

Esthétique et biomimétique dentaire : importance de l'enregistrement et de la reproduction de l'état de surface

THESE POUR LE DIPLÔME D'ETAT DE DOCTEUR EN
CHIRURGIE DENTAIRE

Présentée et soutenue publiquement par

Simon CLEMOT

Né le 08/07/1989

Le 28/02/2017 devant le jury ci-dessous :

Président : M. le Professeur Yves AMOURIQ

Assesseur : Mme. le Docteur Fabienne JORDANA

Assesseur : M. le Docteur Tony PRUD'HOMME

Assesseur : M. le Docteur Edouard LANOISELEE

Directeur de thèse : M. le Docteur François BODIC

UNIVERSITÉ DE NANTES	
Président	Pr LABOUX Olivier
FACULTÉ DE CHIRURGIE DENTAIRE	
Doyen	Pr AMOURIQ Yves
Assesseurs	Dr LE BARS Pierre Pr SOUEIDAN Assem Pr WEISS Pierre
Professeurs des Universités Praticiens hospitaliers des C.S.E.R.D.	
Monsieur AMOURIQ Yves Monsieur GIUMELLI Bernard Monsieur LESCLOUS Philippe	Madame LICHT Brigitte Madame PEREZ Fabienne Monsieur SOUEIDAN Assem Monsieur WEISS Pierre
Professeurs des Universités	
Monsieur BOULER Jean-Michel	
Professeurs Emérites	
Monsieur BOHNE Wolf	Monsieur JEAN Alain
Praticiens Hospitaliers	
Madame DUPAS Cécile Madame LEROUXEL Emmanuelle	Madame HYON Isabelle Madame GOEMAERE GALIERE Hélène
Maîtres de Conférences Praticiens hospitaliers des C.S.E.R.D.	Assistants Hospitaliers Universitaires des C.S.E.R.D.
Monsieur AMADOR DEL VALLE Gilles Madame ARMENGOL Valérie Monsieur BADRAN Zahi Madame BLERY Pauline Monsieur BODIC François Madame DAJEAN-TRUTAUD Sylvie Madame ENKEL Bénédicte Monsieur GAUDIN Alexis Monsieur HOORNAERT Alain Madame HOUCHMAND-CUNY Madline Madame JORDANA Fabienne Monsieur KIMAKHE Saïd Monsieur LE BARS Pierre Monsieur LE GUEHENNEC Laurent Madame LOPEZ-CAZAUX Serena Monsieur MARION Dominique Monsieur NIVET Marc-Henri Madame RENARD Emmanuelle Monsieur RENAUDIN Stéphane Madame ROY Elisabeth Monsieur STRUILLOU Xavier Monsieur VERNER Christian	Monsieur ABBAS Amine Monsieur AUBEUX Davy Madame BERNARD Cécile Monsieur BOUCHET Xavier Madame BRAY Estelle Madame CLOITRE Alexandra Monsieur DRUGEAU Kevin Madame GOUGEON Béatrice Monsieur LE BOURHIS Antoine Monsieur LE GUENNEC Benoît Monsieur LOCHON Damien Madame MAÇON Claire Madame MAIRE-FROMENT Claire-Hélène Madame MERCUSOT Marie-Caroline Monsieur PILON Nicolas Monsieur PRUD'HOMME Tony Monsieur SARKISSIAN Louis-Emmanuel
Maître de Conférences	
Madame VINATIER Claire	
Enseignants Associés	A.T.E.R.
Monsieur KOUADIO Ayepa (Assistant Associé) Madame LOLAH Aoula (MC Associé) Madame RAKIC Mia (PU Associé)	Madame BON Nina

Mise à jour le 04/11/2016

**Par délibération, en date du 6 décembre 1972, le Conseil de la
Faculté de Chirurgie Dentaire a arrêté que les opinions émises
dans les dissertations qui lui seront présentées doivent être
considérées comme propres à leurs auteurs et qu'il n'entend leur
donner aucune approbation, ni improbation.**

Remerciements

A Monsieur le Professeur Yves AMOURIQ

Professeur des Universités,
Praticien hospitalier des Centres de Soins, d'Enseignements et de Recherches Dentaires,
Docteur de l'Université de Nantes,
Département de Prothèses,
Doyen de l'UFR d'Odontologie de Nantes,
Chef de service d'Odontologie Restauratrice et Chirurgicale.

-Nantes-

Pour m'avoir fait l'honneur d'accepter la présidence du jury de cette thèse.

Je vous remercie de la confiance que vous avez bien voulu me témoigner.

Veillez trouver ici l'expression de mon profond respect et l'expression de mes sincères remerciements.

A Monsieur le Docteur François BODIC

Maître de conférences des Universités,
Praticien hospitalier des Centres de Soins, d'Enseignement et de Recherches Dentaires,
Docteur en Chirurgie Dentaire,
Département de Prothèse.

-Nantes-

Pour m'avoir fait l'honneur de diriger cette thèse.

Pour la confiance que vous m'avez accordée pour mener à bien ce travail.

Pour vos précieux conseils, votre disponibilité et votre enseignement tout au long de mon cursus.

Pour votre gentillesse.

Veillez trouver ici l'expression de toute ma reconnaissance et de mes sincères remerciements.

A Madame le Docteur Fabienne Jordana

Maître de conférences des universités,
Praticien hospitalier des Centres de Soins, d'Enseignement et de Recherches dentaires,
Docteur en Chirurgie Dentaire,
Département de Sciences Anatomiques et Physiologique, Occlusodontiques, Biomatériaux,
Biophysiques, Radiologiques de la Faculté d'Odontologie de Nantes.

-Nantes-

Pour m'avoir fait l'honneur de participer à ce jury.

Je vous remercie de la confiance que vous avez bien voulu me témoigner.

Veillez trouver ici l'expression de mon profond respect et l'expression de mes sincères remerciements.

A Monsieur le Docteur Tony PRUD'HOMME

Assistant hospitalo-universitaire des Centres de Soins, d'Enseignement et de Recherche dentaire,

Docteur en Chirurgie Dentaire,

Département de Pédonie.

-Nantes-

Pour m'avoir fait l'honneur d'accepter de participer à ce jury.

Merci pour vos conseils, votre accessibilité au cours de mes études.

Veillez trouver ici l'expression de mes sentiments respectueux et de ma profonde considération.

A Monsieur le Docteur Edouard LANOISELEE

Docteur en Chirurgie Dentaire.

-Nantes-

Pour m'avoir fait l'honneur d'accepter de participer à ce jury.

Pour m'avoir aidé à trouver et à mener à bien ce sujet.

Pour votre enseignement clinique de qualité au cours de mes études.

Pour votre disponibilité et vos précieux conseils dans la rédaction de ce travail.

Pour votre gentillesse et votre bonne humeur.

Veillez trouver ici l'expression de mon profond respect et de ma sincère gratitude.

A Charles GUIAS

Interne en Médecine Bucco-Dentaire de la Faculté de Nantes

Merci de m'avoir laissé à disposition ton cas clinique.

Aux laboratoires Bongert, Dental Doué et Labodent.

Au Cabinet Dentaire de la Flèche

De m'avoir ouvert vos portes

D'avoir pris du temps sur votre travail pour répondre à mes questions

Pour vos accueils courtois et enrichissants

SOMMAIRE

INTRODUCTION	14
1. GENERALITE DENTAIRE ET SON INTEGRATION ESTHETIQUE	16
1.1 Biomimétisme (28)(44)(56)(76).....	16
1.2 Couleurs et dent.....	16
1.2.1 Définitions (38)(51)(52)	16
1.2.2 Les paramètres fondamentaux de la couleur (36)(38)	17
1.2.2.1 Luminosité (9)(51)(52)(78)	18
1.2.2.2 Saturation (9)(51)(52)(78)	18
1.2.2.3 Teinte (9) (51)(52)(78)	19
1.2.2.4 La sphère chromatique (9)(38)(51)(52).....	19
1.2.3 Les 7 paramètres complémentaires de la couleur.....	20
1.2.3.1 La stratification (9) (51)(52)	21
1.2.3.2 La transparence et la translucidité (9) (51)(52)(78)	21
1.2.3.3 L'opalescence (9)(27)(51)(52)(78)	22
1.2.3.4 La fluorescence (9)(27)(51)(52)	23
1.2.3.5 L'effet nacré (9)(51).....	23
1.2.3.6 L'état de surface (34)(49)(51)(52)(59)	23
1.2.3.7 Les caractérisations (9)(51)(52)(78)	24
1.3 Structure de la dent naturelle	25
1.3.1 L'émail (49)(66)(77)	25
1.3.2 La dentine (49)(66)(77)	25
1.3.3 Les dimensions de l'incisive centrale maxillaire (34)(50)(63)	26
1.3.4 Les critères esthétiques (34)(64).....	27
1.3.5 Etat de surface (34)(51)(52)(59).....	28
1.4 Lumière et dent.....	29
1.4.1 Interaction avec la matière (36)(75)	29
1.4.1.1 L'absorption de la lumière	29
1.4.1.2 La réflexion de la lumière.....	29

1.4.1.3 La transmission de la lumière	30
1.4.2 Les variations de la lumière sur les tissus dentaires (9)(38)(49)(78)	30
1.4.2.1 Dans l'émail	31
1.4.2.2 Dans la dentine.....	32
2. ENREGISTREMENT DE L'ETAT DE SURFACE DENTAIRE.....	34
2.1 Empreinte conventionnelle.....	34
2.1.1 Les matériaux	34
2.1.1.1 Les hydrocolloïdes irréversibles (25)(30)(39).....	34
2.1.1.2 Les silicones réticulant par addition (3)(12)(25)(39)(46)(57).....	35
2.1.1.3 Les polyéthers (25)(39)(46)	38
2.1.1.4 Tableau comparatif (30)(39)(40)(41)	40
2.1.2 Les techniques d'empreintes (3)(5)(24)(35)(74)	41
2.1.2.1 L'empreinte double mélange	42
2.1.2.2 La wash technique.....	43
2.1.2.3 Tableau comparatif	44
2.2 Empreinte optique (18)(25)(33)(47).....	44
2.2.1 Principes techniques (18)(25)(33)(47)	45
2.2.1.1 La triangulation (18)(25)(33)(47).....	46
2.2.1.2 L'imagerie confocale parallèle (18)(25)(33)(47).....	46
2.2.1.3 Active Wavefront Sampling (18)(25)(33)(47).....	47
2.2.1.4 La stéréophotogrammétrie (18)(25)(33)(47)	48
2.2.2 Avantages de l'empreinte optique.....	48
2.2.3 Inconvénients de l'empreinte optique.....	50
2.3 Compléments d'enregistrement (4)(31)(32)(56)(65)(67)	52
2.3.1 La photographie (4)(31)(32)(56)(65)(67).....	52
2.3.1.1 Fonctionnement et matériels.....	53
2.3.1.1.1 Le boîtier	53
2.3.1.1.2 L'objectif.....	55
2.3.1.1.4 Le flash.....	58
2.3.1.1.5 Les accessoires	60
2.3.1.1.6 Les critères d'une bonne macrophotographie (4)(31)(32)(56)(65)(67)....	61
2.3.1.2 Procédé (64)	62
2.3.2 Le dessin / cartographie	65

3. REPRODUCTION DE L'ETAT DE SURFACE DENTAIRE	67
3.1 Composite stratifié	67
3.1.1 Définition (10)(48)(68)(69)(70)(78)(82)(85)	67
3.1.2 Classification des composites (10)(14)(48)(68)(69)(70)(78)(82)(85)	68
3.1.3 Stratification antérieure	
(1)(8)(10)(11)(14)(27)(29)(37)(43)(45)(61)(72)(78)(79)(80)(83)(84).....	75
3.1.3.1 Indications / Contre –indications	75
3.1.3.2 Protocole clinique	76
3.1.3.2.1 Stratification classique	76
3.1.3.2.1 Stratification moderne	77
3.1.3.2.2 Mise en œuvre clinique (78)(80).....	81
3.2 Rencontre avec les prothésistes : reproduction de l'état de surface d'un élément prothétique (2)(7)(16)(20)(52)(58)(60)(73).....	90
3.2.1 Généralités sur la CFAO.....	90
3.2.2 Classification des céramiques	91
3.2.3 CFAO indirecte.....	93
3.2.4 CFAO semi-directe.....	97
3.2.5 CFAO directe.....	101
CONCLUSION	105
BIBLIOGRAPHIE.....	106
TABLE DES ILLUSTRATIONS	116

INTRODUCTION

Actuellement dans notre société, le regard d'autrui a une place prépondérante, le sourire est l'une des premières impressions laissées à notre interlocuteur. Le sourire joue un rôle dans la beauté du visage, l'intégration sociale et la confiance en soi.

Afin de mieux répondre à cette demande, notre profession a su évolué avec l'apparition d'une dentisterie esthétique, entraînant une approche plus conservatrice et l'apparition de nouveaux matériaux.

La quête du naturel est omniprésente dans nos restaurations dentaires notamment pour les dents antérieures. La structure dentaire, la colorimétrie, le comportement des tissus face à la lumière sont autant d'éléments à étudier et à maîtriser pour cette nouvelle dentisterie. Le choix du matériau pour l'obtention d'une restauration mimant le naturel constitue un autre élément fondamental de cette dentisterie.

Nous allons définir dans cette thèse les différents paramètres fondamentaux et complémentaires de la couleur ainsi que la description des différentes structures de la dent naturelle et leurs interactions avec la lumière.

Nous verrons dans une seconde partie comment enregistrer et transmettre les différents paramètres esthétiques au prothésiste. Nous étayerons particulièrement notre sujet sur la transmission de l'état de surface dentaire : au travers d'une empreinte conventionnelle, d'une empreinte numérique et par la macro-photographie.

Pour terminer, nous étudierons les différents moyens de reproduire cet état de surface. Nous verrons que selon les indications, le dentiste peut répondre à cette demande esthétique en imitant le naturel par la réalisation d'un composite stratifié. Enfin, nous sommes allés à la rencontre de plusieurs prothésistes pour connaître les moyens et les techniques employés pour confectionner des couronnes antérieures esthétiques. Pour le travail prothétique, nous devons former une alliance thérapeutique avec le prothésiste. Notre but est de lui donner toutes les informations nécessaires afin de le mettre dans les

meilleures dispositions possibles pour obtenir une restauration passant inaperçue. La reproduction de l'état de surface dentaire permet de se rapprocher au plus près du naturel. Chacun doit apporter son savoir faire pour réussir cette imitation.

1. GENERALITE DENTAIRE ET SON INTEGRATION ESTHETIQUE

1.1 Biomimétisme (28)(44)(56)(76)

La demande esthétique croissante de nos patients ainsi que les avancées dans le domaine des matériaux ont donné naissance à un nouveau concept de restauration dentaire. Ce cadre moderne de traitement a été décrit et proposé par Magne et Belser sous le nom de « puzzle physiologique », ainsi quelle que soit la demande du patient, les impératifs biologiques, biomécaniques, fonctionnels et esthétiques sont indissociables et garants de l'intégration globale de la restauration.

De ce « puzzle physiologique » est né le « gradient thérapeutique », proposé par Tirlet et Attal. Le gradient thérapeutique est un concept pratique servant à guider la réflexion du praticien face à une demande esthétique.

L'idée principale est que les réponses thérapeutiques de la demande esthétique des patients doivent se faire dans l'optique d'une préservation tissulaire maximale tout en cherchant à mimer les tissus dentaires autant esthétiquement que fonctionnellement.

1.2 Couleurs et dent

1.2.1 Définitions (38)(51)(52)

La lumière est une énergie constituée d'ondes électromagnétiques, dont seules les longueurs d'ondes comprises entre 380 et 760 nm constituent le spectre visible par l'œil humain.

La description de la vision des couleurs se fait à trois niveaux de perception :

- la dimension physique, correspond à l'interaction de la lumière avec la matière
- la dimension sensorielle, lors de la réception de la lumière au niveau des cellules rétinienne (les bâtonnets pour la perception de la luminosité ainsi que la vision crépusculaire; les cônes assurent la vision des couleurs : on distingue trois types de cônes, leur stimulation est différente selon la longueur d'onde de la lumière) elles transmettent le message sous forme d'impulsions sensorielles au cortex occipital

- la dimension psychosensorielle et neurophysiologique, due à l'interprétation des impulsions nerveuses par le cerveau en une perception consciente de la couleur

La perception de la couleur va également dépendre de plusieurs autres facteurs comme la nature de la source lumineuse qui peut être primaire ou secondaire, de l'objet éclairé avec ses qualités de réflexion, transmission et absorption lumineuse et de l'observateur. En effet cette perception est liée à l'éducation du sens visuel et à l'expérience des hommes, elle varie selon l'âge, les facteurs environnementaux, l'intégrité des récepteurs rétiniens et du fonctionnement cérébral.

La perception de la couleur est un ressenti subjectif, qu'il faut réussir à objectiver le plus possible lors d'une séance de relevé de couleur avec un placement du praticien, du patient, de l'éclairage et du cadre du cabinet.

1.2.2 Les paramètres fondamentaux de la couleur (36)(38)

Munsell fut le premier à décrire le caractère tridimensionnel de la couleur en 1905. Il réalise un espace chromatique cylindrique où il peut situer n'importe quelle couleur. Celle-ci se positionne dans un cylindre dont l'axe vertical central symbolise le degré de luminosité, le rayon définit la saturation (plus on se rapproche de l'axe moins elle est saturée) et les teintes sont disposées autour de cet axe (les plus pures sont en périphérie de cet espace). Chaque couleur aura ces coordonnées L.S.T.

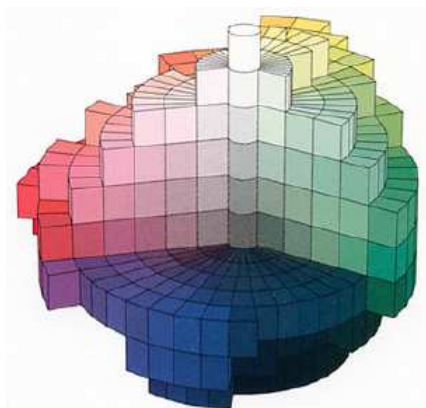


fig.1 : schéma de Munsell permet de décrire la couleur dans un espace trichromatique, l'axe correspond à la luminosité, le rayon à la saturation et « l'angle » à la teinte (36)

1.2.2.1 Luminosité (9)(51)(52)(78)

Cette variable se nomme parfois brillance, clarté ou valeur (brightness, lightness ou value en anglais). La luminosité signifie la quantité de blanc contenu dans une couleur ou encore de manière générale la quantité de lumière réfléchie. Dans le système de Munsell, elle est indiquée sur l'axe vertical blanc/noir, le blanc étant la couleur qui réfléchit le plus la lumière. En faisant varier la luminosité, on joue sur le clair et le foncé d'une couleur (nuance de gris pour la dent). Sa détermination s'effectue plus facilement dans une ambiance lumineuse de faible intensité, en clignant des yeux pour stimuler les bâtonnets rétinien, ou sur des photographies en noir et blanc pour faire abstraction de la teinte. L'évaluation de la luminosité doit être rapide. C'est le facteur qui influence le plus la réussite d'une prothèse esthétique.

1.2.2.2 Saturation (9)(51)(52)(78)

La saturation, ou chroma en anglais, représente la quantité de pigments contenu dans une couleur, on parle de pureté ou d'intensité d'une teinte. Plus une teinte est saturée, pure, plus la couleur est vive. On peut désaturer une couleur par adjonction de blanc, elle s'éclaircit et donne une teinte pastel, ou par adjonction de noir, la teinte est terne, elle est dite rabattue. C'est le deuxième facteur de succès dans la description de la couleur d'une dent.



fig. 2 : échelle des luminosités et saturations par F. Bodic

1.2.2.3 Teinte (9) (51)(52)(78)

La teinte est aussi appelée tonalité chromatique, ou hue en anglais, est souvent confondue avec la couleur. Elle caractérise la longueur d'onde dominante de la lumière réfléchiée par l'objet éclairé. Elle correspond aux différentes familles de couleurs comme le bleu, vert, jaune, rouge. La teinte n'est pas le facteur le plus important dans la réussite esthétique.

1.2.2.4 La sphère chromatique (9)(38)(51)(52)

En 1976, la C.I.E (Commission Internationale de l'Eclairage) a introduit le système L^*a^*b pour compléter et simplifier les systèmes déjà existants. Il définit un espace chromatique comparable à celui de Munsell où chaque couleur est représentée par trois coordonnées :

- L'axe vertical L^* représente la luminosité, il varie de 100 (blanc) à 0 (noir)
- Les axes a^* et b^* définissent les coordonnées rectangulaires chromatiques dans lesquelles l'axe $[-a^*, +a^*]$ représente les variations du vert au rouge et l'axe $[-b^*, +b^*]$ correspond aux variations du bleu au jaune.

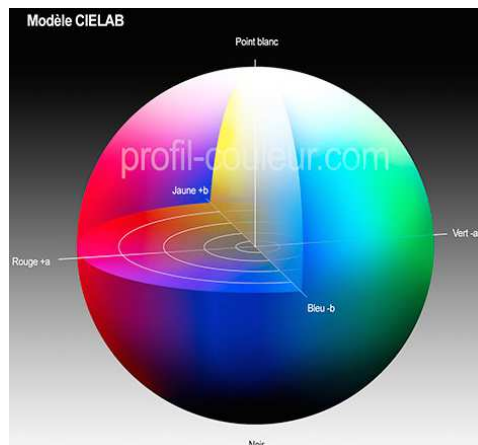


fig.3 : sphère chromatique CIE L^*a^*b

Dans cette sphère chromatique, les dents naturelles occupent un volume en forme de rhomboïde appelé également « banane chromatique ». Cet espace se situe assez haut dans la sphère chromatique, il s'étire en longueur le long de l'axe L^* noir/blanc cela signifie que la luminosité varie de manière assez importante mais qu'elle reste globalement élevée. Il correspond vers le haut de cet axe aux dents jeunes et claires, vers le bas aux dents âgées et

foncées. Sur le plan horizontal, ce volume se situe entre l'axe des jaunes $[+b^*]$ et l'axe des rouges $[+a^*]$, tout en étant plus proche des jaunes. La teinte des dents naturelles est dans l'ensemble jaune-orangée.

Ce volume rhomboïde est très étroit transversalement signifiant de faibles variations de saturations. Il possède une orientation oblique, sa partie inférieure est plus externe que sa partie supérieure proche de l'axe de luminosité, traduisant le fait que les dents sombres sont plus saturées en teinte.

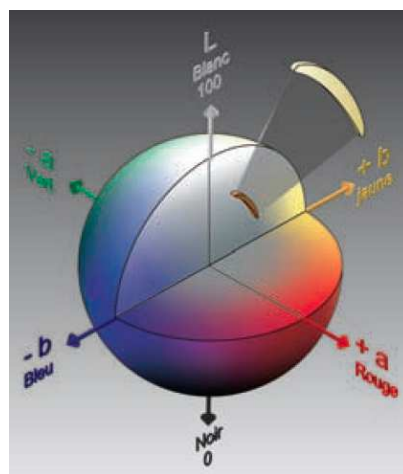


fig.4 : espace rhomboïde des dents naturelles, proche du blanc et de l'axe des jaunes et rouges. (52)

On peut donc dire que les dents naturelles ont une tonalité chromatique commune avec des nuances plus jaune ou plus rouge, et une luminosité élevée variable qui démontre bien l'importance de sa mesure dans la réussite esthétique.

1.2.3 Les 7 paramètres complémentaires de la couleur

L'analyse des trois dimensions fondamentales de la couleur n'est pas suffisante pour définir la couleur d'une dent naturelle. D'autres facteurs sont à prendre en considération pour assurer au mieux l'intégration esthétique des restaurations. La complexité de structure des dents naturelles va modifier les propriétés optiques, la couleur va être le résultat d'une addition de paramètres que nous allons détailler.

1.2.3.1 La stratification (9) (51)(52)

La structure dentaire n'est pas homogène mais stratifiée, entraînant de nombreuses variations colorées du bord libre au collet. D'une manière générale une dent doit se concevoir comme un noyau dentinaire opaque donnant la tonalité chromatique et une coque d'émail semi-translucide donnant la luminosité. L'impression de dégradé cervical dévoilant d'avantage la couleur dentinaire de fond correspond à l'affinement de la couche d'émail vers le collet. Inversement au niveau du bord libre l'émail n'est plus soutenu par la dentine ce qui augmente la translucidité.



fig. 5: les différents effets d'optiques de réflexion et de transmission illustrés par la stratification des tissus dentaires (51)

1.2.3.2 La transparence et la translucidité (9) (51)(52)(78)

La transparence d'un matériau signifie que toute la lumière incidente le traverse, et de translucidité lorsque qu'une partie seulement peut traverser le matériau.

