

UNIVERSITE DE LILLE
FACULTE DE CHIRURGIE DENTAIRE

Année de soutenance : 2020

N°:

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

Présentée et soutenue publiquement le 03 DECEMBRE 2020

Par Anthony ROSSEEL

Né le 08 JANVIER 1993 à Roubaix – France

LE PROTOCOLE E-LAB : RELEVÉ ET TRANSMISSION DE TEINTE AUTOUR D'UN
CAS CLINIQUE UNITAIRE EN SECTEUR ESTHÉTIQUE

JURY

Président :	Monsieur le Professeur P. BEHIN
Assesseurs :	Monsieur le Docteur J. VANDOMME
	Monsieur le Docteur P. BOITELLE
	<u>Monsieur le Docteur A. DEMETRIOU</u>

Président de l'Université	:	Pr. J-C. CAMART
Directeur Général des Services de l'Université	:	M-D. SAVINA
Doyen	:	E. BOCQUET
Vice-Doyen	:	A. de BROUCKER
Responsable des Services	:	S. NEDELEC
Responsable de la Scolarité	:	M. DROPSIT

PERSONNEL ENSEIGNANT DE L'U.F.R.

PROFESSEURS DES UNIVERSITES :

P. BEHIN	Prothèses
T. COLARD	Fonction-Dysfonction, Imagerie, Biomatériaux
E. DELCOURT-DEBRUYNE	Professeur Emérite Parodontologie
C. DELFOSSE	Responsable du Département d' Odontologie Pédiatrique
E. DEVEAUX	Dentisterie Restauratrice Endodontie

MAITRES DE CONFERENCES DES UNIVERSITES

K. AGOSSA	Parodontologie
T. BECAVIN	Dentisterie Restauratrice Endodontie
A. BLAIZOT	Prévention, Epidémiologie, Economie de la Santé, Odontologie Légale.
P. BOITELLE	Prothèses
F. BOSCHIN	Responsable du Département de Parodontologie
E. BOCQUET	Responsable du Département d' Orthopédie Dento-Faciale Doyen de la Faculté de Chirurgie Dentaire
C. CATTEAU	Responsable du Département de Prévention, Epidémiologie, Economie de la Santé, Odontologie Légale.
X. COUTEL	Biologie Orale
A. de BROUCKER	Fonction-Dysfonction, Imagerie, Biomatériaux
M. DEHURTEVENT	Prothèses
T. DELCAMBRE	Prothèses
F. DESCAMP	Prothèses
M. DUBAR	Parodontologie
A. GAMBIEZ	Dentisterie Restauratrice Endodontie
F. GRAUX	Prothèses
P. HILDELBERT	Responsable du Département de Dentisterie Restauratrice Endodontie
C. LEFEVRE	Prothèses
J.L. LEGER	Orthopédie Dento-Faciale
M. LINEZ	Dentisterie Restauratrice Endodontie
T. MARQUILLIER	Odontologie Pédiatrique
G. MAYER	Prothèses
L. NAWROCKI	Responsable du Département de Chirurgie Orale Chef du Service d'Odontologie A. Caumartin - CHRU Lille
C. OLEJNIK	Responsable du Département de Biologie Orale
P. ROCHER	Fonction-Dysfonction, Imagerie, Biomatériaux
L. ROBBERECHT	Dentisterie Restauratrice Endodontie
M. SAVIGNAT	Responsable du Département des Fonction-Dysfonction, Imagerie, Biomatériaux
T. TRENTESAUX	Odontologie Pédiatrique
J. VANDOMME	Responsable du Département de Prothèses

Réglementation de présentation du mémoire de Thèse

Par délibération en date du 29 octobre 1998, le Conseil de la Faculté de Chirurgie Dentaire de l'Université de Lille a décidé que les opinions émises dans le contenu et les dédicaces des mémoires soutenus devant jury doivent être considérées comme propres à leurs auteurs, et qu'ainsi aucune approbation, ni improbation ne leur est donnée.

Aux membres du jury,

Monsieur le Professeur Pascal BEHIN

Professeur des Universités – Praticien Hospitalier des CSERD

Section Réhabilitation orale

Département Prothèses

Docteur en Chirurgie Dentaire

Docteur de l'Université Paris DESCARTES (Paris V – mention Odontologie)

C.E.S de Parodontologie

C.E.S de Prothèse Fixée

C.E.S de Biomatériaux

Habilitation à Diriger des Recherches

Vous me faites l'honneur de présider ce jury et je vous en remercie. Vous êtes pour moi un exemple de sérieux et de perfectionnisme dans l'accomplissement de l'art dentaire. Veuillez trouver, dans ce travail, le témoignage de mon profond respect et de mon admiration.

Monsieur le Docteur Jérôme VANDOMME

**Maître de Conférences des Universités – Praticien Hospitalier
des CSERD**

*Section Réhabilitation Orale
Département Prothèses*

Responsable du département Prothèses
Docteur en Chirurgie Dentaire
Docteur en biologie de l'Université de Lille 2
Maitrise des Sciences Biologiques et Médicales
Master 2 Biologie & Santé – Lille 2

Vous avez spontanément accepté de siéger au sein de ce jury de thèse et je vous en remercie. C'est avec plaisir que j'ai pu partager une partie de mes études à vos côtés notamment en clinique. La qualité de vos enseignements, votre rigueur et votre implication sont un exemple pour moi. Soyez assuré de ma sincère reconnaissance et de tout mon respect.

Monsieur le Docteur Philippe BOITELLE

**Maître de Conférences des Universités – Praticien Hospitalier
des CSERD**

Section Réhabilitation Orale

Département Prothèses

Docteur en Chirurgie Dentaire

Maîtrise de Sciences Biologiques et Médicales

Master 2 recherche mention « Biologie Santé »

Ancien Assistant Hospitalo-Universitaire des CSERD (sous-section de prothèse)

*Vous avez sans hésitation accepté de faire
parti de mon jury de thèse et je vous en
remercie. Votre intérêt scientifique et votre
motivation à suivre l'évolution de la
dentisterie sont des exemples pour les
jeunes praticiens.*

Monsieur le Docteur Alexandre DEMETRIOU

**Maître de Conférences des Universités – Praticien Hospitalier
des CSERD**

Section Réhabilitation Orale

Département Dentisterie Restauratrice Endodontie

Docteur en Chirurgie Dentaire

Certificat d'Etudes Supérieures d'odontologie chirurgicale - Lille

Tu as tout de suite accepté de diriger cette thèse, avec une disponibilité et une passion tout au long de son développement qui m'ont rendu le travail bien plus agréable que je n'aurais pu l'espérer. Un immense merci pour ça et pour ce cas clinique qui nous a demandé énormément d'énergie et d'implication et pour lequel tu as tellement donné. Tu as mon respect et ma gratitude éternelle.

