	A
408	46	D
409	14	D
409	15	D
410	27	A
411	25	D
412	46	A
413	14	B
413	16	A

#empreinte	#dent	note
414	12	A
415	37	D
416	35	C
416	36	C
417	26	A
417	27	A
501	27	B
502	21	D
502	22	C
502	23	B
503	11	C
503	12	D
503	21	D
503	23	D
504	47	A
505	16	D
506	21	B
507	36	B
508	36	B
509	45	D
510	26	A
511	24	C
511	25	C
512	15	D
513	45	D
514	45	B
514	47	D
515	45	A
516	45	B
516	47	D
517	16	B
518	24	D
518	25	D
519	41	D
520	15	D
521	36	C
522	25	B
523	25	B
524	43	D
525	11	A
525	12	A
525	13	A
525	21	A
525	22	B
525	23	A
526	12	A
526	13	A
526	22	A
526	23	A
527	11	C
527	22	C
527	23	C

#empreinte	#dent	note
528	33	B
528	34	B
528	36	B
529	36	D
530	21	A
531	11	A
532	46	A
533	45	D
533	46	D
534	31	C
601	17	B
602	21	D
603	16	A
604	27	D
605	14	B
606	45	C
606	46	C
606	47	D
606	48	C
607	15	A
608	26	A
609	36	A
610	36	B
611	46	C
612	16	D
613	14	B
614	35	C
615	46	D
616	45	B
617	15	C
701	16	D
702	14	D
703	11	D
703	12	C
703	21	C
703	22	D
704	12	A
705	11	B
706	11	A
706	22	A
706	23	B
706	24	B
707	47	A
801	46	B
802	16	B
803	24	C
804	15	D
805	34	A
805	35	A
805	36	A

#empreinte	#dent	note
806	46	A
807	47	A
808	47	C
809	15	A
901	44	C
902	15	D
903	11	A
903	21	B
903	23	A
904	25	C
904	26	C
904	27	C
905	46	C
906	16	B
907	46	C
908	36	B
909	25	C
910	25	B
911	16	C
911	17	A
912	47	B
913	34	D
913	35	D
913	36	D
914	45	A
1001	25	C
1002	26	A
1003	36	B
1004	47	D
1005	44	D
1006	47	A
1007	14	B
1008	36	C
1009	26	A
1010	15	B
1010	16	A
1011	16	A
1012	11	A
1012	21	A
1013	45	C
1013	46	A
1014	16	A
1014	17	A
1015	17	D
1016	36	D
1017	45	A
1018	46	A
1019	47	D
1020	24	C

	A	B	C	D
11	7	3	3	2
12	9	0	1	3
13	3	2	0	0
21	7	2	1	5
22	5	1	2	1
23	5	3	1	1
14	0	5	0	2
15	5	1	2	5
16	7	4	1	3
17	5	1	3	3
18	0	0	0	0
24	1	2	4	3
25	0	3	5	4
26	8	0	2	3
27	2	1	2	2
28	0	0	0	0
41	0	0	0	1
42	0	0	0	0
43	0	0	0	1
31	0	0	1	0
32	0	0	0	0
33	0	1	0	1
44	0	2	1	2
45	8	4	1	4
46	8	2	5	3
47	6	2	2	5
48	0	0	1	0
34	1	1	0	2
35	1	2	2	2
36	6	7	1	4
37	0	0	1	2
38	0	0	0	1

TOTAL				
A	B	C	D	Somme
90	49	46	65	250
Dents antérieures sup : 11, 12, 13, 21, 22, 23				
A	B	C	D	Somme
36	11	8	12	67
Dents antérieures inf : 41, 42, 43, 31, 32, 33				
A	B	C	D	Somme
0	1	1	3	5
Dents postérieures sup : 14, 15, 16, 17, 18, 24, 25, 26, 27, 28				
A	B	C	D	Somme
28	17	19	25	89
Dents postérieures inf : 34, 35, 36, 37, 38, 44, 45, 46, 47, 48				
A	B	C	D	Somme
30	20	14	25	89
Dents maxillaires				
A	B	C	D	Somme
64	28	27	37	156
Dents mandibulaires				
A	B	C	D	Somme
30	21	15	28	94

Laboratoire 2

#empreinte	#dent	note
101	16	D
102	41	D
102	42	D
103	26	D
104	27	A
105	36	C
201	36	A
202	35	D
203	27	B
204	12	A
205	11	C
205	13	C
206	22	A
206	24	A

	A	B	C	D
11	0	0	1	0
12	1	0		0
13	0	0	1	0
21	0	0	0	0
22	1	0	0	0
23	0	0	0	0
14	0	0	0	0
15	0	0	0	0
16	0	0	0	1
17	0	0	0	0
18	0	0	0	0
24	1	0	0	0
25	0	0	0	0
26	0	0	0	1
27	2	0	0	0
28	0	0	0	0
41	0	0	0	1
42	0	0	0	1
43	0	0	0	0
31	0	0	0	0
32	0	0	0	0
33	0	0	0	0
44	0	0	0	0
45	0	0	0	0
46	0	0	0	0
47	0	0	0	0
48	0	0	0	0
34	0	0	0	0
35	0	0	0	1
36	1	0	1	0
37	0	0	0	0
38	0	0	0	0