Plus une dent est translucide plus sa luminosité baisse car une grande partie de la lumière pénètre dans la dent. La translucidité de la dentine est de 40% alors que celle de l'émail est de 70%, Yamamoto a proposé une classification selon la répartition de la translucidité à la surface d'une dent :

- type A : translucidité répartie sur l'ensemble de la face vestibulaire
- type B : translucidité localisée dans la région incisale
- type C : translucidité localisée au niveau de la région incisale et proximale

Les effets translucides sont plus importants sur les dents jeunes, l'émail s'affine avec l'âge entraînant une diminution de la translucidité et une augmentation de la saturation due à l'influence du noyau dentinaire.

C'est principalement la translucidité des dents, par la multiplicité des trajets du rayonnement lumineux qu'elle implique, qui rend la détermination de la couleur particulièrement compliquée.



fig. 6 : Une dent jeune à émail peu usé présente des effets translucides importants du bord incisif (51)

1.2.3.3 L'opalescence (9)(27)(51)(52)(78)

L'opalescence désigne les effets bleutés et orangés de la pierre d'opale, cet effet optique est lié à la taille cristalline très fine des cristaux de dioxyde de silicium.

On compare la dent à cette pierre car ses effets colorés sont souvent visibles sur les bords d'émail naturel, on parle d' « effet opale ». En réflexion lumineuse, on observe que l'émail réfléchit préférentiellement des longueurs d'ondes courtes ce qui lui donne un aspect bleuté, en revanche en transmission lumineuse l'émail ne laisse passer que les longueurs d'ondes longues la faisant apparaître rouge-orangé.

Cette similitude de comportement optique entre l'émail et la pierre opale s'explique par la taille cristalline très fine des molécules d'hydroxy-apatites de l'émail comparable à celle de la pierre opale.

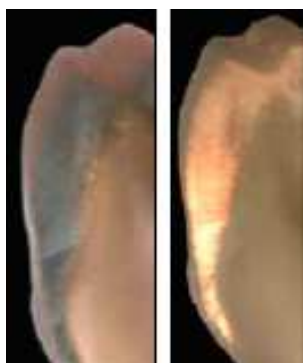


fig. 7 : coupes d'émail photographiées, en réflexion lumineuse l'émail a un aspect bleuté et en transmission lumineuse l'émail est rouge – orangé (51)

1.2.3.4 La fluorescence (9)(27)(51)(52)

La fluorescence est la capacité d'un matériau à absorber de l'énergie lumineuse d'un rayonnement ultraviolet non visible et de la réémettre immédiatement cette lumière dans une bande spectrale visible de couleur blanc bleuté. La dentine est responsable de cet aspect des dents naturelles, mais en vieillissant la dentine va devenir hyperminéralisée estompant peu à peu cette propriété.

La lumière solaire riche en rayonnements ultra-violets va illuminer (éclaircir) les dents naturelles, de ce fait les dents prothétiques manquant de fluorescence vont ainsi paraître plus grises en lumière naturelle qu'en lumière artificielle cependant avec l'essor des nouvelles céramiques nous arrivons à nous rapprocher d'une fluorescence naturelle.



fig. 8 : cette coupe d'incisive centrale maxillaire éclairée en lumière ultra-violette montre sa fluorescence bleutée, notamment forte au niveau de la dentine (51)

1.2.3.5 L'effet nacré (9)(51)

L'effet nacré ou « pearl effect » caractérise un effet de surface opaque, de forte brillance légèrement métallique comparable à la brillance de la nacre. Cet effet est moins important que les précédents, il est parfois visible en vue indirecte oblique sur des dents jeunes.

1.2.3.6 L'état de surface (34)(49)(51)(52)(59)

L'état de surface des dents naturelles est très variable, il influence la perception colorée en conditionnant la diffusion de la lumière. La macrogéographie est caractérisée par les lignes de transition et les lobes dentinaires ou mamelons qui vont diviser la surface vestibulaire en concavité et convexité. La microgéographie correspond aux stries horizontales de croissances (stries de Retzius) qui laissent à la surface de l'émail de fines rayures horizontales appelées périchématis et aux dépressions ou fossettes.

La microgéographie est surtout retrouvée chez les dents jeunes lui conférant un état de surface brillant même après avoir séché la dent. Avec l'âge la dent devient plus lisse suite aux agressions répétées et à l'usure mécanique. La surface de l'émail est ainsi « luisante emoussée » entraînant une disparition de ces stries.

La texture de surface doit toujours être notée sur la fiche prothétique, elle est en générale visible sur des photographies numériques.



fig. 9 : réflexion diffuse de la lumière par les macro et microreliefs de la dent par F. Bodic

1.2.3.7 Les caractérisations (9)(51)(52)(78)

Les caractérisations représentent des aspects colorés particuliers et localisés des dents naturelles. Il en existe différentes sortes, tel que des taches blanches opaques de déminéralisations ou d'hyper-fluorose, des fissures de l'émail claires ou infiltrées, des colorations dorées de la lame dentinaire visibles en transparence ou des infiltrations chocolat ou caramel des sillons occlusaux des molaires et prémolaires.

La photographie est le meilleur moyen pour communiquer ces détails au prothésiste.



fig. 10 : Caractérisation blanche d'hyper fluorose sur la face vestibulaire d'incisive (51)

1.3 Structure de la dent naturelle

1.3.1 L'émail (49)(66)(77)

L'émail est la couche externe qui recouvre la couronne des dents, sa structure est la plus minéralisée et la plus dure du corps humain, elle est composée de 95% de matières minérales et de 5% de matières organiques et d'eau. La phase minérale est constituée d'un réseau de cristaux d'hydroxyapatite ($0.16\mu\text{m}$ de long ; 0.02 à $0.04\mu\text{m}$ d'épaisseur), agencés en prisme et substance interprismatique, ce qui fait la dureté mais aussi la fragilité ainsi que la translucidité et la radio-opacité de l'émail.

Les propriétés optiques de l'émail vont dépendre de diverses variables : sa composition, sa structure, son épaisseur, son degré de translucidité, son opalescence et son état de surface. Tous ces facteurs évolueront avec l'âge.

L'émail est d'épaisseur croissante du collet au bord libre de la dent:

- au tiers cervical : l'émail est très fin donc très transparent, ce qui laisse apparaître les tissus sous-jacents et donne un effet opaque
- au tiers médian : la couche d'émail augmente donc la translucidité augmente
- au tiers incisif : l'émail est très épais et peut atteindre 1,5 mm ce qui lui confère une translucidité particulière

L'émail est responsable de la luminosité, des effets de dégradés de la transparence et de l'opalescence des bords incisifs. (78)

1.3.2 La dentine (49)(66)(77)

La dentine est la substance majoritaire constituant la dent. Elle entoure la pulpe, l'émail la recouvre au niveau coronaire et le ciment au niveau radiculaire. Elle est constituée de 70% d'une phase minérale (principalement des cristaux hydroxyapatite riches en carbonates et magnésium), de 20% d'une matrice organique (collagène de type I, II, III) et de 10% d'eau.

On distingue anatomiquement les couches de dentines périphériques (manteau dentinaire, couche hyaline de Hoppewell-Smith et couche granulaire de Tomes) et les couches de dentine circumpulpaire, avec :

- La dentine primaire : dentine élaborée jusqu'à la mise en fonction de la dent sur l'arcade

- La dentine secondaire physiologique : dentine élaborée tout au long de la vie

- La dentine tertiaire ou réactionnelle : dentine élaborée en réponse à une pathologie. Elle reste localisée au site traumatisé et se présente plus brune.

Elle possède une architecture spécifique qui évolue, responsable des propriétés optiques avec certains rayons absorbés et d'autres réfléchis.

La dentine est moins minéralisée que l'émail, elle apparaît plus opaque ce qui la rend responsable de la couleur jaunâtre de la dent. La saturation, la tonalité chromatique et la fluorescence de la dent se rattachent à la dentine. (78)

1.3.3 Les dimensions de l'incisive centrale maxillaire (34)(50)(63)

Les incisives centrales maxillaires sont considérées comme l'élément le plus esthétique du sourire. Bien que de nombreuses variations morphologiques existent, certaines caractéristiques essentielles des dents antérieures ont été décrites pour permettre une esthétique plaisante.

L'incisive centrale maxillaire possède plusieurs morphologies, aussi bien chez l'homme que la femme, elle peut-être ovoïde (lignes de transition douces et arrondies), triangulaire (lignes de transition marquées et convergentes vers un collet souvent étroit) ou rectangulaire (lignes de transition droites et parallèles).

Les dimensions moyennes mesurées au cours des nombreuses études ont montré une largeur moyenne de 8,3mm à 9,3mm et une longueur moyenne comprise entre 10,4 et 11,2mm ce qui correspond à un rapport largeur-longueur compris entre 75 et 80%. Cependant il existe de fortes variations individuelles à ces proportions, il est préférable de regarder la place que prend la dent dans le sourire au lieu de leurs dimensions respectives pour obtenir une harmonie du sourire.



fig. 11 : dimensions et proportions moyennes de l'incisive centrale maxillaire (34)

L'application du nombre d'or en odontologie a été décrite à plusieurs reprises, correspondant en vue frontale à une incisive centrale occupant 31% de l'hémi-sourire et l'hémi bloc antérieur doit en représenter 61.8%. De plus, en vue frontale, l'incisive centrale maxillaire apparaît 61.8% plus large que l'incisive latérale, elle-même plus large que la canine maxillaire de 61.8%. La difficulté de l'application de ces principes mathématiques est qu'il ne s'applique que pour les mesures en vue de face. Le nombre d'or demeure un outil de diagnostic esthétique, un instrument pratique et rassurant permettant l'ébauche de l'élaboration d'un sourire. Il permettra d'éviter des erreurs grossières de proportion, mais ne garantira pas à lui seul la réussite esthétique du traitement.

1.3.4 Les critères esthétiques (34)(64)

Il existe de nombreux critères qui vont influencer l'esthétique dentaire, notamment l'âge qui va modifier aussi bien la forme que la couleur. En effet chez le jeune patient la dent présente un bord incisif avec une macrogéographie marquée et translucide, tandis que la dent adulte apparaît souvent plus courte avec un bord libre abrasé ce qui peut marquer une variation de la courbe incisive.

Il est impossible de parler de l'état de surface des dents sans se référer à une vision globale de la prise en charge du patient à visée esthétique. Pour cela il existe de nombreux facteurs à respecter. Le parallélisme entre la ligne reliant les bords incisifs et le plan bi-pupillaire, la ligne et la largeur du sourire, l'alignement des collets, la hauteur des points de contacts et l'inclinaison/orientation du bloc incisivo-canin sont d'autant de paramètres à prendre en compte dans le cadre d'une réhabilitation esthétique.

1.3.5 Etat de surface (34)(51)(52)(59)

Nous avons vu précédemment que la surface de l'émail était rarement lisse, avec une macrogéographie pour les dents antérieures présente au niveau de la face vestibulaire, l'incisive centrale présente 3 lobes dentinaires (plus marqués que sur la latérales) ainsi que des sillons plus ou moins importants et persistant au cours des années. La microgéographie, essentiellement liée aux lignes de croissances de l'émail, a tendance à s'estomper avec l'âge. Des composants horizontaux marqués (périchématies) feront paraître la dent plus large ou plus courte ; des composants verticaux marqués (définis par la segmentation de la dent en lobes bien distinct) feront paraître la dent plus longue ou plus étroite.

Les lignes de transitions peuvent également modifier l'apparence de la dent. Elles correspondent aux « frontières » morphologique délimitant les faces vestibulaire et proximales. C'est la ligne où la réflexion lumineuse est la plus forte. En les déplaçant vers les faces proximales nous obtenons visuellement une dent semblant plus large alors qu'à l'inverse en les rapprochant du centre de la dent cela nous donne l'illusion d'une dent plus fine. Les lignes de transitions vont déterminer la typologie de la dent.

Avec l'âge, des phénomènes d'abrasion et d'érosion de l'émail due à l'action des muscles labiaux et à l'usure naturelle auxquelles la dent est soumise quotidiennement (notamment lors du brossage) vont modifier la couleur des dents. La diminution de la couche d'émail va entraîner une saturation plus forte et une moindre luminosité, car le noyau devient plus visible saturant la couleur, devenant plus foncée.



fig. 12a): dents jeunes caractérisées par une macrogéographie de surface riche en stries et fossettes. A noter les bords incisifs translucides et bleutés. (51)

Fig. 12b): dents âgées présentant un aspect de surface lisse et une usure abrasive ainsi qu'une teinte beaucoup plus saturée. (51)

1.4 Lumière et dent

La lumière se propage en ligne droite dans le vide mais lorsque le rayonnement lumineux frappe un objet, trois phénomènes peuvent se produire : l'énergie peut être réfléchi, se transmise ou absorbée. Souvent ces trois phénomènes se produisent en même temps, dans diverses proportions selon les caractéristiques de la matière. En effet un objet transparent va laisser passer toute la lumière sans interagir avec, une matière translucide va absorber, transmettre et réfléchir le rayonnement alors qu'une matière opaque va seulement absorber et réfléchir. Ces interactions entre la lumière et la matière vont permettre à l'œil humain de percevoir la couleur de l'objet, celui-ci ne voit que le rayon réfléchi par l'objet. Nous allons commencer par définir ces trois phénomènes pour ensuite comprendre ce qui se produit dans les tissus dentaires.

1.4.1 Interaction avec la matière (36)(75)

1.4.1.1 L'absorption de la lumière

Le rayon lumineux peut être absorbé lorsqu'il frappe la matière. Cette énergie se dissipe sous forme de chaleur. L'absorption partielle est à l'origine des couleurs, ce sont les rayons non absorbés qui déterminent la couleur. Si chaque longueur d'onde de la lumière est absorbée dans la même proportion, l'objet apparaît blanc, gris ou noir selon l'importance de l'absorption. En général, le matériau absorbe certaines longueurs d'ondes et diffuse les autres : il apparaît coloré. Par exemple un objet qui absorbe les longueurs d'ondes violettes, vertes, oranges, jaunes et rouges, va apparaître bleu (celle longueur d'onde qu'il va réfléchir)

1.4.1.2 La réflexion de la lumière

Ce phénomène physique a lieu lorsque le rayon incident vient frapper la matière, il va subir un changement de direction en se réfléchissant sur la surface rencontrée.

La réflexion peut être de différents types :

- La réflexion spéculaire : le rayon incident va donner naissance à un rayon réfléchi unique, cela se produit sur des surfaces lisses. Le reste du rayonnement est

transmis à travers l'objet. La réflexion spéculaire permet d'observer la brillance de l'objet.

- La réflexion diffuse : le rayon incident va donner naissance à de nombreux rayons réfléchis dans plusieurs directions. Ce phénomène a lieu lorsque la surface d'un objet n'est pas parfaitement polie mais rugueuse. La réflexion diffuse donne la luminosité de l'objet.
- La réflexion totale : le rayon incident va être totalement réfléchi, il n'y a pas de rayon transmis.
-

1.4.1.3 La transmission de la lumière

La transmission de la lumière dépend des caractéristiques de la matière frappée (le nombre et la taille des particules). Si l'objet est transparent, la lumière traverse entièrement l'objet, la transmission est totale. Si l'objet est translucide, l'onde lumineuse est partiellement transmise, l'autre partie est réfléchie. S'il n'y a pas de transmission lumineuse, le matériau est opaque, il réfléchit et/ou absorbe la lumière.

Lors de la transmission de la lumière, la direction des rayons transmis va être modifiée si les deux milieux ont des densités différentes. La lumière est déviée en passant d'un milieu transparent à un milieu translucide, on parle alors de réfraction. L'angle de réfraction va dépendre de la différence des indices de réfraction des deux milieux.

On parle également de diffusion lors de l'interaction de la lumière avec les particules de la matière, les rayons vont se diffuser dans diverses directions. La taille des particules va influencer la diffusion, plus les particules seront grandes plus la quantité de lumière diffusée augmentera, ainsi que la différence d'indices de réfraction entre les deux matières.

1.4.2 Les variations de la lumière sur les tissus dentaires (9)(38)(49)(78)

Nous venons de voir les différentes définitions des phénomènes physiques lorsque la lumière frappe une matière, nous allons maintenant les observer par rapport aux tissus dentaires.

Le rayon incident provient d'un milieu d'indice de réfraction 1, mais la surface dentaire à un indice de réfraction de 1.65, du fait de ce changement de milieu la lumière va subir des changements de direction.

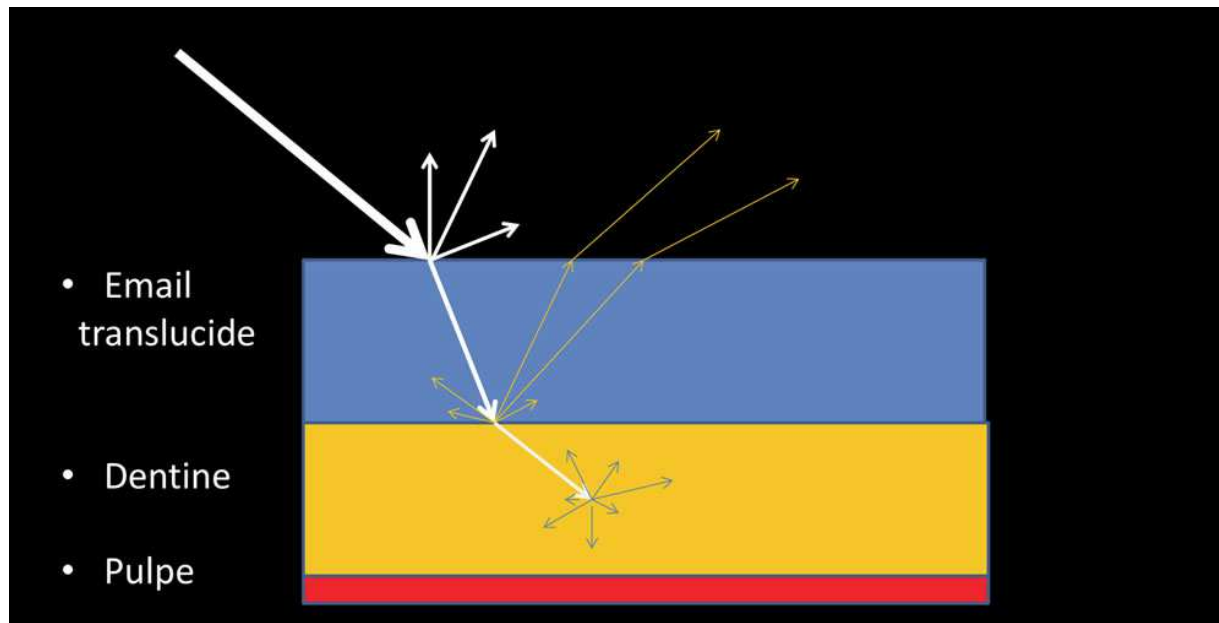


fig. 13 : schéma du trajet de la lumière dans la dent naturelle par Dr F. Bodic

1.4.2.1 Dans l'émail

L'émail est à 70% translucide, la lumière va s'y réfléchir en petite quantité mais surtout se transmettre. Selon son épaisseur, sa structure, sa composition et son âge, ses propriétés optiques vont varier.

En effet les cristaux d'hydroxyapatite vont permettre la diffusion de la lumière. Les prismes d'émail laissent passer la lumière alors que la substance inter-prismatique est opaque. L'émail combine transmission partielle de lumière et diffusion interne.

De plus, l'épaisseur d'émail varie avec l'âge mais aussi en fonction de sa localisation. Ainsi au niveau du bord incisif, où seul l'émail est présent, la translucidité est très importante donnant lieu à un phénomène de diffusion interne créant l'effet d'opalescence décrit précédemment (couleurs bleutée et orangées).

On observe que les dents jeunes possèdent un émail plus épais et plus dense, ainsi la lumière traversant la dent est diffusée et réfléchiée par les cristaux d'hydroxyapatite, et réfractée par les espaces intercrystallins. La réflectivité élevée et la faible translucidité donnent une forte luminosité et opacité à la dent.

Avec l'âge la dent subit des modifications biologiques, l'émail devient plus minéralisé, et moins denses, elle devient hautement translucide entraînant une faible réflectivité donnant lieu à une faible luminosité.

La dent subit également des modifications physiologiques dues à l'usure, à l'érosion lors de l'alimentation et du brossage. L'état de surface macro et micro-géographique des dents jeunes est marqué, il influence directement la perception car cela conditionne le pourcentage de lumière réfléchiée par rapport au pourcentage de flux lumineux transmis par la dent. Plus la surface est rugueuse, plus la lumière est réfléchiée dans de multiples directions, c'est pour cela que les dents jeunes apparaissent lumineuses et brillantes. L'usure des dents va entraîner un état de surface lisse donnant une réflexion du rayon lumineux dite spéculaire, diminuant la luminosité de la dent.

L'émail est responsable de la luminosité, des effets de dégradés de la transparence et de l'opalescence des bords incisifs.

1.4.2.2 Dans la dentine

Comme pour l'émail, la dentine va modifier ses propriétés optiques en fonction de son épaisseur, de sa composition et de son âge.

La dentine est une zone plus opaque, due à son faible degré de minéralisation comparé à l'émail. La dentine secondaire est souvent plus minéralisée donc moins opaque, elle présente une teinte plus foncée. La dentine tertiaire est plus saturée que les deux autres, elle répond aux agressions carieuses ou aux traumatismes et est localisée au niveau du site atteint. La chromaticité augmente avec l'âge.

La saturation de la dentine diminue en direction du bord incisif.

Par sa composition organique, la dentine va absorber l'énergie ultraviolette et la diffuser sous forme de lumière bleutée, responsable de la fluorescence de la dent. Cette propriété confère une certaine clarté à la dent. Moins la dentine est saturée et plus elle est fluorescente, en revanche l'augmentation de la minéralisation diminue l'intensité de la fluorescence.

La dentine est responsable de la couleur jaunâtre de la dent mais également de la saturation et de la fluorescence.

2. ENREGISTREMENT DE L'ETAT DE SURFACE DENTAIRE

Dans cette deuxième partie, nous allons nous intéresser à la prise d'empreinte et aux différents matériaux. Nous allons uniquement détailler les techniques ainsi que les matériaux utilisés dans notre situation de réhabilitation esthétique.

La prise d'empreinte est l'un des maillons de la chaîne de la reconstitution de la cavité buccale des patients. Elle permet l'enregistrement des éléments nécessaires à la réalisation de la prothèse. Les propriétés du matériau vont guider notre choix selon la situation clinique à enregistrer. C'est une étape incontournable et délicate du plan de traitement prothétique, assurant le transfert d'information au prothésiste.

2.1 Empreinte conventionnelle

2.1.1 Les matériaux

2.1.1.1 Les hydrocolloïdes irréversibles (25)(30)(39)

Les hydrocolloïdes irréversibles (HI) ou alginates sont des polysaccharides naturels extraits d'algues brunes marines. On utilise des alginates de sodium et de potassium pour les IH à visée odontologique, du sulfate de calcium est ajouté pour permettre la gélification et du phosphate de sodium pour la ralentir, rendant son utilisation clinique possible. La viscosité et la rigidité sont régulées par l'ajout de charges.

Les alginates sont stockés sous forme de poudre, il faut homogénéiser la poudre en l'agitant pour uniformiser l'ensemble. En fonction du nombre de doses d'alginates, de l'eau va être ajouté selon un rapport donné par le fabricant. L'ensemble est spatulé vigoureusement pendant 45-60 secondes jusqu'à une consistance homogène, lisse et crémeuse.

Il existe différents temps de travail compris entre 1min15 et 2min, l'abaissement de la température de l'eau utilisé lors du mélange permet de rallonger le temps de travail.

Il existe des systèmes de spatulation de l'alginate comme l'Alginate Mixer® de Cavex™ ou celui de Henry Schein™, on obtient alors un alginate parfaitement homogène de bien meilleure qualité, cependant le temps de travail va être réduit.

Les HI peuvent enregistrer les surfaces dentaires même en cas d'humidité grâce à leur forte hydrophilie naturelle, à l'origine de leur avantage (mouillage excellent) mais aussi de leur inconvénient (absorption).

La stabilité dimensionnelle, la résistance à la déchirure et à la déformation permanente sont conditionnées par respect du rapport poudre/eau fourni par le fabricant mais elles seront plus faibles que celles des différents élastomères. Cette variation dimensionnelle s'explique par les mouvements de l'eau contenue dans l'alginate. A l'air libre, il se contracte en évaporant de l'eau, au contraire il va se dilater en absorbant en cas d'immersion. Cette contrainte entraîne un stockage sous 100% d'humidité pendant maximum 1h.