Table des matières

Introduction	11
1. Critères de réussite d'une prothèse fixée unitaire en secteur esthétique.	13
1.1. Critères mécaniques.....	13
1.1.1. Points de contact.....	13
1.1.2. Intrados.....	13
1.1.3. Adaptation cervicale	13
1.1.4. Occlusion.....	13
1.1.5. Intégration intra-arcade	14
1.2. Critères biologiques.....	14
1.3. Critères esthétiques.....	14
1.3.1. La forme	14
1.3.1.1. La macro-géographie.....	14
1.3.1.2. Volume de la dent	15
1.3.1.3. Alignement des courbes	15
1.3.1.4. Le bord libre	15
1.3.1.5. Zones de transition	15
1.3.1.6. Intégration dans les différentes courbes anatomiques	15
1.3.2. La couleur.....	15
1.3.2.1. Teinte	16
1.3.2.1.1. Classification de Munsell	16
1.3.2.1.2. Classification CIE L*a*b*	17
1.3.2.2. Translucidité/opacité.....	18
1.3.2.3. Stratification	18
1.3.2.4. Brillance/Luminance.....	18
1.3.2.5. Fluorescence	18
1.3.2.6. Opalescence.....	19
1.3.2.7. Caractérisations.....	19
2. Les méthodes de relevé de teinte actuelles	21
2.1. La communication dentiste-prothésiste.....	21
2.2. Les biais externes.....	21
2.2.1. L'observateur.....	21
2.2.2. Lumière.....	22
2.2.3. Objet.....	22
2.3. Les outils	22
2.3.1. Le teintier.....	22
2.3.2. Les machines de mesures.....	24
2.3.3. La photographie.....	26
3. Le protocole e-LAB	31
3.1. Matériel & méthodes.....	31
3.1.1. Le boîtier réflex	32
3.1.2. L'objectif macro.....	33
3.1.3. Le flash	33
3.1.4. Charte de gris neutre.....	33
3.1.5. Le filtre polarisé	35
3.1.6. Les logiciels Adobe Lightroom© & e-LAB_pilot©	35

3.2.	Première étape au cabinet	36
3.2.1.	Photographie	36
3.2.2.	Envoi au prothésiste	37
3.3.	Deuxième étape au laboratoire	37
3.3.1.	Traitement de l'image	37
3.3.2.	Relevé de la teinte	39
3.3.3.	Montage de l'élément prothétique	41
3.3.3.1.	Matériel	41
3.3.3.2.	Lingotin	42
3.3.3.3.	Dentine.....	42
3.3.3.4.	Email.....	43
3.3.3.5.	Pilier dyschromié.....	43
3.3.4.	Essayage virtuel	44
3.4.	Discussion	46
3.4.1.	La déshydratation	47
3.4.2.	Les compétences photographiques du praticien	47
3.4.3.	Les compétences informatiques du prothésiste	47
3.4.4.	Le métamérisme.....	47
3.4.5.	Les compétences du céramiste.....	47
3.4.6.	L'investissement financier.....	48
3.4.7.	La formation.....	48
3.4.8.	Limite dans le choix des céramiques.....	48
3.4.9.	Une approche récente	48
4.	Cas clinique	50
5.	Fiche technique.....	57
	Conclusion	60
	Table des figures	61
	Table des tableaux.....	63
	Références bibliographiques	64
	Annexes.....	69

Introduction

Aujourd'hui, l'exigence esthétique des patients vis-à-vis de leurs traitements est de plus en plus importante. Le résultat final est constamment amélioré avec l'essor du numérique et l'amélioration des matériaux d'empreintes et de restauration. Le challenge repose sur la qualité visuelle du soin en respectant les principes de biomimétisme, qui consiste à reproduire et imiter artificiellement les procédés de la nature dans les organismes vivants.

Parmi tous les critères de réussite d'une prothèse fixée en secteur esthétique, la forme et la teinte de la restauration sont ceux retenus par nos patients.

On parle en odontologie de teinte et non de couleur, car à celle-ci s'ajoute toute une géographie histo-anatomique donnée par la stratification des différents tissus dentaires ainsi que leurs capacités de transmission/réflexion lumineuse.

Le choix et la transmission de la teinte est une étape clé et complexe pour le couple praticien-prothésiste, car la dent naturelle est complexe, et de nombreux biais de mesure, d'interprétation et de reproduction existent avec les méthodes actuelles.

L'étude de *Tin-Oo MM et coll.* en 2011 a montré que l'erreur de teinte était la principale cause d'insatisfaction des patients. Actuellement la méthode de référence consiste à associer la photographie et l'utilisation de teintiers. Peut-on alors améliorer les résultats de la prise de teinte avec une méthode plus fiable et reproductible ?

Hein S, Tapia J et Bazos P ont alors développé un nouveau concept : le protocole e-LAB, qui est un outil numérique complémentaire permettant d'atténuer les biais par des mesures plus précises et objectives de la teinte.

Pour cela, il faudra dans un premier temps présenter les principaux critères de réussite d'une prothèse fixée en secteur esthétique que sont la forme et la teinte. Ensuite, nous passerons en revue les méthodes actuelles pour le relevé et la transmission de la teinte, en identifiant leurs avantages et leurs inconvénients qui limitent le rendu esthétique final. Enfin, nous présenterons le protocole e-LAB en expliquant pourquoi et comment les biais décrits précédemment sont neutralisés ou diminués. Un cas clinique personnel viendra illustrer et mettre en pratique ce protocole. Des fiches pratiques destinées au chirurgien-dentiste et au céramiste seront développées.

1. Critères de réussite d'une prothèse fixée unitaire en secteur esthétique

De nombreux critères sont requis pour assurer la réussite d'une restauration prothétique. En secteur esthétique, la **couleur** et la **morphologie** sont primordiales.

1.1. Critères mécaniques

L'ensemble de ces critères est à respecter pour assurer la pérennité de la restauration.

1.1.1. Points de contact

Ils doivent impérativement présenter la même intensité que les dents naturelles. Ils sont en général situés dans le tiers occlusal et vestibulaire. Leurs morphologies dépendent du patient et de son âge. Ils vont conditionner les embrasures et donc le contrôle de plaque[1,2].

1.1.2. Intrados

La restauration doit s'insérer à frottements doux. Il est nécessaire d'avoir un espace libre d'épaisseur homogène pour laisser place au ciment de scellement ou au matériau d'assemblage[3].

1.1.3. Adaptation cervicale

Il faut vérifier l'adaptation à la préparation dans le sens vertical mais aussi dans le sens horizontal. Cela va conditionner la pérennité du joint dento-prothétique et donc le respect de l'espace biologique[3,4].

1.1.4. Occlusion

La restauration doit présenter une intensité en occlusion statique comme en dynamique similaire au reste de l'arcade dentaire, pour assurer sa pérennité et éviter les interférences pouvant la fragiliser. Un mauvais réglage de l'occlusion peut engendrer des problèmes articulaires et posturaux à plus ou moins long terme[5].

1.1.5. Intégration intra-arcade

Cette intégration intra-arcade a un rôle aussi bien esthétique que mécanique en évitant les interférences en occlusion dynamique. Elle permet de respecter l'homothétie de la dent initiale[3].

1.2. Critères biologiques

Dans le cas de restaurations esthétiques, on travaille avec des céramiques stratifiées (de type vitrocéramique et/ou céramique feldspathique). La céramique a l'avantage de présenter en odontologie les meilleures propriétés en terme de biocompatibilité, il s'agit du matériau le plus bio-inerte[6,7].

1.3. Critères esthétiques

1.3.1. La forme

L'anatomie de la dent est la résultante d'une multitude de formes superposées en harmonie.

1.3.1.1. La macro-géographie

La macro-géographie correspond à l'état de surface (fig.1) : les lobes/lobules, les bombés, la présence de fêlure entre autres[8].



Figure 1 - Vue frontale de couronnes céramo-céramiques sur modèle en plâtre[9].

On observe bien ici l'état de surface qui n'est pas lisse, avec la présence de lobules séparés par des concavités.

1.3.1.2. Volume de la dent

Le volume global de la dent est défini en fonction de la dent adjacente ou controlatérale, il s'agit d'un critère de forme essentiel[10].

1.3.1.3. Alignement des courbes

L'alignement vestibulaire est important d'un point de vue esthétique mais également fonctionnel. Le patient ressentira immédiatement avec la langue la différence en cas de mauvais alignement. L'alignement des collets est un critère esthétique important et nécessite parfois une chirurgie muco-gingivale ou des greffes pour obtenir un résultat esthétique global satisfaisant.

On observe différentes dispositions, soit avec un alignement global qui est sensiblement parallèle à la ligne du sourire, soit un alignement inconstant mais égal pour les dents controlatérales[11].