TOTAL				
A	B	C	D	Contrôle
5	1	3	5	14
Dents antérieures sup : 11, 12, 13, 21, 22, 23				
A	B	C	D	Somme
2	0	2	0	4
Dents antérieures inf : 41, 42, 43, 31, 32, 33				
A	B	C	D	Somme
0	0	0	2	2
Dents postérieures sup : 14, 15, 16, 17, 18, 24, 25, 26, 27, 28				
A	B	C	D	Somme
3	0	0	2	5
Dents postérieures inf : 34, 35, 36, 37, 38, 44, 45, 46, 47, 48				
A	B	C	D	Somme
1	0	1	1	3
Dents maxillaires				
A	B	C	D	Somme
5	0	2	2	9
Dents mandibulaires				
A	B	C	D	Somme
1	0	1	3	5

Laboratoire 3

#emprein	#dent	note
1	25	D
1	26	D
2	33	C
2	44	C
3	11	D
3	13	C
3	14	B
3	21	D
3	23	D
3	24	D
4	35	A
5	34	B
5	43	C
6	11	A
6	21	A
6	22	A
6	23	A
7	11	A
7	12	B
7	13	B
8	12	C
9	47	B
10	14	C
10	16	C
10	17	D
11	11	A
12	35	A
13	17	C

	A	B	C	D
11	3	0	0	1
12	0	1	1	0
13	0	1	1	0
21	1	0	0	1
22	1	0	0	
23	1	0	0	1
14	0	1	1	0
15	0	0	0	0
16	0	0	1	0
17	0	0	1	1
18	0	0	0	0
24	0	0	0	1
25	0	0	0	1
26	0	0	0	1
27	0	0	0	0
28	0	0	0	0
41	0	0	0	0
42	0	0	0	0
43	0	0	1	0
31	0	0	0	0
32	0	0	0	0
33	0	0	1	0
44	0	0	1	0
45	0	0	0	0
46	0	0	0	0
47	0	1	0	0
48	0	0	0	0
34	0	1	0	0
35	2	0	0	0
36	0	0	0	0
37	0	0	0	0
38	0	0	0	0

TOTAL				
A	B	C	D	Contrôle
8	5	8	7	28
Dents antérieures sup : 11, 12, 13, 21, 22, 23				
A	B	C	D	Somme
6	2	2	3	13
Dents antérieures inf : 41, 42, 43, 31, 32, 33				
A	B	C	D	Somme
0	0	2	0	2
Dents postérieures sup : 14, 15, 16, 17, 18, 24, 25, 26, 27, 28				
A	B	C	D	Somme
0	1	3	4	8
Dents postérieures inf : 34, 35, 36, 37, 38, 44, 45, 46, 47, 48				
A	B	C	D	Somme
2	2	1	0	5
Dents maxillaires				
A	B	C	D	Somme
6	3	5	7	21
Dents mandibulaires				
A	B	C	D	Somme
2	2	3	0	7

Laboratoire 4

#empreinte	#dent	note
101	11	D
101	13	C
101	17	D
101	21	D
101	22	D
102	33	C
102	43	C
103	11	C
103	12	C
103	13	D
103	14	B
103	15	B
103	22	B
103	23	D
103	24	D
104	37	C
105	26	D
106	15	C
107	11	A
107	21	B
107	22	B
108	12	C
201	35	D
202	24	B
203	45	D
203	46	D
204	26	B
205	47	D
206	37	C
207	36	D

	A	B	C	D
11	1	0	1	1
12	0	0	2	0
13	0	0	1	1
21	0	1	0	1
22	0	2	0	1
23	0	0	0	1
14	0	1	0	0
15	0	1	1	0
16	0	0	0	0
17	0	0	0	1
18	0	0	0	0
24	0	1	0	1
25	0	0	0	0
26	0	1	0	1
27	0	0	0	0
28	0	0	0	0
41	0	0	0	0
42	0	0	0	0
43	0	0	1	0
31	0	0	0	0
32	0	0	0	0
33	0	0	1	0
44	0	0	0	0
45	0	0	0	1
46	0	0	0	1
47	0	0	0	1
48	0	0	0	0
34	0	0	0	0
35	0	0	0	1
36	0	0	0	1
37	0	0	2	0
38	0	0	0	0