Les alginates ont été classés par temps de prise jusqu'en 1978, depuis la classification se base sur le degré de précision, la classe A est la plus précise, elle est capable de reproduire des détails de 20 microns. Elle peut être utilisée pour des empreintes en prothèse fixée (élément unitaire). La classe B pourra servir pour des empreintes en prothèse amovible partielle (empreinte primaire) alors que la classe C servira pour les modèles d'études ou pour l'enregistrement des arcades antagonistes.

Avantages	Inconvénients
-manipulation aisée -précision et reproduction des détails -peu coûteux -hydrophile -prise rapide	-mauvaise stabilité dimensionnelle -faible résistance à la déchirure -coulée rapide et unique -compatibilité avec le plâtre variable selon les marques

2.1.1.2 Les silicones réticulant par addition (3)(12)(25)(39)(46)(57)

Les silicones réticulant par addition, ou vinylpolysiloxanes, appartiennent à la famille des élastomères. Ils se présentent sous la forme de deux pâtes :

- une base contenant du polyvinylsiloxane de faible poids moléculaires, des charges (quartz), des plastifiants (huiles de silicone), des pigments et des substances aromatiques.

- un catalyseur renfermant du polysiloxane, des charges (silicates), des sels de platine ou de nickel, des plastifiants (huiles de silicone) et des pigments.

Les charges améliorent les propriétés mécaniques du silicone A, notamment la résistance à la déchirure. Plus la quantité de charges est importante, plus l'élastomère est visqueux (produit de forte viscosité ou heavy body ou high viscosity).

Les plastifiants facilitent la tenue à faible température, plus il y a d'huile et plus le silicone A est fluide (produits de faible viscosité ou light body ou low viscosity).

Les silicones A existent sous différents types de viscosités et sous plusieurs formes de présentation. Les silicones de basses viscosités sont stockés en cartouches standardisées bicompartimentées supportés par un pistolet, un embout automélangeur compatible avec la cartouche, sur lequel on peut rajouter un embout intra-sulculaire selon la situation clinique, permet d'obtenir un mélange homogène. Les silicones A de hautes viscosités sont conditionnés en pots (1 base 1 catalyseur) pour le malaxage manuel ou sous forme de cartouches pour les distributeurs automatique.

Les distributeurs automatiques vont avoir plusieurs avantages notamment de régulariser la qualité des mélanges obtenus, de travailler plus rapidement et de manière mieux synchroniser avec son assistante ou faciliter le travail sans assistante, de limiter la perte de matériaux et de garder ses gants en latex incompatible avec le malaxage des silicones (il perturbe la polymérisation). Ils évitent enfin l'utilisation d'additifs huileux qui facilitent le pétrissage manuel mais qui aggravent l'hydrophobie des silicones. Le Pentamix I® de 3M Espe™ fut le précurseur des distributeurs automatiques, d'abord mis au point pour les polyéthers. Aujourd'hui il existe de nombreux distributeurs (Pentamix 3® Mixstar® Duomix® Dynamix®) mais les cartouches ne sont pas encore toutes standardisées.

Le mélange des deux parts égales de base et catalyseur donne un silicone A aux propriétés mécaniques rares, associant une extrême élasticité et une grande stabilité dimensionnelle car sans formation de produit de réaction lors de la polymérisation. En revanche, une production d'hydrogène gazeux est susceptible de se former induisant des porosités superficielles au niveau du plâtre. Des absorbeurs, tel le palladium ou le platine, sont ajoutés

à la formulation des silicones pour piéger ce produit volatil. Dans tous les cas il vaut mieux attendre 1h avant de procéder au traitement de l’empreinte et la coulée peut être différée jusqu’à plusieurs jours si l’empreinte est conservée dans un sachet à humidité modérée.

Les silicones sont de nature hydrophobe ce qui diminue leur capacité d’étalement sur les surfaces humides. L’ajout de surfactants permet d’améliorer leur mouillabilité, mais le qualificatif de silicones « hydrophiles » est abusif, le terme d’hydrocompatible semble plus approprié. Le dosage des surfactants est très important : ils sont inefficaces en trop petite quantité, inversement en trop grande quantité ils peuvent affecter les propriétés mécaniques du matériau réticulé.

La résistance à la déformation et la déformation rémanente sont excellentes, les variations dimensionnelles à 24h sont exceptionnelles (entre 0,01 et 0,2%) autorisant une coulée de l’empreinte différée et la duplication de moulage. Les caractéristiques mécaniques, très élastique et une bonne recouvrance de déformation, permettent le passage des zones de contre-dépouilles marquées.

La capacité de reproduction sur surface sèche va être variable selon la viscosité du silicone, allant de 75 microns pour les plus lourds à 20 microns pour les lights.

Le temps de travail compris entre 2min et 4min30 est adapté aux travaux de grande étendue.

Les polyvinylsiloxanes sont des matériaux d’empreinte surtout indiqués en prothèse fixée, aussi bien avec la technique du double mélange (deux viscosités, un temps) ou la wash technique (deux viscosités, deux temps). En prothèse implantaire, leur trop grande élasticité et leur faible rigidité peuvent être à l’origine d’imprécisions.

Avantages	Inconvénients
-bonne stabilité dimensionnelle -grande élasticité -plusieurs viscosités -bonne capacité de reproduction des détails (surface sèche) -faible déformation permanente -duplication possible	-hydrophobe -couteux -incompatibilité avec le latex -faible résistance à la déchirure

2.1.1.3 Les polyéthers (25)(39)(46)

Les polyéthers appartiennent également à la famille des élastomères, ils se présentent également sous la forme de deux pâtes :

- une base contenant du polyéther-aziridine de faible poids moléculaire, des charges, des plastifiants, des pigments et des substances aromatiques
- un accélérateur composé une combinaison de sulfonium d'alkyle et d'ester de l'acide sulfonique, des charges, des plastifiants et des pigments

Le mélange des deux pâtes est moins facile que pour les silicones, ce produit à empreinte a été délaissé jusqu'à la mise au point d'un mélangeur électrique Le Pentamix I® de 3M Espe™, suscitant un nouvel engouement pour les polyéthers. Le mélange automatique des polyéthers facilite l'homogénéisation de ces matériaux particulièrement visqueux. Ils existent sous différentes viscosités (light et médium), l'Impregum® est considéré comme le polyéther de référence.

Les polyéthers sont véritablement hydrophiles, leur mouillabilité est exceptionnelle permettant une précision de surface remarquable en milieu humide. Mais leur nature hydrophile affecte la stabilité dimensionnelle si l'empreinte est stockée en présence d'eau. Comme pour les silicones leur polymérisation se fait sans produits de réaction, mais la présence de plastifiants influence la stabilité dimensionnelle dans le temps, passant de 0,1% dans la première heure à 0,3% au bout de 7h. L'empreinte doit être traitée rapidement, la duplication du moulage est possible.

Ils possèdent une bonne recouvrance de déformation, leurs propriétés élastiques sont similaires à celles des silicones mais en fin de polymérisation la rigidité des polyéthers est plus élevée comparé à celle des polyvinylsiloxanes, entraînant une difficulté au retrait de l’empreinte en cas de contre-dépouilles importantes et un risque de déchirement (résistance modérée).

Comme pour les silicones, la précision de reproduction est variable selon la viscosité, allant de 20 à 50microns.

Les polyéthers sont surtout indiqués en prothèse implantaire due à la grande rigidité et en prothèse amovible complète.

En 2011, la société GM™ a commercialisé un nouveau type de matériau : le Vinyl PolyEther Silicone (VPES) correspondant à un mélange issu des silicones A et des polyéthers.

Avantages	Inconvénients
-hydrophile -bonne stabilité dimensionnelle -bonne élasticité -bonne capacité de reproduction des détails -rigidité élevée -duplication possible	-couteux -désinsertion délicate -difficulté en cas de contre-dépouilles -absorbe l’eau lors désinfection et stockage

2.1.1.4 Tableau comparatif (30)(39)(40)(41)

	Hydrocolloïdes irréversibles	Silicones réticulant par addition	Polyéthers
Temps de travail (min)	1,25-2	2-4,5	2-3
Temps de prise (min)	1-2	3-7	4,5-6
Résistance à la déchirure (N/m)	380-700	1560-5260	1800-4800
Recouvrance après déformation (%)	97,4	99,0-99,9	98,3-99,0
Stabilité dimensionnelle(24h)	-	0,01-0,2%	0,1-0,3%
Capacité de reproduction (µm)	Entre 20 et 50	Entre 20 et 75	Entre 20 et 50
Délai maximal avant duplication	Duplication immédiate	1 semaine	1 semaine au sec

Il existe différents types de plâtres permettant d'obtenir notre modèle de travail une fois l'empreinte envoyée au laboratoire de prothèse. Le choix du couple matériau à empreinte/matériau de réplique est primordial pour maintenir la reproduction clinique. Malheureusement l'affinité entre un même matériau à empreinte varie considérablement selon la marque de plâtre utilisé, cela peut entraîner des différences importantes dans la réplification de la situation clinique.

La norme internationale ISO-6873 (International Organization for Standardization) a défini 5 types de plâtres :

-Type 1 : empreinte

-Type 2 : montage en articulateur, il tend à disparaître. Exemple :

-Type3 : réalisation des socles, modèle antagoniste. Exemple : Microstone® (WhipMix), Moldadur® (Heraeus Kulza)

- Type 4 : duplication des arcades, dies. Exemple : GC fujirock® (EP) Suprastone® (Kerr)
- Type 5 : duplication des arcades, dies. Exemple : Resin Stone Penta® (Denflo HX)

Les plâtres de type 3, 4 et 5 ont une capacité de reproduction de 50 µm, les détails inférieurs à cette valeur ne seront pas visibles sur la duplication. Les bulles d'air parfois présentent entre l'empreinte et le plâtre va diminuer la reproduction des détails de surface. Il faut faire attention à la contamination de l'empreinte par le sang, la salive qui vont induire également une mauvaise reconstitution des détails. Il peut exister des problèmes de compatibilité entre le plâtre et les hydrocolloïdes entraînant une faible capacité de reproduction des détails. Pourtant le plâtre est le seul matériau de duplication disponible pour la technique de coulée des empreintes aux hydrocolloïdes. La technique du lait de plâtre permet d'enlever cet inconvénient.

Le plâtre n'est pas capable de restituer la finesse des détails enregistrés lors de l'empreinte. Les matériaux résines (époxy, polyuréthane) sont capables de reproduire des détails inférieurs à 5µm, mais leur contraction de prise n'est pas favorable pour compenser la contraction de prise de la majorité des matériaux à empreinte, de plus ils ne sont pas compatibles avec les hydrocolloïdes pour la résine époxy et les élastomères polysulfurés pour la résine polyuréthane.

La différence entre le type 4 et 5 de plâtre est leur expansion au cours de la prise. Elle est faible pour le type 4 (0,10%) et plus élevée pour le type 5 (0,30%). Le plâtre de type 5 sera utilisé lorsque le degré d'expansion de prise sera nécessaire pour compenser la contraction de certains matériaux. Les types 4 et 5 sont plus durs et plus résistants mécaniquement que le type 3, cela les rend plus favorable à la duplication pour la prothèse conjointe.

Il est très important pour obtenir des bons résultats de communiquer notre matériau à empreinte (fabricant) à notre prothésiste pour le faire combiner avec le plâtre.

2.1.2 Les techniques d'empreintes (3)(5)(24)(35)(74)

Nous venons de voir les différents matériaux susceptibles d'être utilisés dans notre cadre d'une réhabilitation antérieure. Nous allons maintenant décrire les deux techniques les plus

pratiquées dans nos cabinets dentaires : l’empreinte double mélange et la wash technique. Pour ces deux manières d’enregistrer la situation clinique nous utiliserons uniquement les silicones réticulant par addition, étant donné que la thérapeutique implantaire ne sera pas décrite dans cette thèse. Nous nous basons également sur un terrain parodontal et mise en condition tissulaire optimales ainsi qu’un accès aux limites permettant la réalisation d’une empreinte.

2.1.2.1 L’empreinte double mélange

L’empreinte double mélange est celle qui s’est avérée la plus fiable depuis 20 ans, le principe est d’utiliser deux viscosités en un seul temps. Elle est techniquement plus difficile, le travail à 4 mains est indispensable pour réussir un mélange simultané du matériau lourd et du « light ».

L’avantage de cette technique est de permettre une excellente liaison entre le matériau de basse viscosité dit « light » et le matériau de plus haute viscosité dit « putty ». Pendant que l’aide opératoire mélange le « putty », le praticien injecte le « light » au niveau des préparations à enregistrer en direction du sulcus. Le dentiste doit veiller à ce que l’embout auto-mélangeur du pistolet reste au contact du « light » déjà déposé afin d’éviter l’apparition de bulles.

Le porte-empreinte est chargé du matériau lourd et va être inséré doucement dans un axe unique. Le matériau de basse viscosité a pour but de s’insinuer avec précision dans les moindres détails à enregistrer alors que le « putty » est chargé de soutenir le « light », de contribuer à la stabilité dimensionnelle de l’empreinte en comblant l’espace entre les tissus buccaux et le porte-empreinte.

Lors de l’insertion du porte-empreinte, le matériau lourd vient plaquer le matériau fluide vers le sulcus et contre les surfaces à enregistrer. Deux forces vont s’opposer pendant cette insertion, une première vient pousser le matériau dans le sulcus mais la deuxième force tend à plaquer la gencive marginale contre la dent. C’est pour cela qu’il est important de ne pas exercer une force trop importante lors de l’insertion ainsi que d’utiliser un « putty » trop lourd pour ne pas chasser le matériau de plus basse viscosité en fermant le sulcus.

Nous avons également observé qu'un trop grand différentiel de viscosité entre le lourd et le fluide favorise le phénomène de tirage, il faut choisir deux matériaux aux viscosités voisines comme par exemple un « putty soft » pour le lourd et un « light regular » pour le fluide.

2.1.2.2 La wash technique

La wash technique se déroule en deux temps avec deux viscosités. On associe un matériau de très haute viscosité « putty hard » avec un matériau de très basse viscosité dit « extra-light ». Nous pouvons la réaliser sans aide opératoire.

Cette technique débute par une première empreinte des préparations avec le « putty hard », celle-ci va jouer le rôle de porte empreinte individuel tout en étant aménagée pour permettre un repositionnement aisé sur l'arcade pour la deuxième empreinte.

L'aménagement de la première empreinte est l'étape la plus importante, on enlève toutes les zones de contre-dépouilles (réduction en hauteur et en épaisseur des bords vestibulaires) ainsi qu'une partie de matériau situé autour des préparations. Ce retrait évite à la gencive marginale de fermer le sulcus en étant écrasée et plaquée par le matériau de très viscosité polymérisé. Il faut également réaliser des événements d'échappement à plusieurs endroits et notamment aux niveaux des préparations, de la limite marginale jusqu'au bord externe de l'empreinte afin d'évacuer l'excès « d'extra-light » lors de la deuxième empreinte.

Le principal inconvénient de cette empreinte la déformation élastique du matériau lourd sous la contrainte. Lors du rebasage avec le matériau de très basse viscosité, le « putty hard » peut subir des contraintes internes sous la pression excessive de l'opérateur, entraînant alors une déformation imperceptible lors de l'examen de l'empreinte après son retrait. La réplique exacte de la situation clinique n'est pas toujours garantie.

2.1.2.3 Tableau comparatif

	Double mélange	Wash technique
Matériaux	- Silicones proches en viscosité - polyéthers	Silicones : extra-light et putty hard
Avantages	- possible sur parodonte fin et fragile - technique plus rapide	- possible seul -difficultés d'accès aux limites -moins de tirage
Inconvénients	-risque de tirage important -technique difficile (4 mains)	-très compressives -risque de déformations non visibles -technique plus longue

2.2 Empreinte optique (18)(25)(33)(47)

Nous allons maintenant nous intéresser à l'empreinte optique, sujet en perpétuel évolution que nous ne pourrions pas détailler entièrement vu l'étendue du domaine. En effet, l'odontologie s'est considérablement développée en suivant l'évolution des technologies, changeant les pratiques d'exercice.

L'empreinte optique intrabuccale est décrite pour la première fois en 1973 par François Duret dans son travail de thèse, elle sera également la base de la CFAO (Conception Fabrication Assistée par Ordinateur), faisant entrer l'odontologie dans une nouvelle ère.

La CFAO sera décrite plus en détails dans la troisième partie de notre sujet de thèse, mais l'empreinte optique fait partie d'une chaîne technologique indissociable de la CFAO. En effet cette chaîne numérique se décompose en 3 étapes :

- 1- Etape d'acquisition : c'est un système d'enregistrement permettant la numérisation des données cliniques, soit directement en endobuccale correspondant à l'empreinte optique, soit au laboratoire par scannage de l'empreinte conventionnelle ou du modèle en plâtre.

- 2- Etape de conception : à partir d'un logiciel de traitement des données numériques, nous permettant de modéliser informatiquement la pièce prothétique (soit au cabinet soit au laboratoire)
- 3- Etape de fabrication : l'élaboration de la future prothèse sera effectuée par une machine de fabrication assistée par ordinateur (il existe différentes manières de la réaliser, et cette étape peut être faite soit directement au cabinet ou au laboratoire)

Nous allons nous intéresser à l'étape d'acquisition des données cliniques

2.2.1 Principes techniques (18)(25)(33)(47)

L'empreinte optique est une mesure de déformation. Elle consiste en la projection d'un rayon lumineux de référence dont les caractéristiques sont connues, la déformation de cette projection créée par la dent va être enregistrée par une caméra photosensible. En effet, comme tout objet éclairé, une partie du rayonnement va être réfléchi par le volume dentaire. La mesure est ensuite exploitée puis convertie en informations numériques. Le logiciel met en œuvre un système d'acquisition et de traitement des images, permettant la construction d'une image par modélisation d'une surface pouvant être modifiée par un opérateur (CAO).

De nombreux articles ont été écrits sur le sujet, présentant souvent l'empreinte optique comme une seule et unique technique de prise d'empreintes numériques. Or il existe plusieurs sondes optiques intra-orales avec chacune leur propre système de numérisation.

On dénombre 4 méthodes pour le fonctionnement des caméras optiques :

- La triangulation
- L'imagerie confocale parallèle
- L'échantillonnage actif du front d'onde (Active Wavefront Sampling)
- La stéréophotogrammétrie

2.2.1.1 La triangulation (18)(25)(33)(47)

La triangulation permet une acquisition statique. L'acquisition de l'image globale correspond à une superposition partielle des photos 3D successives (points and clicks), c'est ce qu'on appelle le principe de corrélation.

Le principe de la triangulation est une émission d'un rayonnement lumineux sur la surface dentaire, ce faisceau possède un certain angle avec la surface à enregistrer. L'onde réfléchie par la dent possède également un certain angle, l'association des deux faisceaux forme un triangle. L'angle entre l'onde émise et la surface de l'objet ainsi que la distance entre le foyer émetteur de la caméra optique et la dent sont des valeurs connues ; permettant ainsi de calculer les coordonnées de chaque point mesuré. Un capteur CCD (Charge Coupled Device ou détecteur à couplage de charge) enregistre l'intensité de chacun des points de la dent touché par la source lumineuse.

Cette opération est répétée des milliers de fois par seconde, enregistrant les coordonnées selon les 3 plans de l'espace de la surface à numériser. On distingue deux types de triangulation :

- Avec projection de lumière structurée (Cerec Bluecam® 34µm de précision)
- Avec projection laser (IOS FastScan®)

2.2.1.2 L'imagerie confocale parallèle (18)(25)(33)(47)

L'empreinte par imagerie confocale parallèle est une technique qui utilise la théorie de la lumière confocale en microscopie permettant d'obtenir des séries d'images nettes dites « in-focus » à des profondeurs de champ sélectives.

En optique, pour obtenir une image nette, l'objet doit se trouver dans le plan focal du système optique. Si l'objet est trop étendu ou trop épais avec de nombreux reliefs, seule une partie de l'image sera nette. Cela s'explique par la réémission des rayons provenant des plans adjacents au plan focal. Pour résoudre ce problème, on éclaire la surface à enregistrer par un faisceau laser et non plus une lumière blanche, mais également en utilisant un

diaphragme variable appelé sténopé (ou pinhole en anglais) permettant d'éliminer le signal lumineux provenant d'autres plans. Il est possible de sélectionner les rayons émis par un seul plan de la préparation obtenant ainsi une coupe optique nette correspondant au plan focal. En faisant varier ce plan, on obtient une succession de coupes donnant des informations précises dans les 3 dimensions de la préparation.

L'intérêt majeur de cette technique est de pouvoir s'affranchir au maximum des problèmes de profondeur de champ, elle permet aux objets d'apparaître avec une taille constante indépendamment de leur distance par rapport au sténopé. Toutefois une distance est déterminée pour permettre l'enregistrement de la zone, vérifiable sur l'écran de contrôle.

L'empreinte par image confocale pourra être :

- Statique (Itero® 15µm de précision et Carestream®)
- Dynamique (Cerec Omnicam® et Trios®)

2.2.1.3 Active Wavefront Sampling (18)(25)(33)(47)

L'Active Wavefront Sampling (Echantillonnage Actif du Front d'Onde) est une technique développée par le Massachusetts Institute of Technology en 2006. La caméra est composée d'une lentille muni d'un obturateur tournant présentant une ouverture légèrement désaxée et d'un système de LED bleues à l'avant de la caméra. Celui-ci éclaire la zone de la dent à enregistrer de manière pulsatile. La lentille concentre alors le rayon reflété jusqu'aux capteurs CDD, trois images captées quasi simultanément selon trois axes à trois temps donnés permettent de générer une image 3D (calculée par des algorithmes qui prennent en compte le calcul des trois rayons des cercles de focus générés sur le capteur au cours de chaque rotation). Ce procédé allie les avantages de la triangulation, de la focalisation/défocalisation avec un axe de vision presque confondu à l'axe de projection.

La caméra Lava C.O.S® utilise cette technologie, elle prend 20 vues par seconde comprenant chacune 10 000 points par vue, cela représente environs 2400 vues soit 24 millions de points pour une saisie de 120 secondes correspondant à une précision de 10 µm.

2.2.1.4 La stéréophotogrammétrie (18)(25)(33)(47)

Les systèmes stéréophotogrammétriques ou stéréoscopiques possèdent deux caméras vidéo, légèrement espacées l'une de l'autre, enregistrant la même zone de l'objet. Le principe de base consiste à reproduire la vision humaine.

Les deux images obtenues par les deux caméras (dont l'angulation et leur position respective sont connues) sont analysées. Cette information va permettre, en analysant leurs légères différences, de déterminer la position de chaque point de l'image. Cependant diverses expériences nous ont montré que seuls les points à haut de niveau de contraste et aux angles bien définis étaient mesurés avec précision. La lumière ambiante pouvant affecter l'enregistrement des données, une lumière LED a été mise en place au niveau des caméras pour obtenir une lumière contrôlée.

L'intérêt majeur de cette technologie réside dans la légèreté de ces caméras car l'essentiel de la technologie réside dans le « software » (programmation informatique) que dans le « hardware » (composants électroniques).

2.2.2 Avantages de l'empreinte optique

- **Précision**

L'empreinte optique est la technique la plus précise entre 10 et 30 μm .

L'empreinte optique nous permet de vérifier immédiatement nos erreurs et d'ainsi pouvoir réitérer la prise sans devoir convoquer à nouveau le patient, tandis qu'avec l'empreinte conventionnelle l'erreur apparaîtra au démoulage.

Elle ne nécessite pas de traitement, source de déformations potentielles des empreintes conventionnelles.

Le tracé de la limite cervicale est fait sur une image agrandie et sans déroutage permettant d'apporter une plus grande précision.

La conservation des tissus mous permet d'obtenir un meilleur profil d'émergence

- **Stabilité**

L'image numérique est inaltérable, son stockage permet la conservation sans déformation de l'acquisition originale. Les conséquences sont importantes, il n'y aura pas de variations dimensionnelles des produits d'empreintes ou de coulées.

Son archivage n'est pas encombrant (sauvegarde des données sur des supports informatiques)

- **Gain de temps et manipulations**

Pour le praticien, il n'est plus nécessaire de :

- choisir la taille de son porte empreinte
- choisir son matériau
- réaliser son mélange et de charger le porte empreinte
- désinfecter l'empreint
- emballer l'empreinte et l'envoyer à son prothésiste.