1.3.1.4. Le bord libre

L'alignement des bords libres ainsi que leur épaisseur participent à l'esthétique mais aussi à la fonction[10].

1.3.1.5. Zones de transition

Il s'agit des arrondis proximaux qui sont la jonction entre les faces proximales et le bord libre. Ainsi que les angles de raccordement qui sont la jonction entre les faces vestibulaires et proximales[10].

1.3.1.6. Intégration dans les différentes courbes anatomiques

Il est nécessaire d'intégrer les restaurations dans les différentes courbes (Courbe de Spee, de Wilson/Monson...) pour qu'elles soient adaptées à leurs environnements[12].

1.3.2. La couleur

La couleur est défini comme un état colorimétrique donné par la partie réfléchi de la source lumineuse sur un objet. La teinte en chirurgie dentaire est plus complexe que cela, c'est une association de couleurs variant selon la localisation de la dent et la lumière.

1.3.2.1. Teinte

Pour la teinte, il existe 2 classifications principales :

- La classification de Munsell ;
- La classification CIE L*a*b.

1.3.2.1.1. Classification de Munsell

La première classification des couleurs a été faite par Munsell en 1915. Les teintiers utilisés en chirurgie dentaire se réfèrent à cette classification qui décrit le caractère tridimensionnel de la couleur[13].

Cette classification situe une couleur dans un espace chromatique géométrique cylindrique (fig.2) composé :

- d'un axe vertical qui représente la luminosité ;
- des rayons du cylindre qui vont définir la saturation ;
- de la circonférence du cylindre qui va définir la tonalité.

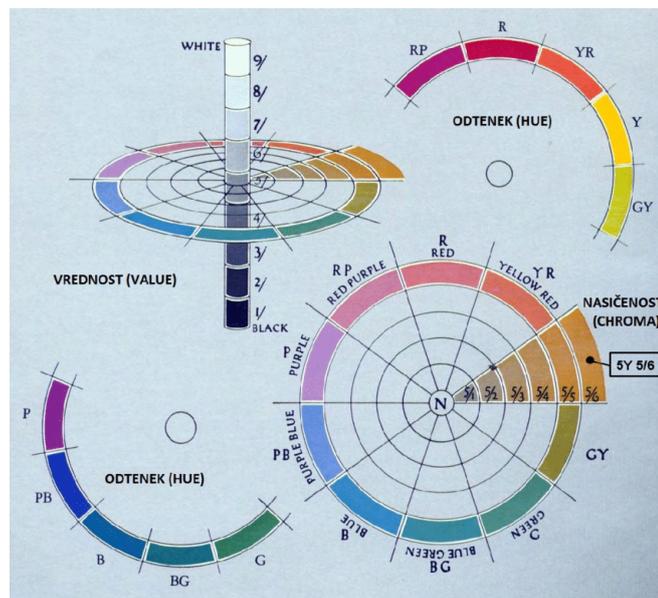


Figure 2 - Illustration du cylindre chromatique de Munsell[14].

Ce sont ces variables qui vont définir la teinte de la dent :

- La luminosité = niveaux de gris, de blanc à noir ;
- La saturation = l'intensité chromatique ;
- La tonalité = la couleur, la teinte (est-ce qu'elle tend vers le rouge, vers le jaune, vers le bleu...).

1.3.2.1.2. Classification CIE L*a*b*

Il s'agit là d'une lecture mathématique, et donc objective, de la couleur. Ce référentiel est créé en 1976 par la Commission Internationale de l'éclairage (CIE) pour développer un modèle de représentation des couleurs selon une sphère (fig.3), qui caractérise alors celles-ci avec :

- un paramètre d'intensité qui correspond à la luminosité
- deux paramètres chromatiques qui décrivent la couleur, avec des intervalles entre les couleurs qui correspondent aux capacités de différenciation de l'œil humain[13].

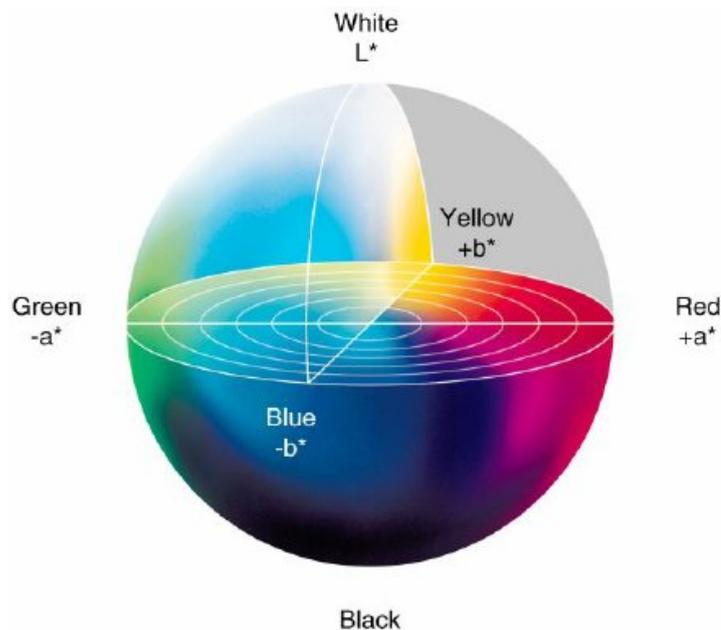


Figure 3 - Schématisation du système CIE L*a*b*[15].

Ainsi :

- la composante L^* correspond à la clarté, qui va de 0 (noir) à 100 (blanc) ;
- la composante a^* correspond à l'axe de rouge en valeurs positives et de vert en valeurs négatives en passant par le gris à 0 ;
- la composante b^* correspond à l'axe de jaune en valeurs positives et de bleu en valeurs négatives en passant par le gris à 0.

En dentisterie, la palette de couleurs naturelles se situe toujours dans des valeurs positives. La couleur d'une dent se définit donc comme une combinaison de luminosité (L^*) plus ou moins importante, associée à une teinte (un chroma) composée de plus ou moins de rouge (a^*) et de plus ou moins de jaune (b^*) [16].

1.3.2.2. Translucidité/opacité

La translucidité c'est la capacité d'un matériau à laisser passer la lumière en la diffusant sans permettre la distinction de l'objet en arrière-plan. Elle dépend de la phase cristalline, la proportion de verre et l'épaisseur du matériau.

C'est ce qui donne le côté naturel de la dent, au niveau du bord libre et des zones proximales de façon très fréquente [17,18].

1.3.2.3. Stratification

Le noyau dentinaire, qui est plus opaque, donne la tonalité. L'émail qui est plus translucide est responsable des effets de luminosité, et des zones de translucidité souvent observées au bord libre (fig.4) ou sur les zones proximales[19].

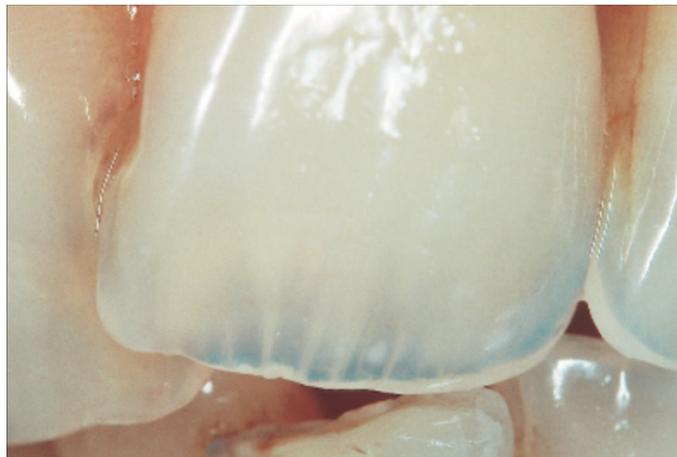


Figure 4 - Vue frontale d'un dent 21[20].