TOTAL					
A	B	C	D	Contrôle	
1	7	9	13	30	
Dents antérieures sup : 11, 12, 13, 21, 22, 23					
A	B	C	D	Somme	
1	3	4	5	13	
Dents antérieures inf : 41, 42, 43, 31, 32, 33					
A	B	C	D	Somme	
0	0	2	0	2	
Dents postérieures sup : 14, 15, 16, 17, 18, 24, 25, 26, 27, 28					
A	B	C	D	Somme	
0	4	1	3	8	
Dents postérieures inf : 34, 35, 36, 37, 38, 44, 45, 46, 47, 48					
A	B	C	D	Somme	
0	0	2	5	7	
Dents maxillaires					
A	B	C	D	Somme	
1	7	5	8	21	
Dents mandibulaires					
A	B	C	D	Somme	
0	0	4	5	9	

Laboratoire 5

#empreinte ▾	#dent ▾	note ▾
101	24	A
101	26	A
102	21	B
102	22	B
103	12	A
103	21	A
104	11	A
104	16	A
104	21	A
104	22	A
104	26	A
104	13	C
104	23	D
104	14	B
104	25	B
105	31	A
105	32	A
105	33	A
105	34	A
105	42	A
105	46	A
105	41	B
105	43	B
105	44	B
105	47	B
106	14	D
107	11	D
107	12	D
107	13	D
107	21	D
107	22	D
107	23	D
108	44	D
108	45	D
108	46	D
109	25	D
109	26	D
110	23	B
111	36	D
201	45	A
201	46	A
202	26	D
203	15	D
204	11	B
205	37	B
206	26	D
207	14	D
207	16	B
207	17	B

#empreinte ▾	#dent ▾	note ▾
208	11	C
208	12	C
208	13	C
208	16	C
208	17	C
208	21	C
208	23	C
208	27	C
208	14	D
208	26	B
209	44	C
209	46	C
210	11	A
211	24	B
211	26	B
212	11	B
212	12	C
213	23	C
214	44	C
215	31	C
215	41	C
215	42	C
215	44	C
215	35	A
215	32	B
215	33	B
215	43	B
216	11	D
216	12	D
216	22	D
216	23	D
216	13	B
216	21	C
217	27	A
218	13	A
218	16	B
301	45	A
302	45	B
303	36	C
304	31	D
304	32	D
304	33	D
304	35	D
304	41	D
304	42	D
304	34	C
305	11	C
305	12	C
305	22	C
305	23	C
305	21	A

#empreinte ▾	#dent ▾	note ▾
306	31	C
306	33	C
306	41	C
306	42	C
306	43	C
306	32	B
307	35	C
307	36	C
307	37	B
308	45	D
308	46	C
309	14	A
309	17	C
309	18	C
310	22	C
311	36	C
311	37	C
312	26	D
312	27	C
313	35	C
313	37	C
314	45	C
314	47	B
315	36	C
316	25	C
316	25	C
317	37	B
318	17	D
401	15	D
402	13	B
402	16	B
403	27	C
404	31	C
404	41	D
404	42	D
405	37	C
406	25	D
407	14	A
407	16	A
407	17	A
408	47	B
409	14	D
410	11	A
410	21	A
411	12	C
412	15	A
413	15	C
414	26	A

#empreinte ▾	#dent ▾	note ▾
501	33	C
502	36	A
503	24	C
503	25	C
504	45	D
505	14	D
506	23	A
507	35	C
507	37	C
508	22	B
509	31	C
509	32	C
509	33	A
509	43	A
509	41	B
509	42	B
510	15	D
511	24	D
512	24	B
512	26	A
513	12	C
514	47	B

11	3	2	2	2
12	1	0	5	2
13	1	2	2	1
21	4	1	2	1
22	1	2	2	2
23	1	1	3	3
14	2	1	0	5
15	1	0	1	3
16	2	3	1	0
17	1	1	2	1
18	0	0	1	0
24	1	2	1	1
25	0	1	3	2
26	4	2	0	4
27	1	0	3	0
28	0	0	0	0
41	0	2	2	2
42	1	1	2	2
43	1	2	1	0
31	1	0	4	1
32	1	2	1	1
33	2	1	2	1
44	0	1	3	1
45	2	1	1	3
46	2	0	2	1
47	0	4	0	0
48	0	0	0	0
34	1	0	1	0
35	1	0	3	1
36	1	0	4	1
37	0	3	4	0
38	0	0	0	0

TOTAL				
A	B	C	D	Contrôle
36	35	58	41	170
Dents antérieures sup : 11, 12, 13, 21, 22, 23				
A	B	C	D	Somme
11	8	16	11	46
Dents antérieures inf : 41, 42, 43, 31, 32, 33				
A	B	C	D	Somme
6	8	12	7	33
Dents postérieures sup : 14, 15, 16, 17, 18, 24, 25, 26, 27, 28				
A	B	C	D	Somme
12	10	12	16	50
Dents postérieures inf : 34, 35, 36, 37, 38, 44, 45, 46, 47, 48				
A	B	C	D	Somme
7	9	18	7	41
Dents maxillaires				
A	B	C	D	Somme
23	18	28	27	96
Dents mandibulaires				
A	B	C	D	Somme
13	17	30	14	74