Pour le prothésiste, il n'est plus nécessaire de :

- d'avoir recours à un coursier pour la réception des empreintes
- découper excès de matériaux à empreintes
- de couler les empreintes aux plâtres, plus de confection des Modèle Positif Unitaire

donc pas de risque de mobilité des MPU (points de contact)

L'empreinte est envoyée au laboratoire via internet, la communication entre les deux professionnels peut avoir lieu en temps réel permettant une clarification des rapports (la qualité de l'empreinte et son exploitabilité ne sont plus discutables).

En cas de CFAO directe (cela ne correspond pas à notre sujet où l'empreinte optique sera envoyé dans un laboratoire), le gain de temps est considérable : une seule anesthésie, pas de restauration provisoire, pas de frais de laboratoire...

En cas de CFAO semi-directe dans le cadre d'une restauration ne nécessitant pas de stratification secondaire, la conception prothétique peut être entièrement dématérialisée.

Le prothésiste n'a pas besoin de concevoir un modèle physique, le rendu esthétique dépendra uniquement des propriétés du matériau choisi et sur le maquillage post-usinage.

On peut même parler d'un avantage écologique en évitant le transport physique des empreintes, mais également en supprimant l'utilisation de certains consommables.

- **Confort**

La prise d'empreinte peut être stoppée à tout moment par le patient (toux, salivation, déglutition..) ou par le praticien (sang au niveau des limites, mauvaise isolation de la salive), lors de la reprise de l'empreinte les informations acquises ne sont pas perdues.

Le praticien peut contrôler son empreinte en direct et reprendre les endroits non satisfaisant sans recommencer l'ensemble du processus.

- **Image du cabinet**

L'empreinte optique apporte un grand plus au cabinet dentaire, cela donne une image moderne de notre profession. C'est également un très bon outil de communication avec le patient, en effet lors de nos retouches informatiques nous pouvons lui expliquer de manière simple les enjeux de la réalisation du futur élément prothétique.

2.2.3 Inconvénients de l'empreinte optique

- **Investissement**

Le passage à l'utilisation d'un système empreinte optique nécessite un certain investissement. La CFAO semi-directe est un bon compromis dans l'investissement (achat de la caméra optique sans l'usineuse), et de nos jours la plupart d'entre nous travaillons avec des confrères au sein d'un même cabinet ce qui divise l'investissement.

- **Poudrage**

Le poudrage ou coating est de moins en moins obligatoire avant l'empreinte optique car c'était la seule étape « opérateur dépendant ». Les nouvelles caméras optiques s'utilisent sans se pré-requis.

- **Système fermé**

Certains systèmes d'empreinte optique sont dits « fermés », obligeant le praticien à travailler avec le même fabricant sur toutes les étapes de réalisation de la prothèse, engageant alors le dentiste sur du long terme sans possibilité de faire jouer la concurrence.

- **Info-prothésiste**

L'utilisation de l'empreinte optique ne limite pas le praticien à la simple acquisition des données en bouche, il doit également parfaire certains réglages par l'intermédiaire du logiciel avant le transfert du fichier numérique au laboratoire.

En cas de CFAO directe, les matériaux ne présentent pas des qualités esthétiques suffisantes pour être collés directement en bouche après usinage. Le praticien doit accomplir une étape de maquillage ce qui rallonge les délais et complique de réalisation.

- **Précision**

L'empreinte optique n'est pas encore suffisamment précise pour les grandes étendues comme une arcade complète.

Notre sujet de thèse concerne une restauration antérieure esthétique excluant la dématérialisation totale de la conception prothétique. Le modèle d'étude doit être réalisé pour permettre la stratification secondaire de céramique esthétique sur la chape par le prothésiste de manière conventionnelle et vérifier les points de contacts. Le modèle d'étude peut être obtenu par impression 3D de résine, par stéréolithographie ou par usinage. Il faut souvent envoyer l'empreinte dans un centre de traitement spécifique pour la conception du modèle d'étude, avant la finalisation de la prothèse dans le laboratoire de prothèse de manière classique.

L'empreinte optique intrabuccale présente des impératifs de mise en œuvre spécifiques selon le système choisi malgré son apparente facilité d'utilisation. Le temps d'enregistrement de la situation clinique par rapport aux empreintes conventionnelles est souvent avancé comme argument. Mais le degré d'expérience du praticien n'est pas

négligeable, le temps de scannage s'améliore après un temps d'apprentissage. Il ne faut pas oublier que technologie ne signifie pas « sans effort » ou « automatique ». Une analyse de la situation clinique ainsi qu'une bonne connaissance des possibilités et des limites de son matériel nous permettra de bénéficier de tous les avantages des caméras optiques en pratique quotidienne.

2.3 Compléments d'enregistrement (4)(31)(32)(56)(65)(67)

Nous allons décrire dans cette partie les moyens que nous avons de compléter nos renseignements aussi bien pour la communication avec le laboratoire mais également avec le patient. Nous avons décidé de nous concentrer sur la photographie numérique et la cartographie de la dent, mais il existe d'autres compléments d'informations comme les teintiers conventionnels, les colorimètres ou les spectrophotomètres qui ne seront pas détaillés. Nous utilisons une des techniques citées pour le choix des différentes couleurs transmise au prothésiste (via la fiche laboratoire et la cartographie de la dent).

2.3.1 La photographie (4)(31)(32)(56)(65)(67)

La photographie est un outil de communication très important dans notre pratique quotidienne. Pour le patient, nous allons pouvoir lui proposer une comparaison objective entre son état dentaire initial et la fin du traitement clinique. Il pourra alors apprécier le résultat obtenu.

De plus la photographie nous permet de faire une autoévaluation de nos travaux, ce qui est fondamentale dans notre profession de constamment pouvoir se remettre en question.

Nous allons détailler dans la sous partie sur les procédés les étapes pré-prothétiques possibles avec la photographie numérique en utilisant un protocole précis et reproductible pour avoir une vision globale et détaillée de la situation clinique. Nous obtenons alors une empreinte esthétique du cas grâce aux différentes prises de vue, complétant alors notre analyse thérapeutique.

Enfin, la photographie numérique est un puissant vecteur de communication avec le laboratoire en apportant des indications précises sur la forme, la luminosité, la saturation, la

teinte, l'état de surface, les caractérisations et la répartition des masses opaques et translucides de la dent. Elle permet également de communiquer avec les confrères.

« La photographie exprime ce que les mots ne peuvent pas dire. Elle clarifie, démontre ou relève notre savoir. » Robert LAWS. (55)

2.3.1.1 Fonctionnement et matériels

L'appareil photographique numérique doit être bien réglé pour se rapprocher le plus possible de la réalité, mais il n'est pas infallible. On peut néanmoins corriger certaines erreurs/défauts par un traitement informatique. Cet outil ne remplace en aucun cas les informations captées par l'œil et interprétées par le cerveau.

La photographie dentaire demande des exigences particulières car la cavité buccale est sombre et exigüe rendant l'exercice difficile. La pratique quotidienne de la photographie nécessite une organisation particulière au sein du cabinet dentaire afin de l'intégrer de manière efficace.

Le choix du matériel est essentiel, nous allons décrire de manière succincte le matériel adapté ainsi que les réglages et prises de vue à réaliser pour optimiser ses résultats.

2.3.1.1.1 Le boîtier

Le boîtier constitue l'élément de base. Il existe trois familles, les compacts (avec ou sans objectifs interchangeables), les bridges et les réflex. Ces derniers vont être développés plus en détails dans cette partie car les compacts et bridges ne sont pas adaptés à la macrophotographie. Leurs limites concernent leurs propriétés optiques et leurs mauvaises répartition de la lumière dû à leur flash intégré produisant ainsi uniquement une lumière centrale et non homogène. Actuellement une nouvelle gamme de produits se développe, il s'agit de compacts à objectifs interchangeables et possibilité de fixer un flash vers l'avant de l'objectif. Seules certaines configurations de l'appareil peuvent permettre de se rapprocher des résultats des réflex. Donc les kits de macrophotographie sur compact sont à conseiller pour les utilisateurs désirant un système simple, efficace avec seulement de bons résultats.

Les reflex sont les plus intéressants pour les clichés en odontologie, ils présentent de nombreux avantages :

- ils sont entièrement paramétrables permettant le réglage manuel des prises de vues (vitesse d'obturation, ouverture du diaphragme et sensibilité ISO)
- l'objectif et le flash sont interchangeables, ils ne sont pas nécessairement de la même marque mais il faut s'assurer qu'ils soient compatibles avec le boîtier
- évolutivité du matériel

Mais ils ont néanmoins quelques inconvénients :

- leur relative complexité d'utilisation demande une certaine expérience
- leur poids et leur encombrement important

Les reflex diffèrent principalement par les caractéristiques de leur capteur (taille, densité en pixels et sensibilité).

La sensibilité du capteur est mesurée en ISO (International Standard Organisation), plus le nombre ISO est élevé plus le capteur sera sensible à la lumière correspondant à une quantité de lumière plus faible pour une exposition correcte. Mais en augmentant ISO on augmente malheureusement les bruits numériques (apparition de pixels de couleurs différentes dans une zone de couleur normalement homogène). Le traitement des bruits gagne en efficacité d'une génération de reflex à l'autre, les capteurs les plus récents permettent des sensibilités lumineuses plus hautes avec des bruits similaires. La valeur ISO varie la plupart du temps entre 100 et 200 (le flash permettant d'avoir une puissance lumineuse confortable à courte distance).

La taille standard du capteur est 24 mm x 36 mm (format de la diapositive) mais peu de reflex ont un capteur de cette taille, chez Canon® il est de 22,3 x 14,9 et chez Nikon® il est de 23,2 x 15,4. Nous allons voir que cette taille va avoir une importance quand au choix de l'objectif associé au boîtier. La taille du capteur influence également la taille de l'appareil photo. Les « petits » capteurs permettent d'obtenir des reflex plus compacts et moins lourds.

Le nombre de mégapixels n'est pas un facteur de premier ordre pour le choix du boîtier. En effet même les entrées de gamme des boîtiers compacts ou nos smartphones possèdent plusieurs millions de pixels.

2.3.1.1.2 L'objectif

L'objectif est caractérisé par la longueur focale, l'ouverture et le rapport de reproduction.

- **La longueur focale**

La longueur focale de l'objectif correspond à la distance séparant le centre optique de l'objectif de la surface photosensible du capteur. Elle s'exprime en millimètres. La longueur focale est intimement liée à l'angle de champ, plus elle est courte plus l'angle de champ est important et inversement plus la distance focale est grande plus l'angle de champ est réduit. Nous parlons alors de grand angle pour une longueur focale inférieure à 35mm et de téléobjectif pour les longueurs focales supérieures à 70mm.

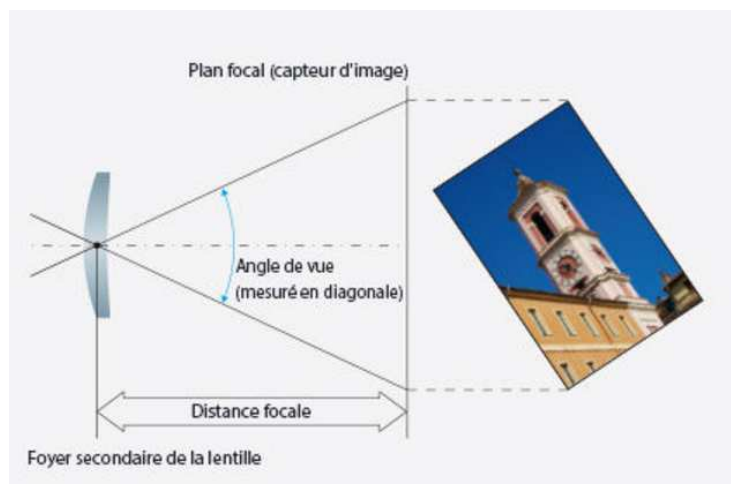


fig. 14 : schéma de la longueur focale

Le choix de l'objectif est lié à celui du boîtier car il faut combiner la longueur focale de l'objectif au coefficient de conversion du boîtier (dépendant des dimensions de son capteur) pour obtenir une distance focale adaptée à la macrophotographie. Pour un capteur de taille standard le coefficient est de 1, il est de 1,5 chez Nikon® et 1,6 chez Canon®. Cela correspond à une longueur focale de l'objectif comprise entre 90 et 105 mm pour les

boitiers Nikon® et Canon® (en équivalence d'une valeur comprise entre 140 et 180 mm pour les boitiers munis de capteur classique).

Avec une longueur focale de cet ordre, nous pouvons être suffisamment éloignés du patient pour que la lumière puisse pénétrer la cavité buccale (la distance minimum raisonnable étant de l'ordre de 12cm). Nous pourrions obtenir un grossissement suffisant de cette zone. Il ne faut pas confondre un objectif macro avec un zoom, le deuxième a une focale variable correspondant à un angle de vision plus ou moins large. L'objectif macro a une focale fixe, son angle de vision est donc également fixe.

Pour un même cadrage endobuccal standard (vision de canine à canine maxillaire), une longueur focale supérieure nous impose un éloignement excessif du patient pour une bonne qualité de flash, à l'inverse une longueur focale inférieure induit une déformation et efface les bords.



fig. 15 : différence entre une longueur focale de 100 mm et 60 mm, les canines apparaissent plus imposantes en 60mm. Par Dr Steve Benero

- **L'ouverture**

L'ouverture désigne le rapport entre la longueur focale et le diamètre de la pupille d'entrée de l'objectif photographique. Le diaphragme permet de contrôler l'ouverture, la variation de son diamètre d'ouverture réduit ou augmente le passage de la quantité de lumière. Nous pouvons le comparer à l'iris de l'œil humain. L'ouverture est exprimée par le symbole f/, les valeurs les plus courantes sont f/1,4 ; f/2 ; f/2,8 ; f/4 ; f/5,6 ; f/8 ; f/11 ; f/16 ; f/22 ; f/32. Les valeurs d'ouverture correspondent au diamètre d'ouverture par rapport à la focale, ainsi à chaque changement de cran du diaphragme, on divise par deux la surface d'ouverture donc on diminue par deux la quantité de lumière passant par l'objectif. Le diaphragme doit avoir

une fermeture importante pour éviter toute influence de la lumière ambiante, il faut donc associer l'objectif macro d'un puissant flash.



fig. 16 : Exemples d'ouverture du diaphragme.

Pour résumer plus le chiffre est élevé, plus l'ouverture est petite et inversement.

Le diaphragme joue également un rôle dans la profondeur de champ de la photographie. La profondeur de champ correspond à la zone de netteté c'est-à-dire l'ensemble des différents plans qui seront nets. La profondeur de champ dépend de trois paramètres :

- L'ouverture du diaphragme : plus il est fermé (chiffre élevé) plus la profondeur de champ est grande
- Longueur focale de l'objectif : plus la longueur focale est grande, plus la profondeur de champ est faible
- La distance du sujet à l'appareil photo : plus le sujet est proche, plus la profondeur de champ est réduite (pour un diaphragme et une focale données)

Il faut faire attention aux ouvertures extrêmes provoquant des aberrations optiques plus marquées. En effet les très grandes ouvertures provoquent en général du vignettage (les coins de l'image sont plus sombres que le centre) alors que les très petites ouvertures provoquent de la diffraction (phénomène optique qui mène à une moindre netteté/qualité d'image).



fig. 17 : Exemples de profondeur de champ.

- **Le rapport de reproduction**

Le rapport de reproduction (ou ratio d'agrandissement ou grossissement) est défini par la relation entre la dimension de l'image (sur le capteur photographique) et la dimension réelle de l'objet. Dans notre cadre de la macrophotographie, notre zone photographiée peut concerner un groupe de quatre à six dents (incisive latérale à incisive latérale ou canine à canine) soit environs 3 à 4 cm sur la longueur. Il nous faut une projection de l'image sur le capteur dans un rapport compris entre 1 :1 et 1 :2. Si le ratio d'agrandissement est plus petit cela nous oblige à s'éloigner du patient, ayant pour conséquence un élargissement du cadrage devenant alors exo-buccal.

Remarque : pour les photographies exo-buccal le rapport peut aller jusqu'à 1 :10, nous pouvons également choisir un objectif avec une longueur focale plus courte (80 mm pour les boîtiers munis de capteurs standards) ou utiliser celui de la macrophotographie. Cela impose un recul important pour avoir un cadrage correct.

2.3.1.1.4 Le flash

Le flash est un outil indispensable à notre discipline de photographie dentaire afin d'obtenir des images intra-buccales exploitables. Nous avons précédemment vu que nous devons utiliser une faible ouverture du diaphragme afin d'obtenir une profondeur de champ acceptable du fait de la grande longueur focale, limitant de manière importante la quantité de lumière. Le flash va permettre de produire une source lumineuse supplémentaire intense pendant une durée très brève. Le flash intégré de l'appareil ou le flash externe de type cobra ne sont pas adaptés à la photographie endo-buccale. Ils entraînent une exposition incorrecte (zones surexposées avec de nombreux reflets ainsi que des zones d'ombres) en raison de leur décalage par rapport à l'axe de l'objectif. Ils procurent une lumière intense mais trop directe, mais en les équipant d'un diffuseur la lumière est moins dure et répartie de manière plus homogène. Il évite les zones d'ombres trop marquées ; cependant la perte de puissance est trop importante pour permettre la prise de vue de macrophotographie sans dégrader la qualité de l'image.

Il existe plusieurs types de flash, mais seuls les flashes macros doubles sont envisageables. Ils émettent une lumière homogène, « dure » et non diffuse.

- **Le flash annulaire**

Le flash annulaire se fixe autour de la tête de l'objectif, il permet d'avoir un axe similaire à celui de l'objectif. L'éclairage est homogène, plat et il permet de se rapprocher de l'objet photographié sans créer de zones d'ombre notamment pour les photographies des secteurs postérieurs. L'inconvénient de ce type de flash est qu'il provoque un écrasement rendant l'image sans relief, ainsi qu'une réflexion plus importante de la lumière à la surface de la dent. L'état de surface est moins bien rendu qu'avec les flashes asservis déportés.



fig. 18: Exemple d'un flash annulaire pour macrophotographie.

- **Les flashes asservis déportés**

Les flashes asservis déportés avec têtes orientables (souvent aux nombres de deux) permettent d'obtenir une meilleure image de l'état de surface grâce à la modulation de leurs incidences. Il faut les écarter au maximum pour une photographie du secteur antérieur, alors qu'il faut les rapprocher le plus proche de l'objectif pour les secteurs postérieurs afin d'éviter les zones d'ombres.

Le mode TTL (E- ou I-TTL selon les marques) permet d'adapter l'intensité du flash à la bonne exposition quelque soit la distance au sujet. Le système TTL envoie un pré-éclair quasi imperceptible pour mesurer l'intensité de l'éclair nécessaire, et transmet cette information au boîtier.

Enfin il existe une technique ancienne, il s'agit de la photographie en lumière polarisée croisée. Le principe est de polariser la lumière du flash et d'équiper également l'objectif d'un filtre polarisant. Cette technique permet de supprimer les reflets, la dent apparaît alors sans zones brillantes permettant l'analyse de la transparence et de l'opalescence.



fig. 19 : Exemple d'un flash asservi déporté.

2.3.1.1.5 Les accessoires

- **Les miroirs**

Les miroirs permettent la prise de vue indirecte, ils sont de différentes formes et tailles (jugal, occlusal, lingual). Nous allons utiliser un miroir large pour les faces occlusales alors qu'un miroir étroit est plus approprié pour la prise de vue des secteurs latéraux. Certains peuvent être munis de manche de préhension. Ils doivent résister au passage dans l'autoclave et ne pas présenter de rayures.

Nous pouvons passer le miroir sous l'eau chaude et le sécher immédiatement pour éviter la condensation. Si nous travaillons à 4 mains, l'apport d'un flux d'air grâce à la seringue suffira à limiter la buée.

- **Les écarteurs**

Les écarteurs buccaux servent à récliner les éléments anatomiques périphériques sans intérêts (joues, lèvres et langue) afin de permettre une prise de vue dégagée. Ils peuvent être soit doubles et appariés ou simples et individuels lors d'un travail à 4 mains, ils offrent plus de liberté pour la traction des tissus.

- **Les contrasteurs**

Les contrasteurs sont des fonds noirs et mats, ils sont placés comme des miroirs occlusaux (entre les dents et tissus mous de l'arrière plan) pour accentuer le contraste et souligner les détails en supprimant les éléments inutiles. Ils servent à révéler la translucidité et l'opalescence des dents ou à masquer le nez lors d'une vue occlusale des dents antérieures maxillaires. Ils doivent être utilisés avec précaution lors de la prise de teinte.



fig. 20 : Exemple d'un contrasteur.

2.3.1.1.6 Les critères d'une bonne macrophotographie (4)(31)(32)(56)(65)(67)

Le but est de standardiser nos prises de vues pour nous rendre la reproduction plus facile et plus rapide. Il nous faut un environnement stable (fond neutre pour les portraits) et régler la balance des blancs. En effet celle-ci conditionne le rendu exact des couleurs, nous devons la régler par rapport au type d'éclairage utilisé afin d'éviter une dominance colorée (bleue ou rouge) dans le résultat final de la photographie. Des conditions d'éclairage identique pour chaque prise de vue permettent de s'affranchir des contraintes de l'environnement.

La netteté d'une macrophotographie est très importante (comme pour n'importe qu'elle autre photo). Pour obtenir une prise de vue standardisée, c'est-à-dire avoir le même cadre, la même échelle cela nous impose d'avoir la même distance. Nous devons donc nous abstenir d'utiliser autofocus du boîtier car il nous facilite la mise au point mais en s'adaptant à notre distance qui sera forcément variable. La méthode est simple, en prédéterminant le grossissement dont nous avons besoin, nous nous imposons une distance de mise au point. Il nous suffira alors de nous rapprocher ou de nous éloigner pour obtenir une image nette dans le viseur.

Quelques conseils pour réaliser des clichés exploitables :

- Il faut enlever totalement l'éventuel rouge à lèvres car il va créer un effet de contraste rendant la dent plus blanche.
- Une photographie en noir/blanc permet de mieux discerner la luminosité
- Pour transmettre une teinte, il faut que l'échantillon soit sur le même plan en bout à bout avec la dent du patient. Il faut garder à l'esprit que le choix de la teinte reste subjectif, que l'approche ne sera pas aussi subtil en photographie que celle perçue par l'œil humain.

2.3.1.2 Procédé (64)

Nous allons maintenant décrire un protocole de 12 prise de vues nécessaire au diagnostic esthétique, inventé par PARIS J-C et LUCCI D. Nous réalisons une véritable « empreinte esthétique » de la situation clinique initiale. Il existe de nombreux autres protocoles mais ce n'est pas le fait de prendre plus ou moins de photographies selon la méthode employée mais de standardiser notre pratique quotidienne. Nous devenons alors efficaces dans notre gestion des cas clinique nécessitant la mise en place du protocole photographique.

Il est important de faire des prises de vues avec des pauses régulières pour permettre la réhydratation des dents par la salive.

Vues sans écarteurs

1) Visage de face

De la racine des cheveux à la pointe du menton, sans laisser apparaître le cou et la chevelure. La ligne bipupillaire et le grand axe du visage servant de référence, le sourire doit être aussi naturel que possible, laissant apparaître les dents. La prise de vue doit être réalisée devant un fond neutre, bleu ou gris.

2) Visage de profil

Profil pur, droit ou gauche, cadré comme la photo précédente; l'oreille, dans l'axe de l'objectif, peut servir de référence pour centrer le sujet.

3) Sourire

Sans traction exagérée des lèvres, la prise de vue s'étend d'une commissure à l'autre, ce qui peut mettre en évidence une éventuelle dissymétrie de l'arcade maxillaire.

4) Sourire 4 dents

Point interincisif situé au centre de la vue, et le plan inter-incisif constitue l'axe de symétrie de la vue dans le sens vertical.

5) $\frac{3}{4}$ sourire droit

Photographie du sourire centré sur l'incisive latérale 12, dévoilant au maximum le secteur prémolaire. Il ne s'agit pas d'un profil pur, et cette vue doit permettre de voir le départ de l'arcade opposée.

6) $\frac{3}{4}$ sourire gauche

La même photographie que précédemment, centré sur l'incisive latérale 22.

Vues avec écarteurs

7) Vue frontale en position d'intercuspidie maximale (PIM)

Cadrage réalisé en fonction de la forme des arcades, sans centrage du point interincisif, le plan occlusal sert de référence dans le sens vertical.

8) Vue frontale en bout-à-bout

Identique à la vue précédente, seule diffère la position des arcades dentaires.