On observe bien la stratification, avec les mamelons dentinaires et la couche émail par-dessus. On observe bien ici la notion de translucidité.

1.3.2.4. Brilliance/Luminance

Elle dépend surtout de l'état de surface et de la macro-géographie. C'est l'intensité lumineuse selon un éclairage donné[21].

1.3.2.5. Fluorescence

C'est la capacité d'un corps, soumis à un rayonnement UV non visible, de réémettre cette lumière dans une bande spectrale visible de longueur d'onde courte. Les dents naturelles présentent une fluorescence nette blanc bleutée. C'est essentiellement la dentine qui est responsable de cette propriété.

Pour avoir cet effet de fluorescence, il est possible d'introduire dans la céramique des terres rares comme le thulium et le dysprosium[21,22].

1.3.2.6. Opalescence

C'est l'effet optique décrit par analogie à la pierre « opale ». En termes dentaires les cristaux d'hydroxyapatite ont le même comportement optique et donnent cette opalescence. Cet effet est retrouvé sur des dents jeunes à émail épais et peu usé[21,23].

En réflexion lumineuse l'opale réfléchit des longueurs d'ondes courtes d'où l'aspect bleuté, et en transmission lumineuse l'opale filtre les longueurs d'ondes courtes et ne laisse pas passer les longueurs d'ondes rouges-orangées.

1.3.2.7. Caractérisations

La caractérisation correspond à la macro-géographie, c'est la présence par exemple de taches de déminéralisations/fluoroses/alimentaires/tabagiques, de fêlures[21] (fig.5).

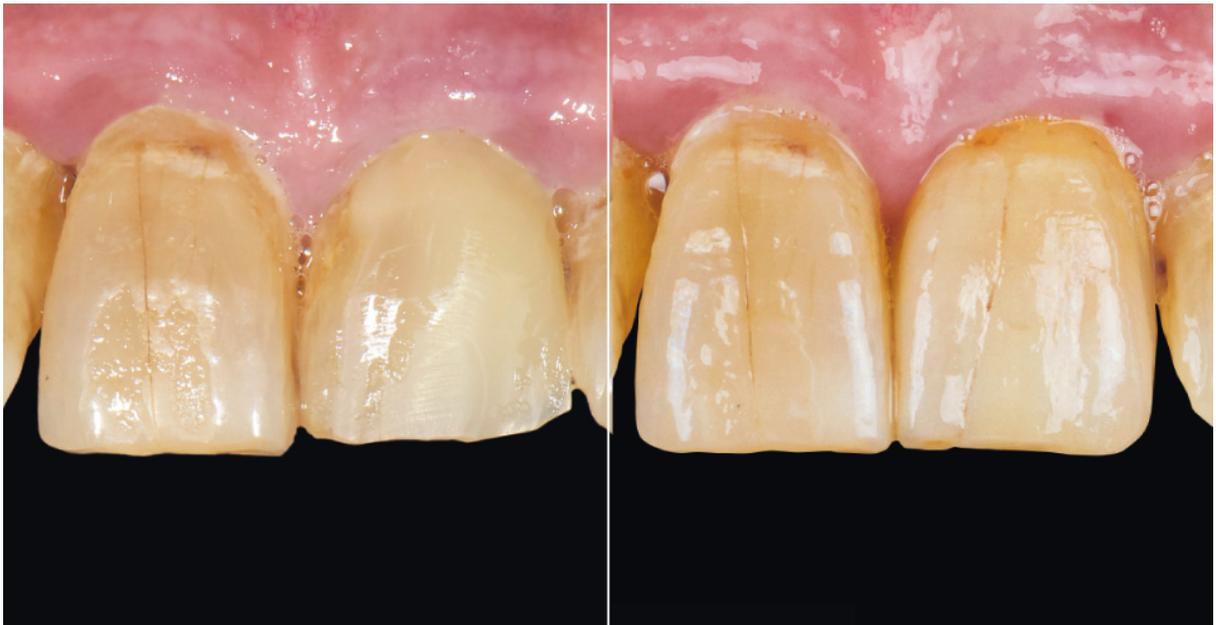


Figure 5 - Photo sans (à gauche) et avec restauration (à droite) sur 11[24].
Ici le prothésiste a reproduit les caractérisations de 11 sur la restauration en place de 21 (fêlure & tache tabagique).

En secteur antérieur, parmi les nombreux critères de réussite d'une prothèse fixée, deux d'entre eux sont d'une importance capitale pour le patient, de par la visibilité de la restauration et par conséquent de son interaction environnemental (relation sociale, confiance et estime de soi ...).

Il s'agit de la forme de la restauration et de sa teinte (en odontologie on ne parle pas de couleur, elle est bien plus complexe et ne peut se résumer à cela).

La prise de teinte est une étape assez redoutée par le chirurgien-dentiste de par sa complexité. Son importance est majeure dans le résultat esthétique de la restauration pour le patient.

De nombreuses études montrent la difficulté que représente le challenge de la reproduction de la teinte [25–27], tandis que d'autres montrent l'impact positif de la teinte des dents sur les personnes et les tiers. Celle-ci est le motif de consultation de nombreux patients [28,29].

En effet, une étude menée en 2011 par *Tin-Oo MM et coll.* a montré que parmi 235 patients, 52,8% n'étaient pas satisfaits par leurs apparences dentaires, dont 56,2% à cause de la teinte de leurs dents, et 30,6% des motifs d'insatisfaction étaient la présence de restaurations inesthétiques [30].

2. Les méthodes de relevé de teinte actuelles

Le chirurgien-dentiste dispose de nombreux procédés qui sont constamment améliorés et renouvelés pour faciliter le relevé et la transmission de la teinte avec le prothésiste.

2.1. *La communication dentiste-prothésiste*

Le modèle issu de l’empreinte ainsi que la photographie donnent toutes les informations nécessaires à la reproduction de la forme selon les dents adjacentes ou contralatérales. Il s’agit donc d’un paramètre qui est uniquement opérateur-dépendant (c’est à dire qui dépend des capacités techniques du prothésiste/céramiste), en partant du principe qu’il n’y ait pas de défauts d’empreinte ou d’erreurs lors de la prise de photographie.

La transmission des informations concernant la teinte est beaucoup plus complexe, de nombreux biais peuvent venir la compromettre. Il s’agit en effet d’un véritable défi prothésiste-dentiste.

2.2. *Les biais externes*

La prise de teinte est subjective dans le sens où elle dépend de 3 facteurs de perception : la lumière, l’objet et l’observateur.

La reproduction de la teinte transmise va alors dépendre de l’interprétation du prothésiste et de ses qualités techniques.

2.2.1. L’observateur

L’observation par le praticien est opérateur-dépendant. Elle est biaisée par le pouvoir de discrimination des couleurs de chacun, la présence de certaines anomalies de perception (daltonisme par exemple), mais également l’interprétation cérébrale. Contrairement à ce que l’on pourrait penser, notre œil ne voit pas la même couleur toujours de la même manière. L’environnement a une forte influence sur notre vision. Notre perception des couleurs est toujours faussée, parce que lorsque l’on regarde un objet, l’œil a tendance à "mesurer", à comprendre, à évaluer sa couleur en fonction de la scène qui l’entoure. Tout est affaire de contrastes. Il s’agit donc d’une variable très importante.

2.2.2. Lumière

La « couleur » est déterminée par la partie de la lumière non absorbée, qui est donc réfléchiée par l'objet (le reste étant absorbé par l'objet). Les variations de lumière vont donc influencer sur la couleur de l'objet.

2.2.3. Objet

Il s'agit du seul paramètre non variable, où il n'est donc pas nécessaire d'intervenir.

L'idéal dans une prise de teinte est donc de standardiser ces deux paramètres précédemment cités : la lumière et l'observation de l'objet.

2.3. Les outils

Cette prise de teinte dépend également de l'outil utilisé pour la déterminer. On en distingue alors 3 types principaux :

- le teintier
- les « machines de mesure » : colorimètres & spectrophotomètres
- La photographie

Il s'agit donc de repérer les inconvénients et défauts de chaque outil afin de trouver la méthode la plus fiable et reproductible pour optimiser la transmission d'information indispensable à une reproduction optimale de la teinte.

2.3.1. Le teintier

La méthode de relevé de couleur la plus fréquemment utilisée par les praticiens repose sur l'utilisation d'un teintier. Les teintiers pour céramiques les plus répandus sont le Vita Classical et le Vita 3D Master (fig.6) (construit par famille de luminosité et non de nuance chromatique). Hormis les poudres céramiques de la société Vita, le teintier « Classical » sert de référence à tous les autres fabricants de céramique.

Tableau 1 - Avantages des teintiers

AVANTAGES	
Pour le praticien	- Ne nécessite aucune formation supplémentaire après les études de chirurgie dentaire ; - Rapidité d'exécution.
Financier	Faible coût (le moins onéreux des systèmes de prise de teinte).
Pour l'environnement	Matériel très peu encombrant.
Pour le prothésiste	- Tous les prothésistes disposent de ce matériel ; - Pas de formation supplémentaire nécessaire.

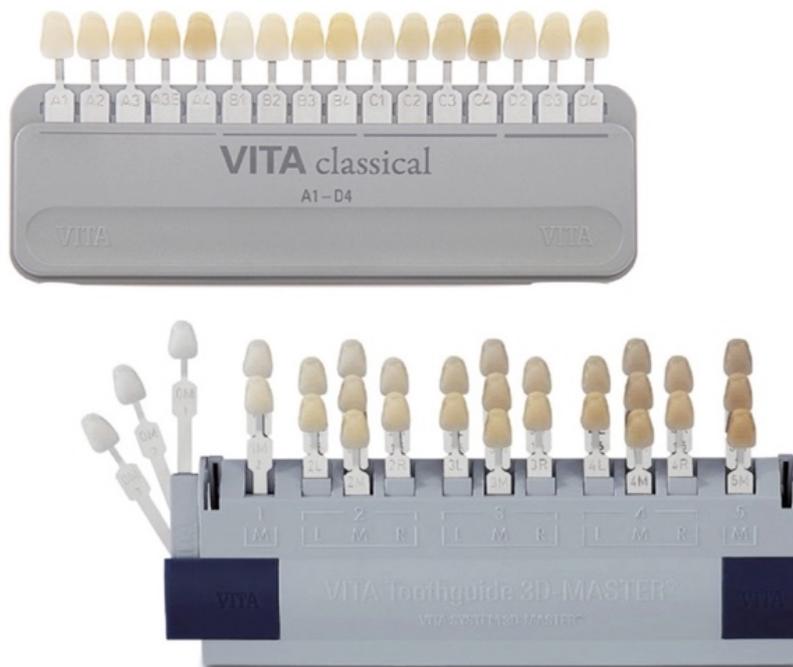


Figure 6 - Teintier VITA Classical (en haut) et 3D Master© (en bas)[16].
Les teintiers de référence les plus répandus, en matière de relevé de couleur pour communiquer avec le céramiste, sont le Vita Classical et le Vita 3D Master.

Tableau 2 - Inconvénients des teintiers

INCONVENIENTS	
Dû au praticien	<ul style="list-style-type: none">- Dépend de ses capacités visuelles [31,32], rendant l'interprétation subjective et donc opérateur dépendant ;- Fatigue visuelle.
Dû à l'environnement	<ul style="list-style-type: none">- Couleurs des murs du cabinet (qui faussent les « mesures » par l'œil) ;- Lumière ambiante variable.
Dû au teintier	<ul style="list-style-type: none">- Intervalle de progression entre les échantillons adjacents qui n'est pas uniforme [33,34] ;- intervalle de progression illogique [35,36] ;- ne présente pas une couverture constante de toutes les couleurs retrouvées sur les dents naturelles entraînant des erreurs d'évaluation [18,34,37].
Dû au fabricant	<p>Des différences de couleur ont été mises en évidence, pour une même référence, sur deux teintiers différents chez un même fabricant [38].</p>
Dû au prothésiste	<p>Interprétation et reproduction de la couleur au laboratoire totalement liées à l'expérience et au sens artistique du prothésiste [39].</p>

De plus, l'utilisation du teintier ne permet pas de communiquer la géographie de la dent (zones de translucidité/opacité, stratification, caractérisation ...). Il est alors indispensable de joindre un schéma dentaire au prothésiste, ou une photographie de la dent adjacente/controlatérale.

2.3.2. Les machines de mesures

On ne se penche ici que sur le spectrophotomètre (fig.7) car différentes études montrent sa supériorité en terme de précision et de reproductibilité dans le temps comparée aux colorimètres sensibles au vieillissement de la lumière source.

Les valeurs issues des études de *Kröger et coll.* en 2015 [40] et *Kim-Pusateri et coll.* en 2009 [41] confirment la meilleure efficacité de la méthode instrumentale (spectrophotomètres) par rapport à la méthode visuelle (teintiers).

Tableau 3 - Avantages des spectrophotomètres

AVANTAGES	
Pour le praticien	<ul style="list-style-type: none"> - Mesure objective (pratique notamment pour les praticiens avec défaut de vision des couleurs comme les daltoniens par exemple) ; - Mesure reproductible ; - Facilité d'utilisation (formation relativement simple) ; - Rapidité d'exécution.
Par rapport à l'environnement	Pas d'influence de la lumière ambiante.
Pour le prothésiste	Transmission de l'information simple.



Figure 7 - EasyShade de Vita[42].
Spectrophotomètre parmi les plus répandus.

Tableau 4 - Inconvénients des spectrophotomètres

INCONVENIENTS	
Dû au praticien	- Apprentissage à la manipulation ; - Sensibles aux erreurs de positionnement de l'embout.
Dû au spectrophotomètre	- Mesure ponctuelle de la teinte de base en spot central pour la plupart ; - Encombrement et accessibilité mauvaise aux dents postérieurs pour la plupart ; - Cout financier.
Dû au prothésiste	Interprétation et reproduction de la couleur au laboratoire totalement liées à l'expérience et au sens artistique du prothésiste [39].

De plus, l'utilisation du spectrophotomètre ne permet pas, pour la majorité des modèles, de communiquer la géographie de la dent (zones de translucidité/opacité, stratification, caractérisation ...). Il est alors indispensable de joindre un schéma dentaire au prothésiste, ou une photographie de la dent adjacente/controlatérale.

Certains modèles permettent de joindre une photographie au prothésiste avec des fonctions de cartographie de la teinte/translucidité, le cout financier est alors relativement important, mais ils constituent une alternative efficace[43].

2.3.3. La photographie

Au fil des années la photographie a pris de plus en plus de place dans la transmission d'information au prothésiste (fig.8). Elle permet dans un premier temps de transmettre les informations géographiques (stratification, zone de translucidité, caractérisations ...). Elle peut bien sûr être utilisée également en association avec les nuanciers ou les spectrophotomètres.



Figure 8 – Photographie par le chirurgien-dentiste[44].

Elle s'est ensuite utilisée comme outil de transmission de la teinte, mais il faut alors utiliser en parallèle un élément du teintier qui sert de « calibration » pour le prothésiste.