9) Vue $\frac{3}{4}$ droite, protection latérale

Le plan occlusal constitue l'axe de symétrie de la vue dans le sens vertical. La canine est placée en position de protection latérale et la vue est centrée sur l'incisive latérale.

10) Vue $\frac{3}{4}$ gauche

Identique à la vue précédente, du côté opposé.

11) Vue occlusale maxillaire

A l'aide du miroir occlusal, cette vue doit permettre de visualiser l'ensemble de l'arcade, des dents antérieures aux dernières molaires. Le cadrage doit permettre de dévoiler les faces vestibulaires et palatines des incisives et des canines.

12) Vue occlusale mandibulaire

Le miroir est placé au contact de l'arcade maxillaire, le patient étant en ouverture maximale. Il est demandé au patient de placer sa langue derrière le miroir.

La documentation du cas est donc facilitée par l'adoption d'un protocole photographique standardisé et reproductible; celui-ci apporte une rapidité et une qualité de visualisation mais surtout une base accessible objectivement comme point de comparaison. Il est ainsi aisé de comparer le même protocole en début et en fin de traitement. Une mise en page des douze vues sur la même page, et chaque vue toujours à la même place, permet de systématiser le protocole et rend la comparaison encore plus facile.

2.3.2 Le dessin / cartographie

La cartographie ou dessin de la dent doit être minutieux sans excès d'annotations pour rester exploitable par le prothésiste. Il peut alors devenir un outil de communication sur lequel le prothésiste pourra s'appuyer.

Le dessin de la face vestibulaire de la dent doit assez grand (entre 6 à 8 cm dans l'idéal) pour être facilement lisible. On peut également dessiner la face occlusale pour les dents cuspidées. On va alors découper horizontalement la dent en trois zones :

- 1/3 cervical : choix de la couleur de la dentine, indique effets de saturation de la couleur vers le collet mais également sur la fluorescence

- 1/3 moyen : choix de la couleur du corps ou noyau dentinaire, donne la couleur la couleur globale de la dent

- 1/3 incisif : choix de la couleur de l'émail, décrit les phénomènes opalescence, les effets de dégradés de transparence et d'infiltrations ainsi que des fissurations des bords libres

On peut également diviser verticalement la dent en 3 donnant 9 zones distinctes d'indications. Il est également recommandé d'utiliser des loupes avec un agrandissement entre 2.5 et 3.5 pour apprécier l'état de surface et ainsi parfaitement le décrire (rugueux ou brillant qui influencera la réflexion de la lumière sur la future prothèse). Les caractérisations éventuelles seront intégrées dans leurs zones respectives : flocon, halo, pigmentations blanches ou colorées, fissure, tache ou reflet.

La documentation de cette cartographie doit être prise en début de séance pour éviter la déshydratation des dents qui deviennent alors plus lumineuses à la fin d'un traitement dentaire.

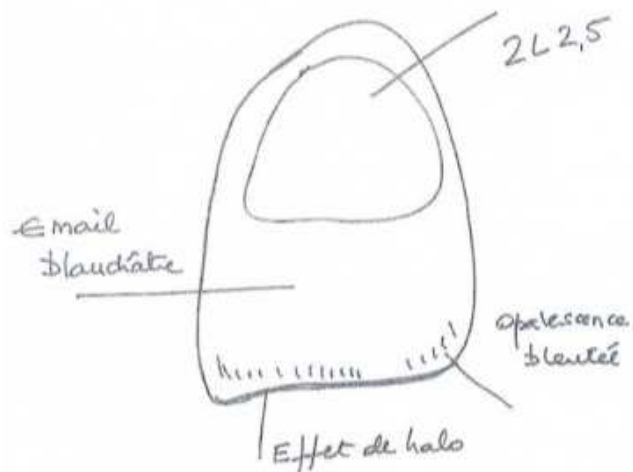


fig. 21 : Exemple d'un relevé de couleur d'un praticien, d'après Ortet (2005)

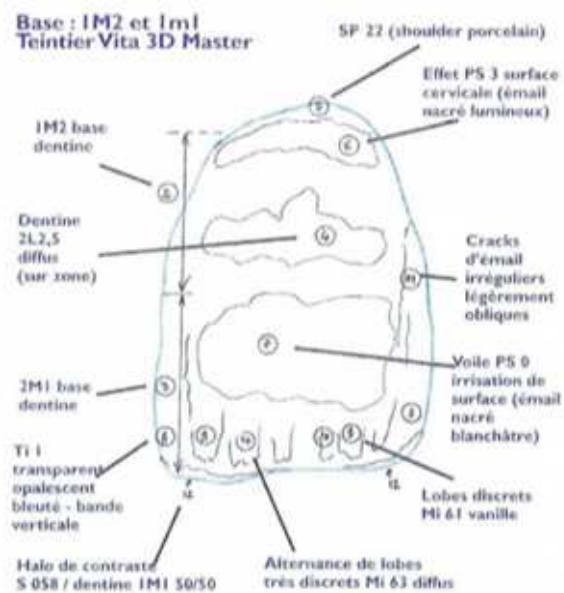


fig.22 : Le relevé de couleur d'un prothésiste, d'après JM Etienne (2005)

3. REPRODUCTION DE L'ETAT DE SURFACE DENTAIRE

Dans cette dernière partie nous allons détailler les différentes techniques employées pour reproduire l'état de surface d'une dent en essayant de se rapprocher le plus possible de la réalité. Nous avons vu précédemment que la lumière influençait l'esthétique en interférant avec les différents tissus de la dent, les matériaux de restaurations dentaires doivent répondre aux propriétés de la dent (fluorescence, opalescence...) tout en conservant des propriétés mécaniques importantes.

3.1 Composite stratifié

Les restaurations directes antérieures en résine composite sont parfaitement en adéquation avec le concept de biomimétisme. L'évolution de ces résines permet aujourd'hui de reproduire les caractéristiques optiques, physiques et structurelles de la dent naturelle.

3.1.1 Définition (10)(48)(68)(69)(70)(78)(82)(85)

Une résine composite est un matériau de restauration constituée d'une matrice organique résineuse renforcée par des charges qui lui sont associée via un agent de couplage : le silane. Elles ont considérablement évolué depuis leur mise sur le marché dans les années 1960.

- **Phase organique résineuse**

Elle représente 25 à 50% du volume du composite, elle permet l'insertion du matériau sous forme plastique. Elle comprend la résine matricielle, les abaisseurs de viscosité, les inhibiteurs de prise, les agents de polymérisation et divers additifs comme des pigments.

- **Phase chargée**

Elle représente entre 26 à 76% du volume du composite, elle permet de renforcer et de diminuer la proportion de résine. Les propriétés mécaniques des composites se sont améliorées par les charges, surtout au dessus de 55-60% du volume. La taille des particules de charges varie entre 0,02 à 50 micromètres. La diminution de la taille des particules a

permis d'incorporer différentes granulométries au sein de la résine composite pour ne pas laisser d'espace vide et ainsi améliorer les propriétés mécaniques.

- **L'agent de couplage : le silane**

Il assure la cohésion entre les phases organiques et chargées via une silanisation des charges

3.1.2 Classification des composites (10)(14)(48)(68)(69)(70)(78)(82)(85)

Les composites peuvent être classés de différentes manières mais nous allons choisir la classification selon la taille et le pourcentage du volume des charges. En effet ces deux paramètres vont avoir un impact direct sur certaines propriétés du matériau.

Par exemple, l'aptitude au polissage est inversement proportionnelle à la taille des charges.

Plus le taux de charges est élevé :

- meilleures seront les propriétés mécaniques

- moins la quantité de matrice résineuse associée sera importante entraînant une diminution de la contraction de polymérisation

A partir de cette classification nous allons décrire cinq catégories de composites : les macrochargés, les microchargés hétérogènes, les hybrides, les microhybrides et les microhybrides nanochargés.

Catégorie de composites	Pourcentage de charges (volume)	Taille charges
Macrochargés	60%	Macroparticules de verres ou quartz de 8 à 15µm
Microchargés hétérogènes	20 à 60%	Microparticules de silice (SiO ₂) de 0,04µm + charges prépolymérisées de 10 à 50µm
Hybrides	50 à 65%	Midiparticules de 1 à 5µm + microparticules de SiO ₂ de 0,04µm
Microhybrides	60 à 65%	Miniparticules de 0,4 à 0,7µm + microparticules de SiO ₂ de 0,04µm

Microhybrides nanochargés	60 à 71%	Miniparticules de 0,4 à 0,7µm + nanoparticules de 2 à 70 nm
----------------------------------	----------	---

Catégorie de composites	Avantages	Inconvénients
Macrochargés	-Excellentes propriétés mécaniques	-Mauvaise aptitude au polissage -Esthétique médiocre -Mauvaise résistance usure -Rétention plaque
Microchargés hétérogènes	-Bonne esthétique -Bon polissage -Faible abrasion	-Propriétés mécaniques médiocre -Pas d'utilisation possible en postérieure
Hybrides	-Combine avantages des macro et microchargés	-Moins bon polissage que les microchargés -Gamme de teinte limité
Microhybrides	-Très bonne esthétique -Bon état surface final -Résistance à l'abrasion	-pas d'inconvénient (retrait de polymérisation toujours existant)
Microhybrides nanochargés	-Excellente esthétique -Bon état surface final -Résistance à l'abrasion -Diminution de rétraction de prise	-Faible recul clinique

Les composites macrochargés ne sont plus commercialisés, dans notre pratique un composite microhybride (nanochargé ou non) de viscosité standard ainsi qu'un fluide permettent de répondre aux indications cliniques en technique directe. Ils répondent aux propriétés biologiques, physiques, mécaniques et esthétiques.

- **Critères esthétiques**

Les fabricants ont compris la nécessité d'avoir des matériaux de différentes opacités afin de se rapprocher de l'aspect visuel d'une dent naturelle.

En effet, nous avons vu précédemment que la couleur d'une dent était définie par un ensemble de paramètres, les fabricants ont créé des composites avec des caractéristiques proche de la dentine et de l'émail. Ces deux structures possédant des propriétés optiques différentes, il faut à la fois des composites reproduisant l'opacité et la fluorescence de la dentine mais également d'autres mimant l'opalescence et la translucidité de l'émail.

- Les masses dentines :

Elles présentent une certaine opacité responsable de la teinte de la restauration, plus l'épaisseur sera importante plus le composite sera saturé. Des pigments fluorescents, en pourcentage et en calibrage optimal, sont ajoutés dans la matrice résineuse afin d'obtenir une fluorescence blanche avec quelques reflets bleutés lors d'un éclairage par rayons ultraviolets.

- Les masses émail :

Il existe trois types de masse émail pour reproduire les caractéristiques de chaque tranche d'âge (forte, moyenne et faible luminosité correspondant à un émail jeune, adulte et âgé). Pour l'opalescence des colorants destinés à recréer l'effet bleuté ont été élaborés. L'épaisseur de la masse émail aura un impact également sur la luminosité du composite.

- Les modificateurs de couleurs :

Ce sont des opacifiants ou des produits de maquillage intensifs utilisés dans le but d'imiter les défauts naturels (taches, fêlures, fissures, coloration d'un sillon). Il faut les utiliser avec précaution car ils affectent la transmission de la lumière à travers le composite. On les applique à l'aide de pinceaux de différentes tailles ou de spatules spéciales. L'utilisation de produits de maquillage doit rester subtile, disposés au bon endroit de la cartographie dentaire effectué en amont. Ils sont ensuite recouverts par la masse émail pour obtenir une meilleure pérennité des caractérisations.

L'indice de réfraction est un critère important pour l'esthétique finale de la restauration. Il s'agit de la déviation du rayon lumineux lorsqu'il traverse la matière. Celui de l'émail est de

1,62 alors que pour les composites entre 1,48 et 1,53. Cette différence d'indice de réfraction confère un aspect vitreux en surface de la restauration et rend le joint email/composite visible et inesthétique. Pour limiter cet effet, une astuce clinique consiste à réduire la couche masse email par rapport à l'épaisseur de l'email naturel en amenant les différentes couches de masses dentinaires très proche de la surface pour obtenir une couche pelliculaire de composite email.

Les avancées scientifiques ont abouti à l'apparition des composites microhybrides nanochargés possédant un indice de réfraction « identique » à celui de l'email naturel. Ce composite est le ENA HRi® développé par Micerium S.p.A (3 luminosités différentes), le rayon lumineux traversant le composite et l'email naturel est réfracté de la même manière, supprimant ainsi l'aspect vitreux de surface. Cela simplifie la stratification car la couche masse email aura la même épaisseur que la couche email naturel. Il existe d'autres composites permettant de recréer ce mimétisme.

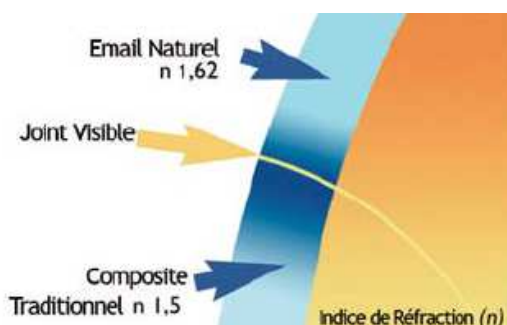


fig. 23a: aspect vitreux de la jonction composite/email naturel (85)

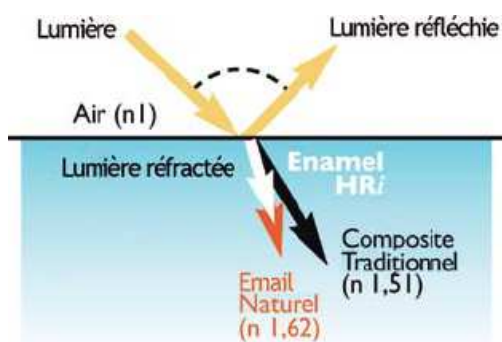


fig. 23b : le rayon lumineux réfracté est identique dans l'email naturel que dans le composite HRi (85)

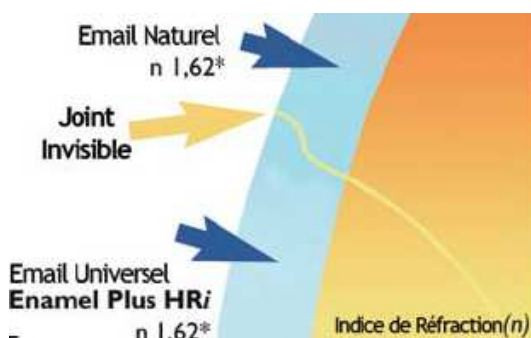


fig. 23c : le joint composite HRi/email naturel est invisible (85)

2.1.1 Les adhésifs (22)(23)(62)

Le composite n'a pas de pouvoir d'adhésion intrinsèque, il faut établir un lien étanche et adhérent entre les tissus dentaires et les matériaux de restauration.

L'adhésion est définie par l'ensemble des phénomènes physico-chimique et mécanique qui contribuent à unir deux substances entre elles par leur surface.

Les adhésifs doivent répondre à un cahier des charges précis :

- biocompatible
- étanche
- fournir un collage immédiat et durable
- fournir un niveau d'adhésion élevé à l'émail et à la dentine

L'efficacité du système adhésif va dépendre également de leur mise en œuvre.

Lors d'un curetage d'une lésion carieuse, une couche de boue recouvre les surfaces dentaires fraisées. Cette couche correspondant à un agglomérat d'hydroxyapatite, de protéines mais également de bactéries. La granularité des fraises utilisées pour le traitement de la lésion carieuse va faire varier son épaisseur (de 1 à 3 μm). Cette boue dentinaire va subir un traitement acide (peu importe le système adhésif utilisé) pour l'éliminer ou la stabiliser. Le traitement acide va également affecter la surface de l'émail et de la dentine pour créer des micro-porosités et des micro-rugosités. Celles-ci vont permettre la formation d'une interphase idéalement étanche et adhérente entre les tissus dentaires et le composite.

Les différents systèmes adhésifs existants peuvent être décomposés en trois produits :

- mordançage : il est composé d'acide phosphorique de 20 à 40% (acide le plus utilisé)
- primaire ou primer : il contient des monomères amphiphiles dissout dans des solvants comme l'eau, l'acétone ou l'alcool
- résine adhésive : c'est souvent une résine non chargée contenant principalement des monomères hydrophobes mais également certains hydrophiles

Le mordantage entraîne au niveau amélaire une déminéralisation de la matrice interprismatique ainsi qu'une dissolution intraprismatique. Cela augmente la surface de contact avec l'adhésif et prépare la surface à un ancrage micro-mécanique. Au niveau dentinaire cela permet l'élimination (ou le maintien selon l'acide) de la boue dentinaire, de déminéraliser la couche de dentine sous-jacente et d'ouvrir les tubulis dentinaires.

Le primer joue un rôle majeur dans l'adhésion à la dentine, il maintient suffisamment poreux le réseau de collagène ou il permet sa ré-expansion s'il a été collapsé lors du séchage. Le primer va créer un réseau moléculaire enchevêtré avec les fibres de collagène.

Enfin la résine adhésive se lie à la dentine grâce aux monomères hydrophiles et à la résine composite hydrophobe par ses monomères hydrophobes.

Les adhésifs amélo-dentinaire nécessitent ces trois produits pour assurer un collage de qualité. Ils peuvent être utilisés successivement ou être regroupés par deux ou trois selon les systèmes d'adhésifs. La classification moderne se base sur le nombre de produits à appliquer. Il existe deux grandes classes d'adhésifs : M&R (système avec un mordantage et un rinçage) et SAM (système auto-mordant).

-M&R3 : 3 produits à appliquer (1 seringue d'acide, 1 flacon primer et 1 flacon d'adhésif)

Mordantage → rinçage, séchage → Primer → séchage → Adhésif → photopolymérisation

-M&R2 : 2 produits à appliquer (1 seringue d'acide, 1 flacon réunissant le primer et la résine adhésive)

Mordantage → rinçage, séchage → Primer + Adhésif → photopolymérisation

-SAM 2 : 2 flacons à appliquer (1 flacon réunissant acide et primer, 1 flacon d'adhésif)
Acide + Primer → séchage (pas de rinçage) → Adhésif → photopolymérisation

-SAM 1 : 1 seul flacon à appliquer réunissant l'acide, le primer et l'adhésif
Acide + Primer + Adhésif → photopolymérisation (pas de séchage, pas de rinçage)

La complexité du système M&R réside dans le rinçage-séchage de la zone du futur collage après le mordantage. Un séchage trop important de la zone entraîne un collapse du collagène tandis qu'un excès d'eau s'oppose à la formation du joint adhésif continu. La complexité va être de sécher sans dessécher. La zone de dentine déminéralisée n'est pas forcément entièrement infiltrée par les monomères, entraînant alors interphase imparfaite. Il est conseillé de limiter le temps de mordantage à 15 secondes pour la dentine avec le système M&R.

Le système SAM simplifie le protocole clinique, diminuant ainsi les erreurs à chaque étape du collage. Cependant, l'association d'eau et de monomères hydrophobes peut entraîner une séparation des phases lors de l'application clinique surtout si l'évaporation de l'eau qu'ils contiennent n'est pas suffisante. Leurs valeurs d'adhésions sont plus faibles que pour les systèmes M&R aussi bien sur l'émail (d'autant plus sur un émail non préparé) que sur la dentine (valeurs moyennes d'adhésions de 13,2 MPa pour le système M&R et de 12,5 MPa pour le système SAM).

La rétraction de polymérisation des composites est inévitable provoquant une perte d'étanchéité (même faible). De nombreuses études ont démontré que la force d'adhésion est plus rapide et plus intense que la contrainte de tension accompagnant la polymérisation. Il est donc important de réaliser un biseautage de la surface amélaire afin d'augmenter la zone d'adhésion. En effet le collage sur l'émail est meilleur (aussi bien en étanchéité qu'en adhérence), il faut conserver les limites périphériques amélares.

	Avantages	Inconvénients
M&R	-Élimination de la boue dentinaire -Mordantage plus efficace (nanoclavetage)	-Risque de sensibilités post-opératoires augmenté dû à l'élimination de la boue dentinaire
SAM	-Limite le risque d'erreurs -Pas de rinçage limitant la contamination(sang ou fluide gingival) -Pas ou peu de sensibilités post-opératoires grâce au maintien de la boue dentinaire (obturation tubulaire)	-Pouvoir adhésif inférieur -Adhésion à l'émail moins importante -Risque au niveau de la boue dentinaire non totalement éliminée

Les systèmes M&R sont considérés comme le gold standard mais une manipulation rigoureuse sera toujours plus importante que la nature de l'adhésif utilisé.

Depuis quelques années, une nouvelle famille d'adhésifs existe, les « universels ». Ils peuvent être utilisés selon tout les protocoles : mordantage préalable de l'émail, mordantage total ou auto-mordant. Le recul clinique n'est pas suffisant pour connaître leurs comportements à long terme.

3.1.3 Stratification antérieure

(1)(8)(10)(11)(14)(27)(29)(37)(43)(45)(61)(72)(78)(79)(80)(83)(84)

La stratification est une technique de restauration clinique directe du secteur antérieur dont le principe est de superposer différentes masses de résines composite aux propriétés optiques se rapprochant de celle de l'émail et de la dentine.

L'objectif de cette technique est de reproduire du mieux possible la dent naturelle initiale en privilégiant la circulation de lumière.

3.1.3.1 Indications / Contre –indications

Elle est indiquée si le nombre de restaurations, l'étendue ou le volume sont limités. Elle convient pour diverses situations cliniques :

- fracture d'angle
- restauration de site 2 (classe III et IV de Black)
- restauration inesthétique (défaut forme, teinte etc)
- fermeture d'un diastème
- modification de forme d'une dent (exemple : transformation d'une canine en incisive latérale en cas d'agénésie)

Par contre, elle est contre-indiquée lorsqu'il devient difficile de maîtriser simultanément la forme, la couleur et l'herméticité de restaurations nombreuses et volumineuses.

Les dents trop caractérisés sont difficiles à reproduire (comme chez les personnes âgées).

Les propriétés des composites vont également rendre cette technique non réalisable. En effet si la quantité d'émail absente est trop importante, les propriétés mécaniques des résines composites ne permettent pas l'obtention d'une restauration pérenne. L'impossibilité d'isoler la dent (digue ou limite sous gingival) fait également partie des contre-indications.

3.1.3.2 Protocole clinique

Les techniques de stratification des composites ont évolué au cours des années, elles ont toujours été conçues pour avoir une application clinique directe. Différents protocoles de stratification ont été décrits, ils se différencient principalement par le nombre de couches à appliquer pour obtenir une stratification esthétique.

Nous allons dans cette partie mettre en application les notions d'esthétiques établies dans la première partie car il faut une compréhension globale des paramètres et des propriétés optiques pour procéder à une application correcte des différentes masses disponibles pour chaque système.

3.1.3.2.1 Stratification classique

- **Stratification classique en deux couches décrite par Dietschi**

Nous venons appliquer une première couche de composite dentine « body » auquel nous ajoutons un composite émail/incisal transparent pour mimer le bord libre.

Les composites dentines corps s'appuient sur le teintier Vita Classic® avec ses différentes teintes (A à D) et saturations (1 à 4). Ils présentent une opacité intermédiaire entre l'opacité de la dentine et la luminosité de l'émail.

La réussite esthétique de ce type de reconstitution est basée sur les propriétés du composite utilisé en teinte unique.

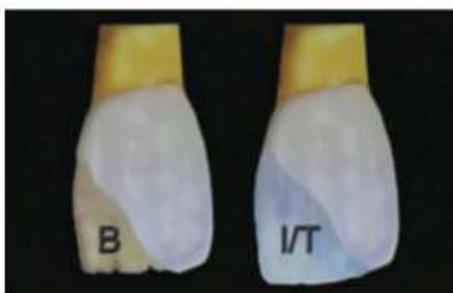


fig. 24 : Schéma de la stratification classique en 2 couches. La couche de masse dentinaire (B) est recouverte par une masse incisale transparente (I/T).

(27)

- **Stratification classique en trois couches décrite par Dietschi**

Le concept est basé sur une restauration polychromatique, avec une masse dentine opaque, une masse émail s'appuyant sur le teintier Vita Classic® et une ou plusieurs masses incisales transparentes. Cette reconstitution permet d'obtenir des variations d'opacité et de saturation au sein de la restauration.

La plus grosse difficulté de cette technique est de bien répartir les différentes masses de composites. En effet les propriétés optiques des différents composites ne sont pas les mêmes que celles des tissus naturels. Cela nous impose une répartition différente de l'organisation des tissus naturels de la dent. La trop longue courbe d'apprentissage de cette technique a longtemps découragé les praticiens.

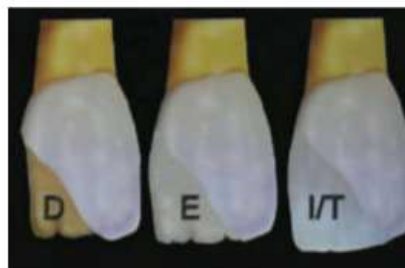


fig. 25 : Schéma de la stratification classique en 3 couches. La couche de masse dentinaire (D) est recouverte par une couche de masse émail (E) puis d'une masse incisale transparente (I/T). (27)

3.1.3.2.1 Stratification moderne

- **Stratification moderne en deux couches décrite par Dietschi**

Cette technique de stratification permet de remplacer la dentine et l'émail par deux masses de composites distinctes reproduisant les propriétés optiques des tissus qu'ils remplacent. L'aménagement des deux couches se fait selon l'épaisseur des tissus naturels qu'ils remplacent (la dentine va légèrement recouvrir une partie du biseau amélaire pour cacher la transition entre la restauration et la dent).

La masse dentine s'appuie sur le teintier Vita Classic® en utilisant uniquement la teinte A Vita® qui est ensuite déclinée avec 7 saturations différentes, tandis que la masse émail a été développée pour respecter le principe de stratification naturelle. Il existe 3 masses émail de base : blanc opalescent, neutre et ivoire pour remplacer l'émail aux différents âges (jeune, adulte et personne âgée).

Cette technique donne de bons résultats esthétiques en plus d'être appropriée cliniquement.

- **Stratification moderne en trois couches décrite par Dietschi**

Cette technique est une évolution de la technique moderne en deux couches, avec l'ajout de matériaux d'effets pour reproduire certains détails anatomiques. Ces matériaux sont placés entre la couche de dentine et d'émail en vestibulaire. Ils peuvent par exemple renforcer l'opalescence avec un intensif bleu, du doré pour augmenter la saturation ou du blanc pour reproduire des plages d'hypominéralisations dans des zones particulières. Ils vont représenter les caractérisations c'est pour cette raison qu'ils ne seront pas systématiquement appliqués. Cette technique apporte un pouvoir esthétique plus grand.

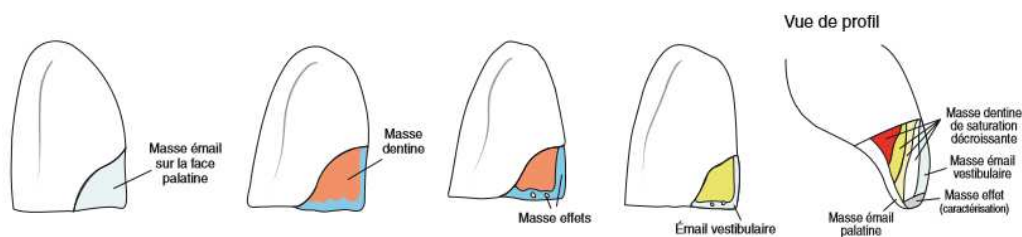


Figure 2. Concept moderne à trois couches.

fig. 26 : Représentations schématiques du concept moderne en 3 couches. (43)

- **Stratification de Vanini**

Cette technique se base sur des analyses comparant les interactions entre la lumière et les matériaux composites et celles entre la lumière et les tissus dentaires. Ainsi il propose de réaliser une première couche de masse émail translucide en palatin, et d'ajouter une couche d'adhésif amélo-dentinaire entre les masses émail et dentine pour recréer la couche de haute diffusion. Nous allons la décrire plus en détails par la suite.

- **Stratification de Magne et Belser**

Ils proposent de supprimer la couche de masse émail en palatin, la masse dentine est positionnée en palatin en restant à distance du bord incisal. Cette couche est plus ou moins opaque, elle représente le cœur de la dent. Un deuxième apport de masse émail est placé en vestibulaire sans se positionner jusqu'au bord libre, cette deuxième couche module la luminosité et la saturation de la dent. Pour terminer, nous venons apposer une masse incisale plus translucide en vestibulaire jusqu'au bord libre.



fig. 27 : Représentation schématique de la stratification sans émail palatin. (45)

Les techniques de stratification de Vanini et de Dietschi (moderne en 3 couches) sont quasiment similaires, elle consiste à réaliser une stratification « histologique ». La méthode sans émail palatin de Magne et Belser est différente mais elle est plus facile à réaliser.

Les deux méthodes sont intéressantes, un autre dentiste Dr Kuhn a décidé de comparer les deux techniques.

Stratification « histologique »	Stratification sans émail palatin
- clé en silicone palatine indispensable - support palatin translucide, bonne visualisation de la masse dentine - convient bien à une dent jeune - facile, analogie avec la dent naturelle - si trop d'émail palatin = irrécupérable	- clé en silicone recommandée - la masse opaque dentine ne doit pas remonter jusqu'au bord libre - dent plus opaque, patient plus âgé, faible épaisseur disponible (incisive en forme de pelle) - facile au niveau du geste, peu d'analogie avec la structure des tissus dentaires - solution intéressante pour masquer une coloration du type « dentine réactionnelle » - possibilité d'obtenir une bonne opacité mais le praticien doit avoir une bonne connaissance de son matériau

Tableau de comparaison des deux techniques. (80)

Remarque : La difficulté de ses différentes techniques réside dans l'utilisation des bons matériaux. Selon la stratification choisie, les mêmes termes désignent parfois des matériaux différents ou parfois des termes différents désignent les mêmes matériaux.

Le choix de la couleur des dents naturelles (appelé le plus souvent « choix de teinte ») est un exercice difficile, compliqué par de nombreux paramètres. Il existe différents teintiers, le plus connu étant le teintier Vitapan Classical®. Tout comme le Chromascop®, ils sont construits par familles de teintes (respectivement 4 et 5 familles de tonalité chromatique) puis chaque famille se décline dans un code chiffre représentant la saturation. La luminosité n'est pas évaluée précisément, malgré la proposition du fabricant d'un ordre décroissant pour la luminosité sur le teintier Vita Classical® : B1-A1-B2-D2-A2-C1-C2-D4-A3-D3-B3-A3.5-B4-C3-A4-C4. Le teintier Vita 3D Master® a été conçu en 1998 pour optimiser le choix visuel pour respecter le protocole : choix du groupe de luminosité puis choix de la saturation et enfin choix de la tonalité chromatique mais il est surtout utilisé pour la prise de couleurs des couronnes en céramique (pas de correspondance avec nos composites). Le teintier est fabriqué la plupart du temps en résine méthacrylate teintée ou en céramique pour certains et non en composite, qui est pourtant le matériau utilisé. Cela entraîne des discordances entre les composites et les références sur le teintier (notamment pour l'opalescence et la fluorescence). De plus, les teintiers doivent être renouvelés régulièrement pour éviter les erreurs dues à la dénaturation des barrettes dans le temps.

Lors de l'application du matériau choisi, sa saturation varie selon l'épaisseur des couches, sa teinte se modifie lors de la polymérisation ainsi que ses propriétés optiques du fait de la superposition. Pour palier ces différents problèmes, certains praticiens fabriquent leurs propres teintiers avec les composites qu'ils utilisent. Cela prend du temps mais les teintiers personnalisés sont plus efficaces pour le choix de la luminosité et de la saturation. Certains dentistes vérifient la prise de teinte à l'aide d'échantillons de composites photopolymérisés directement sur la dent non deshydratée. Dietchi propose un teintier en composite pour l'émail et un deuxième pour la dentine. Après avoir choisi la saturation de la dentine et la translucidité de l'émail, on place l'échantillon de dentine dans celui de l'émail pour vérifier la bonne superposition des deux éléments.

L'évolution colorimétrique des nouvelles résines composites s'accompagne très souvent de l'abandon du système Vita®, chaque coffret est accompagné de son teintier spécifique. Chaque système a adopté sa terminologie (très souvent accompagnée de la correspondance Vita®) sans standardisation de celle-ci. Plusieurs systèmes se concentrent sur la variation de la saturation de la dentine (7 saturations différentes de la teinte A Vita®) afin de couvrir l'ensemble de la variation du cœur dentinaire naturel avec un spectre de teintes plus large. Quant à l'émail, ce sont les différents niveaux de translucidité des composites émail qui vont retranscrire la luminosité (émail blanc avec une forte luminosité pour une dent jeune, émail neutre avec une luminosité moyenne pour une dent adulte et émail ivoire avec une faible luminosité pour une dent âgée).

L'évaluation de la couleur peut se faire par un autre moyen : le teintier électronique. Il permet une mesure plus objective mais il faudra néanmoins effectuer un contrôle visuel complémentaire pour valider la couleur.

3.1.3.2.2 Mise en œuvre clinique (78)(80)

Nous allons décrire la stratification anatomique selon Vanini.

- **Carte chromatique**

Il faut d'abord faire une analyse préliminaire afin de déterminer la carte chromatique de la dent. La couleur des dents étant le résultat de plusieurs facteurs, nous devons les analyser scrupuleusement en les relevant et les notant afin de reproduire toutes les caractéristiques lors de la stratification.

Vanini a développé une carte chromatique permettant d'identifier les différentes dimensions (chromaticité, luminosité, opalescence, intensif et caractérisations) et de les faire correspondre aux matériaux spécifiques. L'état de surface est également observé et schématisé lors de cette étape.



fig. 28 : Mise en évidence de la forme et de la taille du bord incisif (à gauche), des contours du corps dentinaires et ses mamelons (au milieu) et des caractérisations du bord libre (à droite). (78)

Le relevé doit être réalisé avant la mise en place du champ opératoire (digue) afin d'éviter la déshydratation des dents. La dent doit être nettoyée avec une pâte à polir ou un mélange d'eau et de pierre ponce afin d'éliminer la couche de pellicule exogène acquise.

L'étude des volumes de la dent, la forme et l'état de surface est analysée en bouche ou sur le modèle à l'aide de crayons de couleurs pour mettre en évidence : la ligne de plus grand contour, le profil d'émergence et les lignes de transitions. De cette manière les finitions vont être minimisées.

- **Réalisation de la clé en silicone**

Elle peut être réalisée selon deux méthodes :

- soit de manière indirecte par wax-up : après avoir effectué une empreinte de la situation clinique, le laboratoire de prothèse réalise un wax-up de la dent à reconstituer sur le modèle en plâtre. La clé en silicone est réalisée sur le modèle. Cette technique est particulièrement recommandée dans le cas de restaurations multiples.

- soit de manière directe par mock-up : une reconstitution de la dent est réalisée directement en bouche avec un composite non collé. Elle doit répondre aux critères anatomo-fonctionnelle sur les plans esthétique, phonétique et fonctionnel. La clé en silicone peut alors être effectuée.

Remarque : si il s'agit d'un remplacement d'un composite déjà existant, avec une forme satisfaisante esthétiquement et fonctionnellement, la clé peut alors être enregistrée directement.

La clé en silicone joue un rôle de guide en assurant la bonne position de la paroi palatine. Nous devons la découper à l'aide d'un bistouri au niveau de la face vestibulaire dans le sens mésio-distal afin de laisser apparaître la face palatine sans toucher au bord incisif.

Nous pouvons également faire une deuxième clé en silicone, servant de guide lors de la stratification afin de respecter l'épaisseur des différentes couches de masses composite. En effet en cas de surépaisseur la couche d'émail vestibulaire va être réduite ou éliminer exposant ainsi la couche dentinaire rendant le résultat inesthétique.

- **Mise en place du champ opératoire**

Une anesthésie de type para-apicale est effectuée. La pose du champ opératoire (ou digue) est ensuite effectuée, il est indispensable pour assurer l'herméticité nécessaire à la réalisation d'un collage. Nous isolons le bloc incisivo-canin maxillaire afin d'observer la forme et le volume des dents homologues. Nous pouvons réaliser des ligatures pour parfaire l'isolation et apicaliser la digue afin de faciliter l'accès aux limites de la préparation.

- **Préparation de la cavité**

Selon Vanini, il faut éviter les biseaux longs car ils sont non adaptés pour les composites micro et nanohybrides. La préparation idéale (combinant exigences mécaniques et rendu esthétique) consiste à réaliser un court chanfrein vestibulaire et une limite droite à 90° pour les faces proximales et palatine. La préparation est finie avec des fraises grains fins puis polie avec des pointes silicones afin de faciliter l'écoulement de l'adhésif et l'adaptation du composite.

- **Protocole de mordantage et collage**

Vanini utilise un M&R2 comme système adhésif. Il faut d'abord mordancer avec un acide phosphorique à 37% pendant 30 secondes sur l'émail et 15 secondes sur la dentine (1 minute pour la dentine sclérotique, et 1minute 30 secondes pour la dentine non vitale de la racine). Un rinçage abondant ainsi qu'un séchage modéré pour ne pas déshydrater la dent suit le mordantage. Ensuite, nous réalisons l'application de l'adhésif (primer + adhésif) en

frottant les parois pour favoriser une bonne pénétration des tubules dentinaires. Il est séché pour faire évaporer les solvants et homogénéiser la couche d'adhésif. Enfin il est photopolymérisé pendant 30 secondes. La dent doit être brillante si ce n'est pas le cas il faut appliquer une deuxième couche.

- **Réalisation du mur palatin**

La clé en silicone est mise en place afin d'y marquer la limite de la face palatine pour savoir jusqu'où appliquer la première couche de composite. La clé est ensuite retirée, la couche de composite email sélectionnée préalablement est apposée directement dans le guide jusqu'à la marque. La clé est ensuite replacée en bouche, l'adaptation au niveau cervicale et du bord libre de la face palatine est vérifiée. En cas de défauts nous pouvons utiliser un pinceau pour rectifier l'adaptation. L'épaisseur du mur palatin ne doit pas excéder 0,5 mm, car si celle-ci est trop importante les différentes masses de dentine et d'email n'auront pas l'espace nécessaire.

- **Réalisation des faces proximales**

La clé en silicone est retirée. Les parois amélares inter-proximales sont réalisées avec le composite email de la face palatine. Nous devons tout d'abord insérer une matrice transparente maintenue par un coin de bois inter-dentaires. C'est au cours de cette étape délicate que nous recréons les points de contacts et les lignes de transitions. L'orientation de la matrice va dessiner la forme de la dent en fixant les lignes de transitions (la forme de la crête va donner la forme quadrangulaire ou triangulaire de la dent). Les lignes de transitions régulant une grande partie des phénomènes lumineux, la réussite de cette étape va conditionner le succès esthétique final de la restauration. L'épaisseur du composite doit être inférieur à 1mm. La cavité devient alors une simple coquille rendant l'exercice de reconstitution des volumes plus évidents.



fig. 29 : Reconstruction des murs palatin et interproximaux amélaire. (78)

- **Réalisation de la couche de haute diffusion**

La reproduction de la couche protéique est réalisée avec une résine visqueuse de couleur blanche et à haute fluorescence (=Glass Connector®), elle sert à recréer la jonction amélo-dentinaire permettant de moduler la diffusion de la lumière à l'intérieur de la dent. Nous devons placer cette résine au niveau de la face vestibulaire de la masse émail palatine mais également sur les masses dentines. Cette opération devra donc être ré-effectuée une fois le noyau dentinaire reconstitué et avant la mise en place de la masse émail vestibulaire et les éventuelles caractérisations ajoutées.

- **Réalisation du noyau dentinaire**

Nous avons observé précédemment que chaque dent présente différents degrés de chromaticité : élevé dans le tiers cervical, moyen dans le tiers médian et faible au niveau incisif. La mise en place de la dentine doit répondre à cette désaturation de la partie cervicale au bord libre ainsi que de la partie palatine à vestibulaire de la dent. Nous devons donc réaliser une stratification tridimensionnelle à l'aide de masses dentines de saturations différentes. Nous devons commencer par une saturation plus élevée que celle préalablement relevée lors de la carte chromatique, et terminer par la même saturation que celle de la couleur finale. Vanini a décliné la teinte A VITA® en 7 saturations différentes appelées UD (Universal Dentine) couvrant ainsi l'ensemble des variations de la dentine naturelle et le spectre des couleurs est plus large que celui des teintiers VITA®.

Le nombre de masses dentines de saturation différentes à appliquer dépend de la taille de la restauration. Nous devons utiliser trois saturations pour une grande cavité, deux pour une cavité moyenne et une seule pour une petite cavité. Lors de la reconstitution d'un angle par exemple, si la saturation de la couleur finale correspond à UD4, nous commençons par une masse dentine UD6 dans la région cervicale. Puis une masse dentine UD5 qui va recouvrir la première masse et s'étendre en direction incisale. Enfin la masse dentine UD4 (chromaticité de base de la dent) va recouvrir entièrement la précédente et être modelée pour reproduire l'architecture interne de la dent : les mamellons et les lobes dentinaires.



fig. 30 : Corrélation entre la taille de la cavité et le nombre de masses dentinaires à appliquer. (78)



fig. 31 : Stratification complète du cœur dentinaire. (78)

Les masses dentines sont ensuite recouvertes d'une fine couche de Glass Connector.

- **Réalisation des caractérisations**

La reproduction des mamelons dentinaires aménagent un espace pour la mise en place, si nécessaire, des caractérisations, intensifs et opalescents avant d'appliquer la couche d'émail vestibulaire. Suivant la carte chromatique établie, des masses intensives peuvent être placées en couches très fine pour recréer le mimétisme naturel. Nous pouvons d'autre part utiliser des matériaux d'effets bleus pour reproduire l'opalescence naturelle du bord incisal si celle du composite masse émail n'est pas satisfaisante. Ces matériaux sont placés entre les mamelons, en restant à distance généralement d'un millimètre du bord libre.

- **Réalisation de la couche amélaire vestibulaire**

L'épaisseur de la couche d'émail vestibulaire va dépendre du composite masse émail utilisé. Si nous utilisons le composite Enamel HFO®, l'épaisseur de la couche de la masse émail sera inférieure à celle de l'émail naturelle. Les masses dentines devront venir recouvrir une partie du chanfrein vestibulaire afin d'éviter la visibilité du joint dent/composite. Si nous utilisons le composite Enamel HRI®, la couche de la masse émail sera de la même épaisseur que la couche d'émail naturelle puisque l'indice de réfraction du composite est similaire à l'émail nous n'avons plus besoin de recréer la continuité optique à l'aide de l'ancien procédé.

La masse émail est identique à celle des parois proximales et palatines. Son épaisseur sera plus fine en cervicale qu'en incisale comme l'émail naturel. La masse émail est appliquée de manière à préfigurer la macro-géographie avec la reproduction des dépressions, rainures. La micro-géographie est retranscrite à l'aide d'un pinceau reproduisant les lignes de croissances de l'émail.



fig. 32 : Masse émail vestibulaire appliquée. (78)

Une fois la couche d'émail photopolymérisée, il est conseillé de refaire un cycle en plaçant un gel de glycérine sur la restauration. Il permet d'éviter le défaut de polymérisation sur la surface du composite induite par l'oxygène. La pérennité de la couleur, la longévité de l'état de surface et la résistance du composite sont augmentées.

- **Réalisation des finitions et de l'état de surface**

Nous devons tout d'abord contrôler l'occlusion. Cette étape généralement très rapide puisque nous avons utilisé la clé en silicone pour la reconstitution de la face palatine.

Nous procédons ensuite aux finitions et à la reproduction de l'état de surface. Celui-ci a été observé lors de la constitution de la carte chromatique. Les reliefs qui caractérisent cette texture de surface sont identifiables cliniquement en frottant délicatement du papier articulé sur la face vestibulaire de la dent homologue ou adjacente (à défaut la dent antagoniste). L'utilisation de loupes (avec un agrandissement idéalement compris entre x2,5 et x3,5) permet de mieux décrire l'état de surface et par conséquent de le reproduire avec plus de précisions. Lors cette étape nous allons définir la forme et la dimension définitive de la restauration. Les excès de composite sont éliminés à l'aide de fraises diamantées à grain moyen de type flammes ou olives sur contre-angle. Les strips abrasifs sont utilisés au niveau des zones inter-proximales. Nous devons ensuite déterminer la forme et la position des lignes de transitions en ajustant tout d'abord le contour vertical (la fraise est orientée selon 3 axes en fonction du 1/3 cervical, médian et incisif), puis en contrôlant le contour horizontal en ajustant la forme et la longueur du bord libre, et la forme des angles mésiaux et/ou distaux. C'est une étape essentielle dans l'intégration esthétique de la restauration. Nous devons recréer les caractéristiques de surface que nous ne pouvions pas obtenir lors des différentes phases de stratifications. La macrogéographie se termine en reproduisant à l'aide des fraises diamantées de faible granulométrie et à basse vitesse de forme flamme, olive ou de type multi-lames afin de dessiner les lobes, les fosses et les rainures verticales. Nous devons ensuite lisser la surface dentaire, sans effacer la macrogéographie et sans laisser de dépôts à la surface, à l'aide de pointes en silicone. La microgéographie va être reproduite à l'aide d'une fraise diamantée à la granulométrie correspond à la texture naturelle, et par un mouvement latéral à vitesse lente afin de créer les stries horizontales de surface

(correspondant aux péricématies) pour obtenir une surface non uniforme. Nous allons obtenir une alternance de surfaces plates et brillantes et de surfaces mates et rugueuses simulant ainsi les zones soumises ou non à l'usure.



fig. 33 : Représentation des lignes de transitions (à gauche) ainsi que la macro et micro-géographie (à droite). (78)

Enfin, nous pouvons réaliser le polissage final avec des brosettes et des pâtes diamantées à granulométrie de 3 et 1 microns qui permettent, en les passant à basse vitesse, de rendre la surface lumineuse sans altérer la macro et microgéographie. L'état de surface se recrée à la fin de cette minutieuse reconstitution cependant si nous voulons obtenir un très bon résultat nous sommes obligés de respecter les étapes précédentes afin de mimer au plus près la dent naturelle.



fig. 34 : Polissage de la restauration avec la brosette et les pâtes de 3 microns (à gauche) et 1 microns (à droite). (78)

Le lustrage final de la restauration est réalisé avec une pâte à base d'oxyde d'alumine sur un feutre de polissage, nous devons également l'utiliser lors des phases de maintenance.



fig. 35 : Résultat final après lustrage. (78)

3.2 Rencontre avec les prothésistes : reproduction de l'état de surface d'un élément prothétique (2)(7)(16)(20)(52)(58)(60)(73)

Au cours de ce travail de recherche sur l'état de surface dentaire, nous sommes allés à la rencontre de différents laboratoires prothétiques pour savoir comment ils faisaient pour retranscrire les différentes informations que nous leur transmettons via nos empreintes, nos photographies, nos relevés cartographiques etc.

3.2.1 Généralités sur la CFAO

La CFAO, comme expliqué dans la deuxième partie, se décompose en trois étapes :

1-Etape d'acquisition : numérisation directement en bouche par une empreinte optique ou scannage de l'empreinte conventionnelle ou du modèle en plâtre au laboratoire.

2-Etape de conception = CAO : un logiciel traite les données numériques en concevant la pièce prothétique (soit au cabinet soit au laboratoire)

3-Etape de fabrication = FAO : une unité de production va fabriquer la pièce prothétique à partir des données issues du logiciel de conception (soit au cabinet soit au laboratoire)

Selon la nature de l’empreinte ainsi que du lieu de sa numérisation et de la fabrication de l’élément prothétique, nous distinguons trois catégories de CFAO :

1-CFAO indirecte

2-CFAO semi-directe

3-CFAO directe

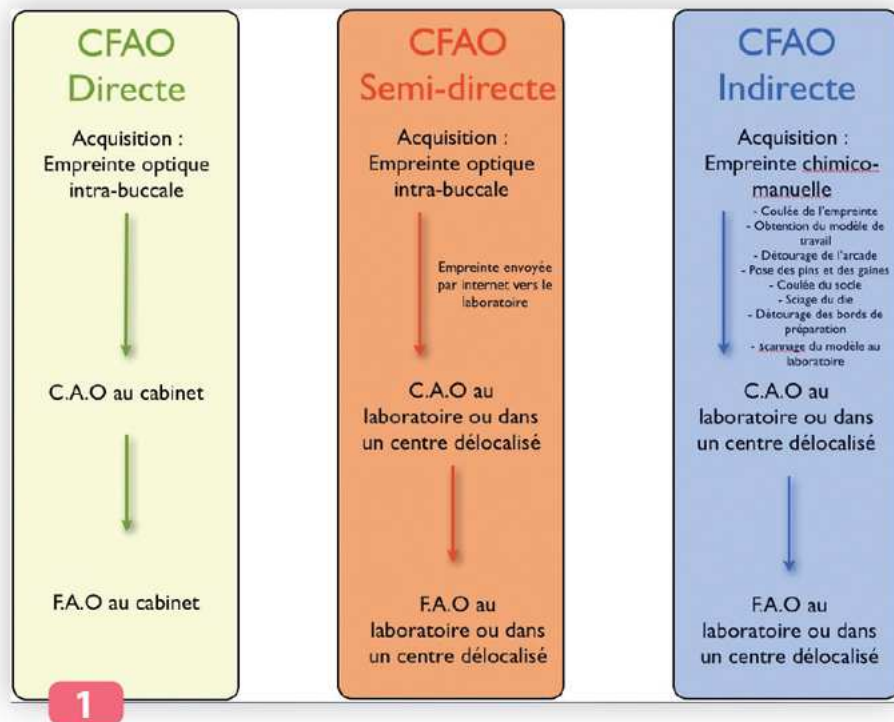


fig. 36 : Représentation des différentes CFAO.