Récemment, la précision des appareils photos, les objectifs, les filtres et les flashes (fig.9) ont évolués de manière à permettre la transmission de la teinte, avec des paramètres qu'il faut savoir régler comme :

- L'ouverture ;
- La vitesse ;
- Les ISO.



Figure 9 - Objectif macro (à gauche), flash double (au milieu), filtre polarisé (à droite)[45–47].

Tableau 5 - Les principaux paramètres d'un boîtier reflex

Type de fichier	RAW ou JPEG
Sensibilité (ISO)	Sensibilité à recevoir la lumière
Temps d'exposition (vitesse)	Il s'agit du temps où l'objectif capture l'image
Ouverture du diaphragme (f)	Permet de laisser entrer plus ou moins de lumière, et de régler la profondeur de champ
Type de flash	Simple flash, double flash, flash annulaire ...
Balance des blancs	Permet d'adapter la dominante de couleur à l'éclairage.

- **Diaphragme**

Plus son ouverture sera faible (plus F sera grand), plus la profondeur de champ (zone de netteté) sera importante, mais plus la photo sera sombre.

- **Temps d'exposition**

Plus il sera rapide, plus l'image sera figée. S'il est lent on aura donc en fonction de la mobilité des éléments un flou de bougé.

- **Sensibilité**

Plus elle sera élevée (nécessaire en cas de photo dans l'obscurité par exemple), plus la qualité sera dégradée (apparition de bruit).

Tableau 6 - Avantages de la photographie

AVANTAGES	
Pour le praticien	- Prise de teinte et schéma dentaire transmis en une seule photographie ; - Associable avec les autres méthodes (teintiers ou spectrophotomètres).
Pour le patient	Étape rassurante par le modernisme et l'investissement du praticien pour son image.
Pour le prothésiste	Il bénéficie d'un schéma dentaire réaliste et plus facilement interprétable (et plus ou moins de la teinte selon le protocole suivi par le praticien).

En odontologie, on utilise un flash annulaire, ou double flashes latéraux, nous n'avons donc pas besoin d'une grande sensibilité (ISO). Le temps d'exposition doit être assez court, l'effet de flou de bougé n'est pas recherché dans notre discipline. Empiriquement il est conseillé une vitesse de 1/125. Une ouverture de diaphragme assez faible est nécessaire pour avoir une profondeur de champ suffisante et éviter un flou autour du premier plan. La balance des blancs peut être réglée sur flash, mais les traitements post-acquisitions permettent maintenant de traiter cela secondairement, donc peu d'importance pour nous.

Réglages « de bases » en odontologie (résumé) :

- Diaphragme : F22 à F32 ;
- Vitesse 1/125 ;
- Sensibilités ISO 200 ;
- Balances des blancs réglée en automatique (peu d'importance).

Tableau 7 - Inconvénients de la photographie

INCONVENIENTS	
Dû au praticien	- Apprentissage à la manipulation important.
Dû au matériel	- Équipements nécessaires assez conséquents ; - Encombrement et poids de l'ensemble ; - Cout financier.
Dû au prothésiste	Interprétation et reproduction de la couleur au laboratoire totalement liées à l'expérience et au sens artistique du prothésiste [39].

Si on néglige l'aspect financier et formateur, on se rend compte que l'on a réussi à se débarrasser des inconvénients techniques et de subjectivité précédents. Cependant, un mauvais réglage de la balance des blancs peut erroner les informations (si elle n'est pas calibrée en post-traitement).

De même, une étude menée par *KIM E et coll.* en 2012 a montré que la réflexion spéculaire de l'émail (ou due à la salive) empêche la lecture de ces informations. On peut alors recourir à l'utilisation d'un filtre de polarisation croisée (fig.10).

La polarisation croisée permet alors d'objectiver la stratification de la dent en dissociant plus nettement la couche d'émail et la dentine, et de ce fait d'objectiver la teinte de la dentine sans l'influence de la luminosité de l'émail selon son épaisseur[48].

Cette étape supplémentaire rend donc le protocole plus chronophage.



Figure 10 - Photographie sans (à gauche) et avec (à droite) un filtre de polarisation[16].

On peut observer que l'objectivation de la teinte de la dentine ainsi que la stratification sont facilitées avec le filtre polarisé.

La photographie associée à un nuancier ou l'utilisation d'un spectrophotomètre est une méthode permettant d'obtenir un résultat reproductible tout en atténuant les biais pour transmettre la teinte au prothésiste.

Néanmoins, la photographie associée à un outil numérique : le e-LAB, permet d'apporter des informations plus précises et plus reproductibles concernant la teinte, et permet en plus d'atténuer les biais propre à l'interprétation du prothésiste grâce au logiciel associé, le eLAB_pilot, qui permet d'obtenir les doses exactes de poudre de céramique pour obtenir la teinte.

3. Le protocole e-LAB

A la vue de tous ces problèmes de communication, *Hein S, Tapia J et Bazos P* ont développé un concept qui standardise chaque étape de façon à avoir un protocole qui est facilement reproductible. Ces concepteurs ont non seulement mis en place un protocole clair et codifié pour analyser et relever la couleur, mais également un outil informatique incorporant un algorithme proposant au prothésiste les mélanges de poudres de céramiques grâce auxquels il peut obtenir la couleur finale escomptée.

Les derniers principaux inconvénients que nous avons retenus précédemment, à savoir la reproductibilité et l'interprétation subjective du prothésiste, sont alors évités.

La solution e-LAB se base sur les mesures de la couleur à travers le référentiel international $L^*a^*b^*$.

Ces composantes sont donc la base de l'algorithme utilisé par le logiciel pour calculer la teinte exacte, ainsi que les quantités de poudres nécessaires pour obtenir la teinte exacte de la céramique[49].

3.1. *Matériel & méthodes*

Afin de standardiser le protocole de manière à obtenir quelque chose de totalement reproductible, celui-ci est donc très strict pour obtenir le résultat le plus fiable possible. Ainsi, il est nécessaire pour systématiser l'approche de disposer d'un matériel minimum, avec un paramétrage précis :

- Boitier réflex ;
- Objectif macro ;
- Flash double latéral ;
- Charte de gris neutre ;
- Filtre polarisé ;
- Logiciels Adobe Lightroom & e-LAB_pilot.

3.1.1. Le boîtier réflex

Il est nécessaire de travailler en mode manuel et d'appliquer les réglages suivants (fig.11) :

- un enregistrement en fichier brut (RAW), et non compressé (JPEG) ;
- une sensibilité du capteur réglée sur un ISO de 100 ;
- une ouverture f de 22 pour une profondeur de champ suffisante, tout en laissant passer assez de lumière ;
- un temps d'exposition de 1/125 pour limiter l'effet de la lumière ambiante et assurer la synchronisation avec le flash. Étant donné qu'environ 40 % de la lumière provenant du flash est absorbée par les filtres il faut programmer ce flash en mode manuel avec une intensité maximale de 1:1 [50].

Le réglage de la balance des blancs n'a pas importance car elle sera calibrée en post-traitement, c'est à dire après la photographie.

Il est important de connaître la taille de capteur propre au boîtier (FX ou DX), car cela a son importance selon l'objectif macro associé pour se mettre à la bonne distance de travail.



Figure 11 - Photo des réglages sur un boîtier Reflex Canon© pour le protocole e-LAB (photo personnelle de l'auteur).

3.1.2. L'objectif macro

On utilise dans le cadre de la photographie en chirurgie dentaire des objectifs macro de 60 ou 105mm en général.