3.2.2 Classification des céramiques

Les céramiques dentaires sont des matériaux inorganiques composées d'une matrice vitreuse transparente dans laquelle se loge de manière dispersée des particules cristallines. La composition des différentes phases va influencer sur les propriétés de la céramique. Plus la phase cristalline sera importante, meilleur sera la résistance mécanique mais en augmentant l'opacité de la céramique. L'inverse, phase vitreuse importante et particules cristallines réduites, permettra un meilleur contrôle sur l'esthétique en jouant sur les effets optiques comme la translucidité, la fluorescence, l'opacité etc.

Il existe différents types de céramiques :

-céramiques feldspathique : Elles appartiennent également à la famille des céramiques vitreuses, elles sont donc biphasées. La phase vitreuse est composée de feldspath ou de feldspathoïdes. Elles sont divisées en deux sous classes avec les feldspathiques traditionnelles et les feldspathiques à haute teneur en leucite. Cet enrichissement en leucite permet d'augmenter la résistance mécanique et ainsi permettre leur utilisation dans les prothèses céramo-céramiques. Les feldspathiques classiques sont utilisées dans les céramo-métalliques.

-vitrocéramiques : elles appartiennent à la famille des céramiques vitreuses, elles sont biphasées, leurs bases sont constituées de verre soumis à un processus de cristallisation spécifique. Il existe trois grands types : les vitrocéramiques enrichies en leucite, enrichies en disilicate de lithium et enfin celles enrichies en silicate de lithium et zircon. Du fait de l'importance de la phase vitreuse elles ont une faible résistance mécanique mais elles sont très esthétiques. Elles sont principalement utilisées comme céramique cosmétique.

-céramiques alumineuses : Elles sont constituées principalement d'oxyde d'alumine dont la teneur peut varier selon les fabricants (de 65 à 98%). La phase cristalline est prépondérante lui conférant une bonne résistance. Elles peuvent être utilisées sous forme d'infrastructure, cependant il faudra utiliser une céramique cosmétique spécifique. L'alumine offre une meilleure translucidité que la zircon mais ces propriétés mécaniques sont inférieures à la zircon.

-céramiques à base d'oxyde zirconium : La zircon est un oxyde de céramique polycristallin possédant d'excellentes propriétés mécaniques. On parle de céramiques polycristallines car elles ne possèdent pas de phase vitreuse. Elles peuvent être utilisées comme infrastructure pour couronne céramo-céramique, ou en bloc pour des couronnes monolithiques plutôt réservées aux secteurs postérieurs. La zircon possède une particularité, elle peut se trouver sous trois phases structurelles selon la température : monolithique jusqu'à 1170°, tétragonale ou quadratique de 1170° à 2370° et cubique de 2370° jusqu'au point de fusion à 2690°. Seule la phase quadratique possède des grandes propriétés mécaniques. Pour obtenir une structure stable à température ambiante, il faut

incorporer de l'oxyde d'Yttrium (principalement), de l'oxyde de Magnésium et de l'oxyde Calcium.

Il existe deux formes de zirconium dans le commerce :

- HIP (Hot Isostatic Pressing) : elle est difficilement usinable à cause de sa grande densité et ses propriétés esthétiques sont moyennes dû à l'absence de translucidité.

- Y-TZP (Zirconium Polycristalline Tetragonale partiellement stabilisée par l'oxyde d'Yttrium) : elle est beaucoup plus facilement usinable car elle est poreuse. Elle doit subir un deuxième frittage (l'étape de sinterisation au laboratoire post-usinage) pour obtenir une réduction de 20 à 30% de son volume. Elle est moins résistante que la HIP mais plus esthétique.

La zirconium est aujourd'hui en constante évolution, sa résistance est diminuée mais reste au dessus des autres céramiques alors que son esthétique ne cesse de progresser. Des couronnes en zirconium monolithiques sont dorénavant acceptables dans le secteur antérieur grâce à la création d'un disque multilayer mimant le dégradé interne de la dent.

- Céramiques infiltrées : elles sont constituées de poudre d'alumine frittée à laquelle on incorpore du verre. Il en existe trois sortes : In-Ceram Alumine, In-Ceram Zirconium (la zirconium augmente la résistance), In-Ceram Spinnelle (le magnésium augmente la translucidité)

3.2.3 CFAO indirecte

L'enregistrement de la situation clinique se fait par une empreinte physico-chimique classique, elle est ensuite transmise au prothésiste via un transporteur.

La numérisation des informations peut s'effectuer selon différents protocoles en fonction du scanner utilisé : soit le prothésiste scanne directement l'empreinte soit il coule l'empreinte afin d'obtenir le maître modèle (socle, MPU, détourage limite cervicale) qu'il va scanner. Dans notre situation clinique d'une réalisation prothétique antérieure, le modèle de travail correspondra à la coulée de canine à canine pour les deux arcades.

Lors de nos différentes rencontres, deux laboratoires, Labodent et DentalDoué, pratiquent la CFAO indirecte. Ils ont fait ce choix par défaut dû à l'absence de cabinet équipé pour réaliser des empreintes optiques. Chaque prothésiste a sa préférence pour le matériau enregistrant, selon eux, au mieux l'état de surface ; l'un trouve que l'impregum® permet le meilleur rendu tandis que l'autre préfère l'empreinte double mélange. Avant de scanner les modèles, ils commencent à relever les informations fournies par le modèle en plâtre. A l'aide d'un crayon rouge ils font ressortir les lignes de transitions tandis qu'avec un crayon bleu ils observent les stries horizontales (microgéographie). La macrogéographie va être mise en évidence grâce à un spray opacifiant, cela va aussi permettre de mieux le retranscrire lors du scannage du modèle. La poudre permet de visualiser l'état de surface de manière plus efficace malheureusement c'est un produit trop onéreux pour être utilisé régulièrement. Ils vont alors commencer à retranscrire ces informations sur un croquis. Celui-ci va être complété par l'éventuel dessin transmis par le dentiste (avec le relevé des différentes teintes, caractéristiques de surface etc).

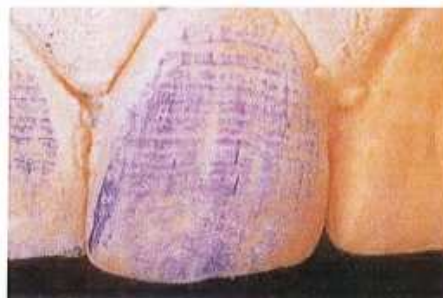


fig. 37 : Observation de la micro-géographie sur le modèle en plâtre, d'après Ubassy.

Le modèle en plâtre est scanné, dans notre cas par le scanner 3M Espe Lava Scan®, la précision ne pas été donné par le laboratoire et le constructeur ne la mentionne pas. Cependant elle est couramment de 10 à 20 μm (elle varie selon l'étendue de la numérisation, elle ne sera pas la même entre un élément unitaire et une arcade entière). Le scanner doit régulièrement être recalibré pour ne pas perdre de précision.

Une fois le modèle numérisé, la conception assistée par ordinateur peut commencer. Il existe de nombreux logiciels de CAO, certains sont ouverts d'autres sont fermés par les fabricants obligeant le prothésiste à acheter le scanner et l'unité de production du même

fournisseur ou d'envoyer dans un centre de sous-traitance. Le système ouvert utilise la norme universelle STL, lisible par toutes les machines. Les deux laboratoires ont des logiciels ouverts (Exocad® et Dental-Wings®). Une phase de paramétrage est réalisée sur le logiciel (limite de la préparation, axe d'insertion de la future prothèse, épaisseur du vernis d'espacement) suit une phase de modélisation (préformes issues d'une banque de données des différentes morphologies des dents ou en prenant en compte les données reçues, points de contact, occlusion). Ces deux phases peuvent être entièrement modifiées par le prothésiste en tenant compte de la situation clinique. Une fois le modèle virtuel conçu, le prothésiste va le réduire de manière homothétique à la future prothèse afin d'obtenir une chape permettant le soutien de la céramique cosmétique. Selon les prothésistes rencontrés, la CAO permet un gain de temps et de précision par rapport à la méthode traditionnelle.

La CAO terminée, nous passons à la phase de FAO pour la fabrication de la pièce prothétique, elle peut être réalisée selon deux méthodes :

- méthode soustractive : usinage
- méthode additive : impression 3D, stéréolithographie, micro-fusion

La méthode additive n'est pas (encore) utilisée pour la réalisation de chapes/couronnes définitives mais l'impression 3D et la stéréolithographie vont nous servir lors de la fabrication d'un modèle de travail issu d'une empreinte optique dans le cadre de la CFAO semi-directe. Ils se font en général dans des centres de traitements spécifiques.

Le fichier créé lors de la conception est envoyé à la machine outil à commande numérique. La confection de la chape en vue d'une couronne esthétique avec stratification secondaire va se faire selon la méthode soustractive. Il existe de nombreuses machines d'usinages, présentant des systèmes ouverts ou fermés, possédant 3,4 ou 5 axes. Le nombre d'axes correspond au nombre de direction dans laquelle la machine peut déplacer ses fraises et le brut. Les machines-outils de 3 et 4 axes suffisent pour la confection des chapes/couronnes/inlay-onlay mais le cinquième axe permet de produire des pièces plus complexes (sillons occlusaux, contre-dépouilles...). Il existe également des différences entre les usineuses selon les matériaux, l'usinage se fera sous jet/lubrification pour la vitrocéramique et les alliages tandis qu'il sera à sec pour la zircone, la cire et la PMMA. Les

deux laboratoires possèdent respectivement une usineuse à sec de 4 et 5 axes, cependant cela n'aura pas de grandes conséquences dans notre situation puisqu'elles vont usiner la chape. Dans les deux cas ils vont choisir une céramique zircone pour réaliser leur chape. Il faudra la tremper, une fois usinée, pendant 15 secondes dans un colorant correspond à la teinte puis la faire sécher 30 minutes avant de la sintériser pendant 11 à 17 heures à 1600°. Il existe également un autre moyen pour la coloration de la zircone, cette étape s'effectue non par trempage mais par l'application d'un colorant à l'aide d'un pinceau. Celui-ci doit avoir un manche en bois ou en plastique pour éviter de provoquer des dyschromies avec du métal. Cette coloration peut être effectuée pour de la zircone Prettau® par exemple. Le colorant à appliquer doit être spécifique, ici du Colour liquid®, il s'utilise de la manière suivante : le prothésiste trempe le pinceau un court instant dans le colorant avant de l'égoutter délicatement, puis il applique le colorant à l'aide du pinceau sur la pièce prothétique. Pour régler la teinte, le prothésiste donne plus ou moins de coups de pinceau. Il faut renouveler le protocole au bout de 4 à 6 coups de pinceau. Un liquide de fluorescence peut être appliqué avant la coloration de la zircone, celle-ci sera surtout visible sur la zone incisale pour les teintes claires mais elle disparaîtra au niveau de la zone cervicale (mais également au niveau incisale pour les teintes foncées). La pièce prothétique est ensuite séchée pendant 1 heure avant de la sintériser dans un four spécifique. Le prothésiste effectue un sablage à l'alumine afin de répandre uniformément le colorant et pour rendre la surface bien lisse avant de réaliser le maquillage. L'avantage de la coloration de la zircone selon ce procédé est d'obtenir une coloration dans la masse et plus uniquement en surface. Le prothésiste a les moyens de reconstituer le noyau dentinaire améliorant ainsi le rendu esthétique.

Le laboratoire Labodent utilise également des chapes E-max® mais de manière traditionnelle c'est-à-dire en pressant un lingotin de céramique de vitro-céramique (choix de la teinte, de la taille, de la translucidité). Ils usinent la chape en résine selon la même méthode que pour la zircone pour servir de modèle lors de la pressée. La chape aura directement la bonne taille.

Le montage de la céramique esthétique se fait de façon traditionnelle, les céramique monobloc (même esthétique comme la vitrocéramique) ne permettent pas d'imiter la dent

naturelle aussi précisément que la stratification secondaire. C'est à partir de ce moment là que le prothésiste va utiliser toutes les informations transmises par le dentiste pour tenter d'imiter la dent contro-latérale dans notre exemple de reconstitution d'une incisive maxillaire centrale. Les macro-photographies sont indispensables pour les prothésistes pour visualiser de manière réelle les états de surfaces, les caractérisations et la teinte de la dent. Sans photographies, le prothésiste va devoir reconstituer la dent au « feeling » avec comme seul renseignement notre choix de teinte, notre dessin le plus souvent très incomplet et les informations fournies par le plâtre. Le laboratoire DentalDoué possède le Spectro Shade® qu'il fournit aux cabinets réalisant une couronne antérieure esthétique. Cela leur permet d'obtenir un bon complément d'information pour la teinte, la saturation, la luminosité et même pour les caractérisations et l'état de surface. Cependant, la photographie reste toujours indispensable pour valider les informations. Ils vont appliquer un liant sur la chape, il existe plusieurs références selon la teinte, l'ensemble est passé au four pendant la période déterminée par le fabricant. Les différentes couches de poudres de céramiques sont appliquées à l'aide d'un pinceau, elles vont reconstituer le cœur dentinaire, l'émail, le bord libre de la même manière que pour le composite stratifié. Une première cuisson est faite d'une durée et d'une température fournie par les fabricants. Le volume global de la dent est ajusté, la macrogéographie avec les lignes de transitions, les dépressions, les mamelons dentinaires sont marqués avant la deuxième cuisson. Le maquillage des caractérisations et la microgéographie à l'aide de fraises diamantées de différents diamètres et de différentes formes (ogive, boule, conique) sont réalisées avant la cuisson du glaçage terminal de la couronne. La macrogéographie est également vérifiée car à chaque cuisson la céramique se lisse donc on peut perdre une partie des informations effectuées en amont. La cuisson de glaçage est volontairement hétérogène afin de ne pas lisser l'état de surface recréé par le céramiste.

3.2.4 CFAO semi-directe

En CFAO semi-directe l'acquisition se fait par une empreinte optique, de la préparation dans un premier temps, puis de l'arcade antagoniste et des deux arcades en occlusion. L'ensemble des données est ensuite transmise directement au laboratoire de prothèse via un portail internet sécurisé. Le prothésiste va obtenir une modélisation 3D des volumes

bucco-dentaires. Notre couronne antérieure esthétique empêche une dématérialisation totale de la conception, il faut un modèle de travail afin de permettre la stratification secondaire de la céramique. Cela se fait soit directement au sein du laboratoire ou dans un centre spécifique.

Le laboratoire Bongert réalise lui-même ces modèles d'études, d'ailleurs il ne parle pas de modèle d'étude mais de modèle de support. Il possède en effet une imprimante 3D dont le fonctionnement se base l'impression de couches de résine polyamide. La précision de cette machine est de 45 μm donc nous pourrions être tenté de penser que la précision est équivalente voir légèrement meilleure que pour le plâtre mais le résultat final du modèle support est différente. Chaque couche de résine possède une précision de 45 μm donc la multiplication des couches engendrent des erreurs, de plus la résine est constituée de grains de polyamide laissant un espace entre chaque grains. C'est pour cette raison que l'état de surface est très mal retranscrit sur un modèle issu de l'impression 3D. Le plâtre est moins précis mais il est réalisé en une seule couche, l'état de surface sera plus visible. Le modèle support va servir pour vérifier les points de contacts, les limites, l'insertion et l'occlusion. Les deux autres technologies, à savoir la stéréolithographie et l'usinage ne sont ici pas utilisés pour réaliser le modèle support. L'usinage est le principe le plus précis pour la réalisation mais cela est trop onéreux avec trop de perte de matières. Il possède une machine de micro-fusion par frittage laser mais elle est utilisée pour la conception des armatures métalliques ou la réalisation des châssis métalliques.

Le laboratoire Bongert possède plusieurs logiciels de CFAO (3 Shape®, Sirona®, Exocad®, DentalWings® et Nobel®, seul ce dernier est fermé), leur permettant de visualiser la modélisation des volumes bucco-dentaires dans son format propriétaire et non forcément en format STL. Malgré la précision de l'empreinte optique (entre 10 et 30 μm), l'état de surface n'est que partiellement visible sur le logiciel. Les empreintes optiques ne représentent que 3% de leurs fichiers reçus, il dispose également de plusieurs scanners dont la précision oscille entre 2 et 15 μm afin de pouvoir faire de la CFAO indirecte. Les scanners sont ré-étalonnés tous les jours dus à la température de la pièce pouvant entraîner une distorsion du métal présent dans les scanners. Cela se fait avec l'aide d'une plaque de dilatation.

La CAO est réalisée selon le même principe que décrit précédemment, le fichier est envoyé à l'usine aux 5 axes. La précision est de 15 µm, comme pour les autres laboratoires les matériaux usinables sont la zircone, la cire, la résine et la PMMA. Les chapes E-max® sont sous traitées, de la même manière que le laboratoire Labodent, ils réalisent la chape en CAO et l'usine en résine avant de l'envoyer pour la presse du ligotin. Pour la chape zircone, il la sintérise selon le protocole du fournisseur avec un four étalonné en respectant les paliers de température. Une fois que l'armature zircone a la bonne dimension, un laborantin vérifie son adaptation au niveau des limites et s'il n'y a pas la présence de traces de fraises visible sur l'armature. La plupart du temps c'est le cas, la chape subit un sablage à 110 µm. Une poudre spécifique à la zircone servant de liant pour la future stratification est appliquée en une très fine couche avant une première cuisson. Le liant doit être réparti de manière la plus fine possible pour permettre une compression maximale. La stratification secondaire se fait avec des poudres spéciales zircone ou E-max® selon la céramique choisie pour la chape. Comme nous avons vu que le modèle imprimé ne pouvait pas servir de support pour l'analyse de l'état de surface, les macrophotographies sont obligatoires sinon le céramiste ne pourra se baser que sur la cartographie transmise par le dentiste. Il faut transmettre dans l'idéal une photographie avec les deux arcades, une photographie avec le sourire du patient et une photographie de Canine à Canine. Si la chape est constituée de céramique E-max®, il est judicieux de fournir également une photographie en noir et blanc pour la luminosité car la céramique est très translucide, et aussi une photographie avec la teinte choisie pour la future couronne, et une photographie de la teinte du moignon de la dent préparée pour indiquer au céramiste s'il doit diminuer ou non la translucidité. La stratification est réalisée selon un procédé similaire aux deux autres laboratoires, à savoir une masse donnant la préforme générale cuite selon le protocole du fournisseur puis les finitions avec les transparents, le maquillage. L'état de surface est reproduit avec une pièce à main et différents grains de fraises diamantées. Les stries horizontales sont faites en un seul jet. Les meules en caoutchouc vont servir à « lisser » pour accentuer les lignes de transitions et le bombé pour les rendre plus brillantes avant l'application du vernis et la cuisson de glasure. La température et la durée de cette cuisson vont influencer l'éclat donné à la dent, pour la rendre plus ou moins mate ou plus ou moins brillante.



fig. 38 : Stratification secondaire réalisée par la céramiste du laboratoire Bongert.

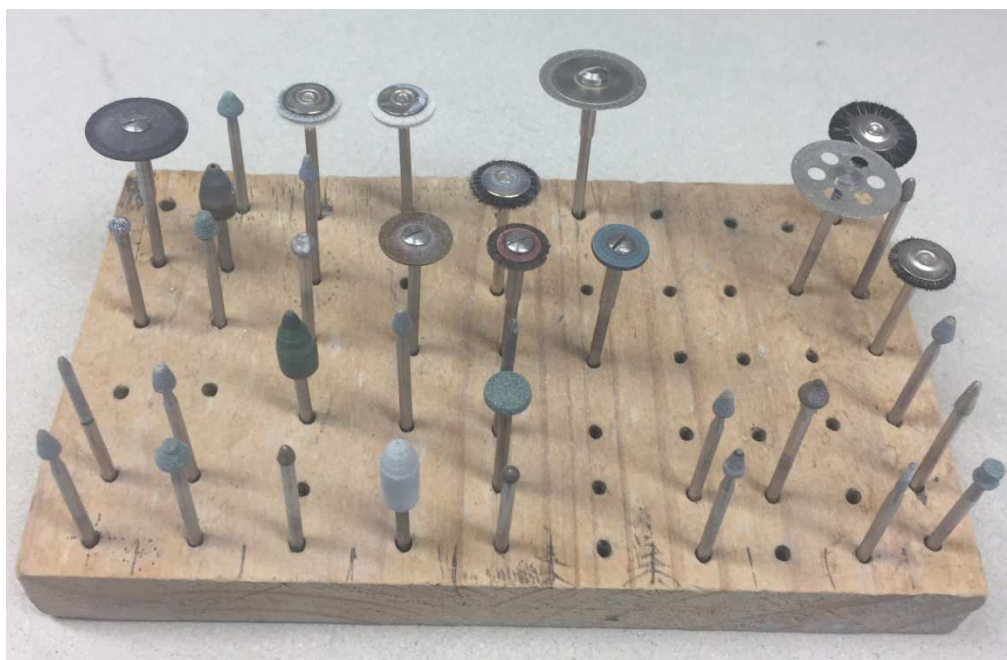


fig. 39 : Set de fraises permettant la reproduction de la macro et micro-géographie au laboratoire Bongert.

3.2.5 CFAO directe

En CFAO directe (ou chairside), l'intégralité du procédé se déroule au cabinet dentaire. L'acquisition se fait par une empreinte optique, qui est ensuite numérisée immédiatement. Le chirurgien dentiste modélise la pièce prothétique à l'aide d'un logiciel de CAO. L'usinage se fait sur place grâce à la machine outil, permettant ainsi d'obtenir une restauration prothétique définitive en une seule séance généralement, le tout par un traitement totalement numérique.

Le cabinet dentaire de La Flèche possède deux usineuses du système Cerec® au sein de leur structure ce qui permet aux chirurgiens dentistes de pratiquer la CFAO directe. On peut même parler de CFAO directe déléguée dans ce cas précis car une prothésiste est présente dans le cabinet dentaire même si la vraie définition consiste à envoyer l'empreinte numérique à un laboratoire extérieur, le prothésiste va réaliser la CAO puis envoyer le fichier au chirurgien dentiste afin d'usiner l'élément prothétique directement au cabinet. On parle également de Téléusinage pour cette pratique, le praticien réserve un créneau horaire pour son patient mais également au laboratoire de prothèse afin de recevoir la CAO pendant le laps de temps où le patient est présent au cabinet dentaire. Dans le cabinet de La Flèche, le chirurgien dentiste utilise l'Omnicam® pour faire son empreinte optique. La prothésiste procède au relevé de teinte et de l'état de surface puis conçoit la prothèse sur le logiciel InLab®. Pour une couronne antérieure, notre choix va se porter sur une céramique feldspathique de Vitabloc TriLuxe®. Le bloc correspondant à la teinte est usiné dans la machine outil Sirona inLab MC XL® dont la précision fournie par le constructeur est de 25 µm. La couronne usinée peut être essayée en bouche pour vérifier l'adaptation uniquement cervicale pour le dentiste mais pas occlusale car la céramique est trop fragile. La prothésiste va réaliser la première cuisson de la couronne selon les recommandations du fournisseur avant de procéder à un nouvel essai afin de réaliser le maquillage directement au fauteuil et de retranscrire l'état de surface à l'aide d'une pièce à main. La couronne est cuite une dernière fois avant d'être collée. Ce protocole est réalisable uniquement si le patient reste au fauteuil pendant l'intégralité du processus, si ce n'est pas le cas nous revenons sur un procédé similaire aux précédents, c'est-à-dire un relevé cartographique et des photographies.

Le défaut de cette technique en général, et dans le cas de cette structure malgré la présence d'une prothésiste, est l'impossibilité de réaliser une stratification secondaire dû à l'absence de modèle physique. Pourtant, la prothésiste possède une formation pour utiliser la technique du « cut-back » consistant à la réduction de l'épaisseur de la couronne (épaisseur correspondant à la couche d'émail) puis à un montage de céramique cosmétique. Cette technique nécessite également un modèle physique. Pour remédier à ce défaut, ils ont décidé d'investir dans une imprimante 3D Form 2[®] de chez FormLabs dont la précision fournie par le constructeur est de 140 µm.