Selon le type de capteur propre au boîtier, DX ou FX (vu précédemment), il sera nécessaire de respecter une certaine distance de travail (fig.12) pour standardiser l'image adaptée à l'analyse colorimétrique pour le logiciel[49] :

Standardisation de l'image adaptée à l'analyse colorimétrique			
Taille du capteur numérique	Longueur focale de l'objectif	Rapport de reproduction	Distance entre le plan focal et l'objectif
Format plein (FX)	60 mm	1:1,6	24 cm
	105 mm	1:1,6	37 cm
Format réduit (DX)	60 mm	1:2,5	28 cm
	105 mm	1:2,5	45 cm

Figure 12 - Tableau décrivant la distance de travail selon le type de boîtier et le type d'objectif[16].

3.1.3. Le flash

L'utilisation de double flashes latéraux ou circulaire est le minimum requis en photographie dentaire. Le simple flash de l'appareil crée des jeux d'ombres incompatibles avec un bon rendu colorimétrique.

3.1.4. Charte de gris neutre

C'est la balance des blancs qui conditionne le rendu exact des couleurs[51,52]. Il s'agit d'un étalonnage du blanc pour compenser la température de la source de lumière. Cette balance des blancs peut être réglée en mode automatique sur l'appareil photo, mais elle présente alors des résultats aléatoires.

L'alternative est alors de la calibrer manuellement. Pour cela on peut procéder de 2 façons :

- Prendre en photo une charte de gris neutre 18%. On règle alors la balance des blancs en mode personnalisé en prenant cela en référence. Toutes les photos suivantes seront alors calibrées en fonction de cette charte, tant que la photo de référence sera dans la carte mémoire. La correction des couleurs a alors lieu dès l'enregistrement des photos.

Ce premier procédé est valable si l'éclairage reste exactement le même.

- Traiter à posteriori l'image avec un logiciel de post-traitement photographique. La balance est alors réglée en automatique. La charte de gris achromatique dont les coordonnées de couleurs $L^*a^*b^*$ sont connues (fig.13), qui sert de référence colorimétrique au logiciel, doit alors figurer sur la photo, pour définir la balance des blancs[53]. C'est cette méthode qui est utilisée dans le protocole e-LAB.



Figure 13 - Charte de gris neutre Emulation© dont les coordonnées de couleur $L^*a^*b^*$ sont connues (ici L^*79 ; a^*0 ; b^*0)[49].

La technique utilisée dans le protocole e-LAB est largement répandue en photographie professionnelle. De nombreux auteurs l'ont utilisé dans le passé pour corriger leurs photographies lors du relevé colorimétrique[53,54].

3.1.5. Le filtre polarisé

Comme expliqué précédemment, ce filtre sert à éviter l'enregistrement de la réflexion spéculaire de l'émail et du film salivaire présent sur les tissus intra-buccaux, de façon à objectiver l'observation de la répartition histo-anatomique de la dentine et de l'émail, ainsi que de la teinte dentinaire sans l'influence de la luminosité de l'émail. Son utilisation est aujourd'hui très simple avec des systèmes aimantés qui sont juste à déposer sur l'objectif et le/les flash(s).

3.1.6. Les logiciels Adobe Lightroom© & e-LAB_pilot©

À ce stade, il est important de comprendre que l'information de couleur reçue par un appareil reflex numérique est propre à l'appareil considéré, et peut différer d'un appareil à l'autre. Ainsi, une bonne calibration et un bon ajustage de la couleur entre les différents appareils disponibles sur le marché sont nécessaires pour arriver à une gestion précise de la couleur [55].

Un grand nombre de travaux ont été réalisés en ce sens [56], aboutissant à l'élaboration de « profil de caméra » compatible avec la photographie dentaire. C'est pourquoi, en important le cliché au format RAW dans Adobe Lightroom Classic CC (ALCCC), il est nécessaire de choisir le profil correspondant au boîtier qui a été utilisé.

Le Logiciel e-LAB_pilot est utilisé en association, une fois le traitement de la photographie terminé.



Figure 14 - Visualisation de l'interface des logiciels Adobe Lightroom Classic CC (à gauche) et e-LAB_pilot (à droite) (photo personnelle de l'auteur).

3.2. Première étape au cabinet

La charge de travail dans le protocole e-LAB s'avère assez simple et légère pour le praticien. Elle se résume à la photographie et la transmission du fichier au prothésiste.

3.2.1. Photographie

Il est important de respecter tous les paramètres vus précédemment, donc de disposer du matériel nécessaire, avec un boîtier respectant les standards imposés par le protocole.

Les photos (avec et sans filtre de polarisation) doivent être prises au tout début de la séance car la déshydratation altère la teinte de la dent avec une amplitude maximale durant les 10 premières minutes [57].

La photo avec le filtre permet d'objectiver la teinte et la stratification, celle sans le filtre permet d'objectiver l'état de surface de la dent.



Figure 15 - Photographie prise avec un filtre polarisé et une charte de gris de coordonnées L^*a^*b connues[58].

C'est ce fichier, enregistré en format RAW, qui sera transféré au prothésiste. L'appareil photo doit être positionné perpendiculairement à la charte de gris (fig.15).

3.2.2. Envoi au prothésiste

La transmission au prothésiste est une étape non seulement très simple mais aussi très rapide, comme pour l'ensemble de la chaîne numérique. Il s'agit juste de transférer par mail ou par un site de transfert les fichiers RAW.

Il faudra bien évidemment lui transmettre les informations classiques (type de restauration souhaité, particularités ...), mais également le modèle précis d'appareil photo et d'objectif utilisés.

3.3. Deuxième étape au laboratoire

Il s'agit là de la partie la plus lourde et la plus technique du protocole.

3.3.1. Traitement de l'image

Il s'agit donc dans un premier temps de « calibrer » la photographie reçue. Tout d'abord, il faut importer le cliché au format RAW, puis choisir le profil d'objectif correspondant à l'appareil utilisé :



Figure 16 - Interface de ALCCC en mode "développement" (photo personnelle de l'auteur).

Une fois dans la rubrique « Développement », la colonne de droite propose parmi les nombreux paramètres modifiables les « corrections de l'objectif » (fig.16).

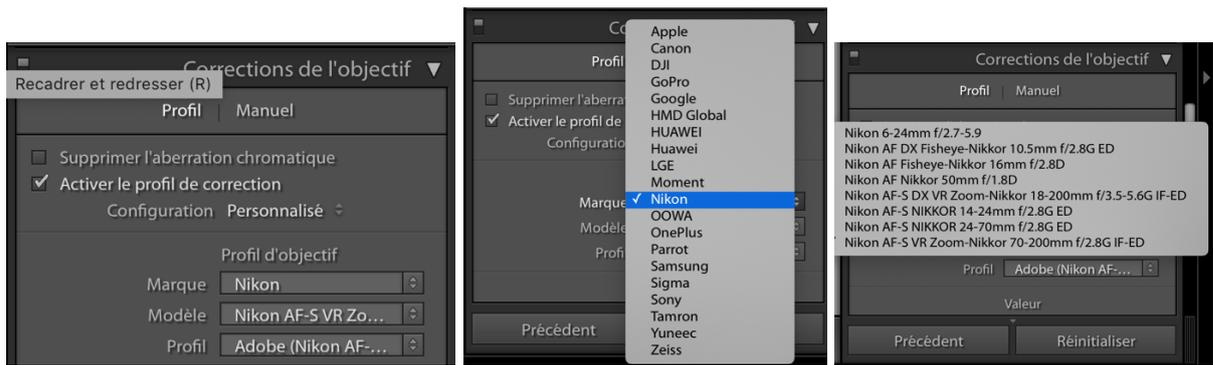


Figure 17 - Menus déroulants de l'onglet "corrections de l'objectif" dans ALCCC (photo personnelle de l'auteur).

On peut alors sélectionner dans les menus déroulants une marque d'appareil photo, puis l'objectif associé, parmi un large panel (fig.17).