Voici le protocole pour la réalisation d'une couronne esthétique au cabinet dentaire de La Flèche :

- Prise de la teinte le jour de la présentation du devis pour être sur d'avoir le bloc de bonne teinte (Par la prothésiste)
- Préparation de la dent spécifique aux couronnes céramiques (Fraises à Jauge de chez NTI) (Par le dentiste et son AD)
- Prise de l'empreinte grâce à l'Omnicam Sirona (Par le dentiste et son AD)
- Modélisation de la couronne via le logiciel Inlab (Par la prothésiste)
- Validation avec le praticien et le patient de la modélisation
- Usinage de la couronne par l'usineuse MCXL Inlab
- Essayage de la couronne (Vérification de l'ajustage des limites et des points de contacts proximaux) (Par le dentiste assisté de la prothésiste)
- Maquillage au fauteuil (Par la prothésiste)
- Cuisson au four Ivoclar
- Essayage esthétique (Par le dentiste assisté de la prothésiste)
- Deuxième maquillage au fauteuil si besoin (Par la prothésiste)
- Essayage (Par le dentiste, la prothésiste ainsi que la patient)
- Préparation de la couronne (Mordançage et silanisation) (Par la prothésiste)
- Collage de la prothèse (Par le dentiste et son AD)
- Réglages occlusaux (Par le dentiste et son AD)
- Polissage avec meulette douce (Par le dentiste et son AD)
- Remercier le patient de sa patience.

Nous allons illustrer le relevé et la reproduction de l'état de surface dentaire par un cas clinique réalisé par le Dr GUIAS Charles au sein du centre de soins dentaires du CHU de Nantes.



fig. 40 a : Situation initiale (RMIPP réalisées)



fig. 40 b : Relevé de la macro et micro-géographie sur les dents controlatérales



fig. 40 c : Reproduction de l'état de surface sur les couronnes.



fig. 40 d : couronnes après travail des états de surfaces et maquillages



fig. 40 e : résultat esthétique des couronnes E-max® 22-23 en bouche

CONCLUSION

Pour obtenir un résultat esthétique se rapprochant le plus possible du naturel, nous avons des matériaux, des protocoles, des techniques nous permettant d'atteindre notre objectif. Malgré cette « uniformisation », chaque dentiste exercera sa profession d'une manière différente. Il en est de même pour les prothésistes. Nous devons être exigeants avec nous même mais également avec notre prothésiste. Une relation de confiance doit s'installer pour avoir une alliance thérapeutique permettant de nous sublimer mutuellement.

Cette dentisterie esthétique demande du temps au chirurgien-dentiste pour analyser au mieux tout les critères colorimétriques propre à chaque dent. Elle nous demande également un plateau technique conséquent. La capacité à analyser les informations transmises et à les reproduire demande un vrai savoir faire du prothésiste. Nous pouvons parler de la pratique de « l'art dentaire » pour cette dentisterie.

Chaque patient, chaque bouche, chaque dent est différente mais surtout chaque demande est différente. Doit-on reproduire une fêlure inesthétique ? Où doit s'arrêter l'imitation du naturel ? Quelles limites doit on se fixer ? Jusqu'où le prothésiste (et les nouvelles technologies) pourra-t-il reproduire le naturel ? Toutes ces questions trouveront surement des réponses dans les années à venir.

BIBLIOGRAPHIE

1. ABOUDHARAM G, CAUTAIN C.

Restauration en résine composite : forme et couleur.
Clinic 2010;**31**:595-603.

2. ATTAL JP, TIRLET G.

La CFAO appliquée à l'odontologie restauratrice et à la prothèse... .
Réal Clin 2009;**20**(4):215.

3. AUROY P, THEPIN JC, MARTIN E et coll.

Double mélange simultané : intérêt d'un nouvel élastomère de silicone. Comparaison avec les hydrocolloïdes.
Clinic 2003;**24**(10):637-645.

4. BARTHELEMY H, INCAU E, ETIENNE O.

La photographie numérique dentaire. 1 ère partie : la prise de vue.
Cah Prothèse 2011;**156**:19-33.

5. BEDOUIN Y, TRUCHOT-LENORMAND F, LECERF J et coll.

L'empreinte en prothèse fixée : comprendre ses erreurs pour réussir. 1 ère partie notions fondamentales.
Stratégie Prothétique 2010;**10**(4):249-260.

6. BENDEL W.

Mastering digital dental photography.
Barcelone: Quintessence Publishing, 2006.

7. BERGER E, MOUSSALLY C.

Interactions numériques : une nouvelle façon de communiquer entre praticiens et prothésistes.
Réal Clin 2015;**26**(4):294-303.

8. BERNARD C.

Restaurations antérieure en composite : le cadre palato-proximal, clé de la réussite de la stratification.
Clinic 2014;**35**:587-592.

9. BERTERETCHE MV.

Esthétique en odontologie.
Rueil Malmaison: CdP, 2014.

10. BERTHAULT GN, DURAND AL, LASFARGUES JJ et coll.

Les nouveaux composites : évaluation et intérêts cliniques pour les restaurations en technique directe.
Rev Odontostomatol 2008;**37**:177-197.

11. BLANK JT.

Esthetic anterior composite restorations.
Penn Well Publications supplement, september 2011.
<http://www.ineedce.com>

12. BUGUGNANI R, LANDEZ C.

Les empreintes en prothèse conjointe : stratégies cliniques, traitements de laboratoire.
Paris: Les Cahiers de Prothèse, 1979.

13. CAZIER S, ANTONIO LJ, MOUSSALLY C.

Restaurations adhésives esthétiques et CFAO.
Clinic 2015;**36**:73-77.

14. CEINOS R, DORICIC C, BERTRAND MF et coll.

Le maquillage des restaurations directes en résine composite.
Clinic 2016;**37**:69-79.

15. CHAUVEL B, TURPIN YL.

Les matériaux à empreinte.
Société Francophone de Biomatériaux Dentaires : Université Médicale Virtuelle Francophone, 2009.
<http://www.campus.cerime.fr/odontologie/enseignement/chap13/site/html/cours.pdf>

16. CHIEZE JB, CAZIER S, MOUSSALLY C.

Place de la CFAO directe en omnipratique. Quadrant, couronne, facette.
Réal Clin 2009;**20**(4):232-243.

17. CHOURAQUI JF, MOUSSALLY C.

Les différents systèmes d'empreinte optique : comment faire son choix ?
Réal Clin 2015;**26**(4):283-293.

18. CENTRE NATIONAL d'INNOVATION et de FORMATION des PROTHESISTES DENTAIRES-UNION NATIONALE PATRONALE des PROTHESISTES DENTAIRES.

Le guide de la CFAO dentaire, 2009.

<http://www.cnifdp.fr/guidecfao>

19. COMMISSION DES DISPOSITIFS MEDICAUX DE L'ADF.

Prises des teintes : des techniques conventionnelles aux techniques électroniques.

Paris: Dossiers de l'ADF, 2010.

20. COUDRAY L, ATTAL JP.

CFAO : ce qui change pour le prothésiste.

Réal Clin 2009;**20**(4):217.

21. DECERCLE N, TURPIN YL, DESA C et coll.

Le point sur la stratification esthétique des composites.

EDP Sciences, AOS 2011;256:341-352.

<http://www.aos-journal.org>

22. DEGRANGE M.

Les adhésifs qui requièrent un mordantage préalable sont-ils obsolètes ?

Inf Dent 2007;**89**(4):119-124.

23. DEGRANGE M.

Les systèmes adhésifs amélo-dentinaires.

Réal Clin 2005;**16**(4):327-348.

24. DE MARCH P, BARONE S.

Adapter sa technique d'empreinte à chaque situation clinique en prothèse fixée.

Stratégie Prothétique 2009;**9**(3):185-199.

25. DESCAMPS F.

Pratique de l'empreinte en prothèse fixée : du pilier naturel à l'implant.

Rueil Malmaison: CdP, 2012.

26. DEVIGUS A.

Le tout céramique sur les dents antérieures : l'embarras du choix.

Schweiz Monatsschr Zahnmed 2011;**121**(6):555-559.

27. DIETSHI D.

Layering concepts in anterior composite restorations.
J Adhesive Dent 2001;**3**(1):71-80.

28. DIETSHI D.

Masters of esthetic dentistry : bright and white : is it always right ?
J Esthet Rest Dent 2005;**17**(3):183-190.

29. DIETSCHI D.

Progrès significatifs dans la technique stratifiée des restaurations antérieures en composites.
Inf Dent 2002;**84**(3):127-131.

30. DURAND JC, JACQUOT B, POURREYRON L et coll.

Les hydrocolloïdes : de la structure aux applications cliniques.
Stratégie Prothétique 2011;**11**(2):79-90.

31. ELIE R.

Juste un peu de technique.
Stratégie Prothétique 2015;**15**(1):47-55.

32. ELIE R, MARECHAL H.

La photographie dentaire au quotidien, que faut-il faire et ne pas faire ?
Stratégie Prothétique 2015;**15**(1):39-46.

33. FAGES M, BENNASAR B, RAYNAL J et coll.

L'empreinte optique intra-buccale en pratique quotidienne.
Stratégie Prothétique 2011;**11**(2):107-119.

34. FRADEANI M.

Réhabilitation esthétique en prothèse fixée. Volume 1 : analyse esthétique : une approche systématique du traitement prothétique.
Paris: Quintessence International, 2006.

35. FRADEANI M, BARDUCCI G.

Réhabilitation esthétique en prothèse fixée. Volume 2 : Traitement prothétique : une approche de l'intégration esthétique, biologique et fonctionnelle.
Paris: Quintessence International, 2009.

36. GILLET S.

Colorimétrie, 2008.

<http://perso.latribu.com/shagar/steve/pdf/colorimetrie.pdf>

37. JEANNIN V.

Optimiser l'état de surface et le rendu esthétique des résines composites.
Clinic 2013;**34**:189-194.

38. JOINER A.

Tooth colour : a review of the literature.
J Dent 2004;**32**(suppl 1):3-12.

39. JORDANA F, COLAT-PARROS J.

Substances à empreinte.
Encycl Méd Chir (Paris), Médecine Buccale, 28-225-B-60, 2015.

40. JORDANA F, DUPUIS V, COLAT-PARROS J.

Plâtres dentaires.
Encycl Méd Chir (Paris), Médecine Buccale, 28-430-C-10, 2013.

41. KANNENEGIESSER F, DE MARCH P.

Les modèles de travail en prothèse fixée : dispositifs et conception.
Stratégie Prothétique 2014;**14**(1):5-15.

42. KOUBI SA, BROUILLET JL, FAUCHER A et coll.

Nouveaux concepts en dentisterie esthétique.
Encycl Méd Chir (Paris), Médecine buccale, 28-745-M-10, 2008.

43. KOUBI SA, FAUCHER A.

Restaurations antérieures directes en résine composite : des méthodes classiques à la stratification.
Encycl Méd Chir (Paris), Médecine Buccale, 28-725-V-10, 2008.

44. KOUBI SA, MARGOSSIAN P, WEISROK G et coll.

Restaurations adhésives en céramique : une nouvelle référence dans la réhabilitation du sourire.
Inf Dent 2009;**91**(8):363-374.

45. KUHN G, COLON P.

Composite antérieurs : technique de stratification simplifiée.
Réal Clin 2003;**14**(4):409-421.

46. LACOSTE-FERRE MH, DANDURAND J, BLANDIN M et coll.

Quels élastomères pour quelles empreintes ?
Cah Prothèse 2006;**136**:51-58.

47. LANDWERLIN O, FAGES M.

L'empreinte optique : silence on tourne !
Stratégie Prothétique 2014;**14**(2):115-128.

48. LASFARGUES JJ.

Les résines composites : application en dentisterie restauratrice.
Paris: SNPMD, 2007.

49. LASFARGUES JJ, COLON P.

Odontologie conservatrice et restauratrice Tome 1 : une approche médicale globale.
Paris: CdP, 2009.

50. LASSERRE JF.

Forme et harmonie de l'incisive centrale.
Inf Dent 2008;**90**(41):2469-2474.

51. LASSERRE JF.

Les sept dimensions de la couleur des dents naturelles.
Clinic 2007;**28**:431-440.

52. LASSERRE JF, POP IS, D'INCAU E.

La couleur en odontologie. Déterminations visuelles et instrumentales.
Cah Prothèse 2006;**135**:1-15.

53. LASSERRE JF, VIET PV, CHEVALIER JM.

Restaurations céramiques du secteur antérieur : évolution et révolution dans les concepts.
Stratégie Prothétique 2005;**5**(4):247-260.

54. LAUNOIS C, MARECHAL H.

L'illusion du naturel avec IPS Empress Esthetic.
Stratégie Prothétique 2006;**6**(1):5-11.

55. LAWS R.

The autor's guide to controlling the photograph.
J Prosthet Dent 2001;**85**(3):213-218.

56. MAGNE P, BELSER U.

Restaurations adhésives en céramique sur dents antérieures : approche biomimétique.
Paris: Quintessence International, 2003.

57. MARGOSSIAN P, LAURENT M, LACROIX P et coll.

Quels sont les avantages des distributeurs automatiques de matériaux d'empreinte ?
Stratégie Prothétique 2004;**4**(5):343-348.

58. MONTENERO J.

La CFAO indirecte dans un laboratoire de prothèse.
Réal Clin 2009;**20**(4):257-263.

59. MOUNT GJ, HUME WR.

Préservation et restauration de la structure dentaire. 1 ère ed.
Bruxelles: De Boeck Université, 2002.

60. MOUSSALLY C, COUDRAY L, TIRLET G et coll.

CFAO : ce qui change pour le praticien.
Réal Clin 2009;**20**(4):216.

61. NICOULES L, DECUP F.

Evaluation des restaurations antérieures composites. Revue de littérature.
Clinic 2015;**36**:585-591.

62. OUDIN GEDREL A, ALLARD Y, LEHMANN N et coll.

Collage en odontologie.
Encycl Méd Chir (Paris), Médecine Buccale, 28-425-C-10, 2015.

63. PARIS JC, BENTOLILLA JL, DEJOU J et coll.

Sourires de star et nombre d'or.
Inf Dent 2004;**86**(2):69-78.

64. PARIS JC, FAUCHER AJ.

Le guide esthétique. Comment réussir le sourire de vos patients.
Paris: Quintessence International, 2003.

65. PETITJEAN B.

La photo dentaire en bref.
Stratégie Prothétique 2015;**15**(1):13-25.

66. PIETTE E, GOLDBERG M.

La dent : normale et pathologique.
Bruxelles: De Boeck Université, 2001.

67. PLARD H, PERRIN J, LANCE G et coll.

Photographie des modèles et des petites pièces. Comment mettre en valeurs nos travaux ?
Stratégie Prothétique 2015;**15**(1):27-37.

68. RASKIN A.

Les résines composites.
Société Francophone de Biomatériaux Dentaires : Université Médicale Virtuelle Francophone, 2009.
<http://www.campus.cerimes.fr/odontologie/enseignement/chap10/site/html/cours.pdf>

69. RASKIN A, LEHMANN N.

Résines composites en technique directe. Propriétés, intérêts et indications cliniques.
Cah Prothèse 2009;**148**:23-37.

70. RASKIN A, SALOMON JP, SABBAGH J.

Les résines composites : classification/évolution.
Réal Clin 2006;**16**(4):297-318.

71. RIZZO D, MONLEAU JD.

Incisive centrale en céramique. Gestion de la forme et de la couleur.
Quintessence Int Prothèse Dent 2015;**4**:273-277.

72. ROUX T, CAZIER S, CHERON R.

La stratification des composites esthétiques. Quelle méthode pour quel résultat ?
Inf Dent 2012;**94**(27):2-6.

73. TAPIE L, LEBON N, ATTAL JP.

La chaîne numérique en CFAO dentaire en prothèse conjointe. Structuration de la chaîne de production.
Réal Clin 2015;**26**(4):263-273.

74. THEPIN JC, AUROY P, MARTIN E et coll.

L’empreinte en double mélange : putty or not putty ?
Stratégie Prothétique 2004;**4**(5):369-374.

75. THON S.

Physique de la lumière.
IUT Aix-Marseille Université, 2013.
<http://www.iut-arles.univ-provence.fr>

76. TIRLET G, ATTAL JP.

Le gradient thérapeutique un concept médical pour les traitements esthétiques.
Inf Dent2009;**91**(41/42):2561-2568.

77. TRILLER M.

Histologie dentaire.
Paris: Masson, 1987.

78. VANINI L.

Conservative composite restorations that mimic nature.
J Cosmetic Dent 2010;**3**(26):80-101.

79. VANINI L.

Light and color in anterior composite restorations.
Pract Periodont Aesthet Dent 1996;**8**(7):673-682.

80. VANINI L.

Technique de stratification anatomique. Restaurations en résine composite des secteurs antérieurs.
Inf Dent 2006;**88**(37):2291-2299.

81. VANINI L, MANGANI FM.

Determination and communication of color using the five color dimensions of teeth.
Pract Proced Aesthet Dent 2001;**13**(1):19-26.

82. VREVEN J, RASKIN A, SABBAGH J et coll.

Résines composites.
Encycl Méd Chir (Paris), Médecine Buccale, 23-065-E-10, 2005.

83. WEISROCK G, KOUBI SA, PIGNOLY C et coll.

Les restaurations antérieures en résine composite : simplicité et fiabilité d'une technique.

Clinic 2011;**32**:143-148.

84. WEISROCK G, MERZ R, KOUBI SA et coll.

Restaurations du secteur antérieur en résine composite.

Inf Dent 2010;**92**(7):14-19.

85. WEISROCK G, MERZ R, ORTET S et coll.

Clonage artificiel de l'émail, à propos d'un nouveau composite.

Inf Dent 2009;**91**(35):2020-2026.

TABLE DES ILLUSTRATIONS

- fig.1 : schéma de Munsell permet de décrire la couleur dans un espace trichromatique, l'axe correspond à la luminosité, le rayon à la saturation et « l'angle » à la teinte par (36)
- fig. 2 : échelle des luminosités et saturations par F. Bodic
- fig.3 : sphère chromatique CIE L*a*b par profil-couleur.com
- fig.4 : espace rhomboïde des dents naturelles, proche du blanc et de l'axe des jaunes et rouges par (52)
- fig. 5: les différents effets d'optiques de réflexion et de transmission illustrés par la stratification des tissus dentaires par (51)
- fig. 6 : Une dent jeune à émail peu usé présente des effets translucides importants du bord incisif par (51)
- fig. 7 : coupes d'émail photographiées, en réflexion lumineuse l'émail a un aspect bleuté et en transmission lumineuse l'émail est rouge – orangé par (51)
- fig. 8 : cette coupe d'incisive centrale maxillaire éclairée en lumière ultra-violette montre sa fluorescence bleutée, notamment forte au niveau de la dentine par (51)
- fig. 9 : réflexion diffuse de la lumière par les macro et microreliefs de la dent par F. Bodic
- fig. 10 : Caractérisation blanche d'hyper fluorose sur la face vestibulaire d'incisive par (51)
- fig. 11 : dimensions et proportions moyennes de l'incisive centrale maxillaire par (34)
- fig. 12a: dents jeunes caractérisées par une macrogéographie de surface riche en stries et fossettes. A noter les bords incisifs translucides et bleutés par(51)
- fig. 12b: dents âgées présentant un aspect de surface lisse et une usure abrasive ainsi qu'une teinte beaucoup plus saturée par (51)
- fig. 13 : schéma du trajet de la lumière dans la dent naturelle par Dr F. Bodic
- fig. 14 : schéma de la longueur focale par sony.net
- fig. 15 : différence entre une longueur focale de 100 mm et 60 mm, les canines apparaissent plus imposantes en 60mm par Dr Steve Benero
- fig. 16 : Exemples d'ouverture du diaphragme par tutophotos.com
- fig. 17 : Exemples de profondeur de champ par sony.net
- fig. 18: Exemple d'un flash annulaire pour macrophotographie par zone-numérique.com
- fig. 19 : Exemple d'un flash asservi déporté par nikon.fr
- fig. 20 : Exemple d'un contrasteur par nichrominox.fr
- fig. 21 : Exemple d'un relevé de couleur d'un praticien, d'après Ortet (2005)
- fig. 22 : Le relevé de couleur d'un prothésiste, d'après JM Etienne (2005)
- fig. 23a: aspect vitreux de la jonction composite/émail naturel par (85)
- fig. 23b : le rayon lumineux réfracté est identique dans l'émail naturel que dans le composite HRI par (85)
- fig. 23c : le joint composite HRI/émail naturel est invisible par (85)

fig. 24 : Schéma de la stratification classique en 2 couches. La couche de masse dentinaire (B) est recouverte par une masse incisale transparente (I/T) par (27)

fig. 25 : Schéma de la stratification classique en 3 couches. La couche de masse dentinaire (D) est recouverte par une couche de masse émail (E) puis d'une masse incisale transparente (I/T) par (27)

fig. 26 : Représentations schématiques du concept moderne en 3 couches par (43)

fig. 27 : Représentation schématique de la stratification sans émail palatin par (45)

fig. 28 : Mise en évidence de la forme et de la taille du bord incisif (à gauche), des contours du corps dentinaires et ses mamelons (au milieu) et des caractérisations du bord libre (à droite) par (78)

fig. 29 : Reconstruction des murs palatin et interproximaux amélaire par (78)

fig. 30 : Corrélation entre la taille de la cavité et le nombre de masses dentinaires à appliquer par (78)

fig. 31 : Stratification complète du cœur dentinaire par (78)

fig. 33 : Masse émail vestibulaire appliquée par (78)

fig. 33 : Représentation des lignes de transitions (à gauche) ainsi que la macro et micro-géographie (à droite) par (78)

fig. 34 : Polissage de la restauration avec la brosse et les pâtes de 3 microns (à gauche) et 1 microns (à droite) par (78)

fig. 35 : Résultat final après lustrage par (78)

fig. 36 : Représentation des différentes CFAO par fil dentaire

fig. 37 : Observation de la micro-géographie sur le modèle en plâtre, d'après Ubassy.

fig. 38 : Stratification secondaire réalisée par la céramiste du laboratoire Bongert (photographie de S. Clemot)

fig. 39 : Set de fraises permettant la reproduction de la macro et micro-géographie au laboratoire Bongert (photographie de S. Clemot)

fig. 40 a : Situation initiale (RMIPP réalisées) par Dr C. Guias

fig. 40 b : Relevé de la macro et micro-géographie sur les dents controlatérales par Dr C. Guias

fig. 40 c : Reproduction de l'état de surface sur les couronnes par Dr C. Guias

fig. 40 d : Couronnes après travail des états de surfaces et maquillages par Dr C. Guias

fig. 40 e : Résultat esthétique des couronnes E-max® 22-23 en bouche par Dr C. Guias

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

Vu le Président du Jury,

Le Doyen
Pr. Yves AMOURIQ

Vu et permis d'imprimer

Vu le Doyen,

Le Doyen
Pr. Yves AMOURIQ

Y. AMOURIQ

CLEMOT (Simon). – Esthétique et biomimétique : importance de l'enregistrement et de la reproduction de l'état de surface.

-119f. ; 40 ill. ; tabl. ; 85 ref. ; 30 cm (Thèse : Chir. Dent. ; Nantes ; 2017)

RESUME

De nos jours, la quête du naturel est constamment recherchée par nos patients. L'amélioration de nos techniques et des matériaux permet au praticien de mimer les caractéristiques de la dent naturelle tout en garantissant l'intégration mécanique, biologique et esthétique à l'organe dentaire.

L'état de surface dentaire fait partie d'un ensemble de paramètres très important à analyser. Sa reproduction en dentisterie conservatrice ou sa transmission au prothésiste sont des points clés dans la réussite esthétique et mimétique de la reconstitution dentaire.

RUBRIQUE DE CLASSEMENT : Odontologie Restauratrice

MOTS CLES MESH

Dentisterie esthétique – Esthetics, dental

Biomimétique - Biomimetics

Photographie dentaire – Photography dental

Matériaux dentaires – Dental materials

JURY

Président : Professeur Amouriq Y.

Assesseur : Docteur Jordana F.

Assesseur : Docteur Prud'homme T.

Directeur : Docteur Bodic F.

Invité : Docteur Lanoiselée E.

ADRESSE DE L'AUTEUR

10 Boulevard Général De Gaulle – 49100 Angers

simon.clemot@gmail.com