Il s'agit maintenant de calibrer la balance des blancs. Il faut pour cela sélectionner, dans l'onglet « Réglages de base », la pipette de sélection de couleurs dans l'onglet « BB », puis cliquer sur la charte de gris neutre présent sur la photo (fig.18) :

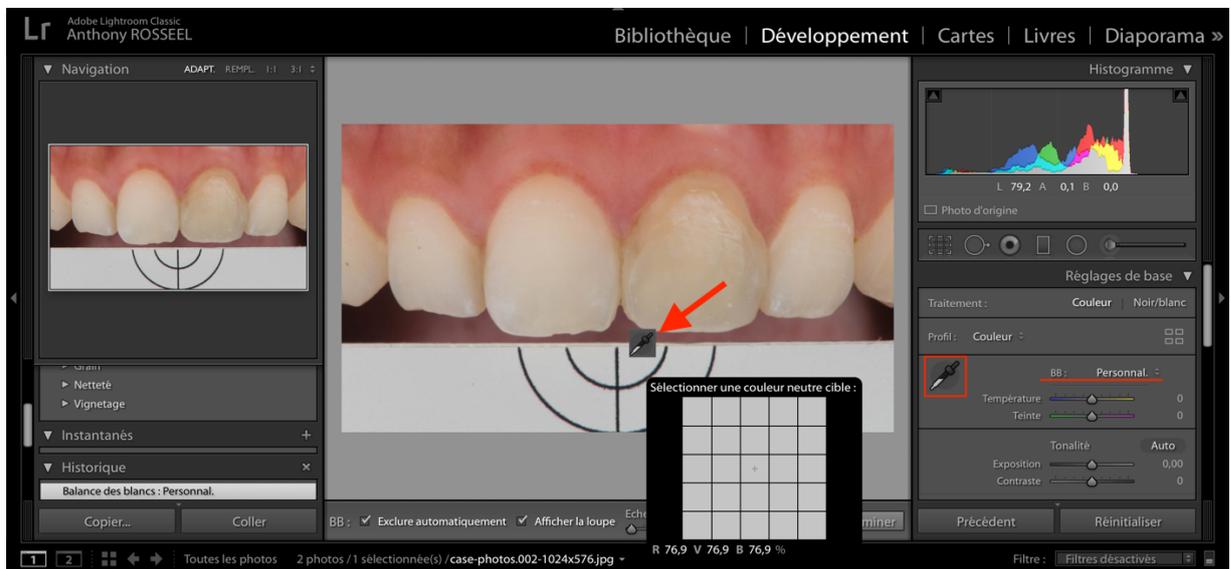


Figure 18 - Configuration de la balance des blancs dans ALCCC (photo personnelle de l'auteur).

On peut alors voir dans l'histogramme en haut à droite les coordonnées $L^*a^*b^*$. Si la composante L n'est pas égale à celle de la charte, on peut modifier manuellement l'exposition (rubrique « tonalité ») pour la calibrer. On place le curseur sur le gris de la charte pour observer les modifications apportées en temps réel (fig.19) :



Figure 19 - Réglage de la composante L en modifiant l'exposition dans ALCCC (photo personnelle de l'auteur).

Le traitement de la photo est maintenant terminé. Elle est prête à l'utilisation pour la suite du protocole.

3.3.2. Relevé de la teinte

La particularité ici, c'est que nous allons avoir le relevé de teinte exacte, du moins avec un delta erreur (Delta E) très faible, mais dans les coordonnées $L^*a^*b^*$ (ΔE est une mesure de la différence visuelle entre deux couleurs d'un espace colorimétrique).

C'est maintenant que le logiciel e-LAB_pilot intervient, puisque la photo étant calibrée d'un point de vue colorimétrique, il suffit de l'utiliser pour lire les coordonnées $L^*a^*b^*$ de la teinte souhaitée. L'algorithme du logiciel calcule alors, en fonction du type de céramique choisi par le prothésiste, les quantités de poudres nécessaires pour réaliser le mélange donnant la teinte qui a été mesurée.

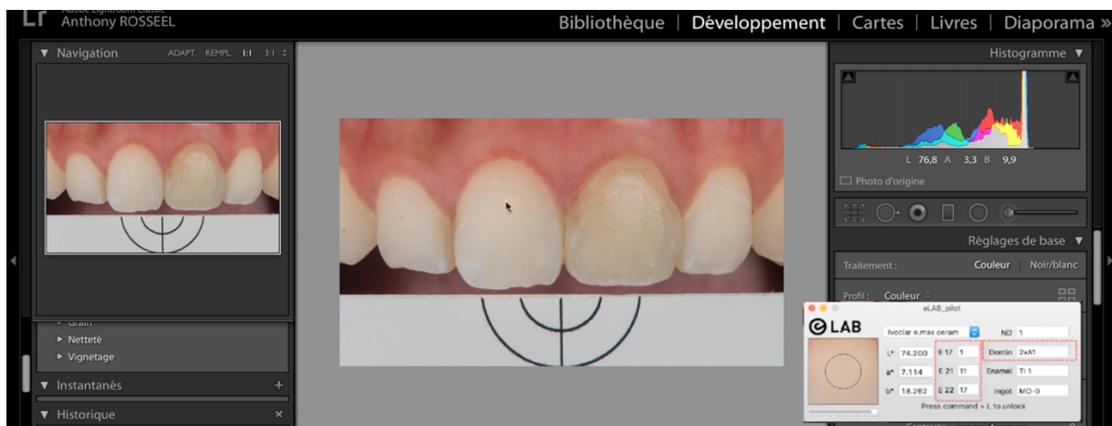


Figure 20 - Lecture du logiciel e-LAB_pilot de la teinte et calcul des quantités de poudres de céramique nécessaires (encadrées en rouge) (photo personnelle de l'auteur).

Pour donner le point de référence, il faut placer le curseur sur le point le plus lumineux de la dent référence, tout simplement en regardant la valeur la plus élevée de la composante L quand on survole la dent. Une fois ce point référence trouvé, il faut appuyer sur : Commande + « L » (fig.20).

Pour l'instant, le logiciel e-LAB_pilot ne propose qu'un choix de 3 céramiques différentes possibles (fig.21) :

- Creation Zi-CT ;
- GC Initial LiSi ;
- Ivoclar e.max Ceram.



Figure 21 - Kit céramique poudre/liquide : Ivoclar e.max (à gauche), GC initial LiSi (au milieu), Création Zi-CT (à droite)[59].

Le logiciel va alors donner, en fonction de chaque céramique, 3 éléments constituant la « recette » du montage prothétique : le lingotin, la teinte dentine et la teinte émail.

Pour le mélange de poudre dentine, 3 colorants IPS Ivocolor (fig.22) sont incorporés à la recette avec une quantité précise également :



Figure 22 - Colorants IPS Ivocolor©[60].

On aura alors pour chacun de ces éléments un type de poudre et sa quantité précise.

3.3.3. Montage de l'élément prothétique

Le travail du prothésiste est entièrement guidé par la lecture des informations et un kit instrumental de précision prévu à cet effet.

3.3.3.1. Matériel

Ce protocole a prévu, pour concorder parfaitement avec les informations du logiciel e-LAB_pilot, un set instrumental : le e-LAB_copilot instrument set (fig.23).



Figure 23 - e-LAB_copilot instrument set[61].

Ce kit comprend :

- La spatule à mélanger ;
- Le préleveur « D » destiné à doser les quantités de dentine ;
- Le préleveur « 5 » destiné à doser les colorants, qui équivaut donc à 5 doses ;
- Le préleveur « 1 » destiné à doser les colorants, qui équivaut donc à 1 doses.

Le logiciel et le set instrumental ne sont donc pas dissociables l'un de l'autre, c'est uniquement leur association qui va rendre la « recette » possible et précise.

3.3.3.2. Lingotin

Il s'agit de l'armature de la restauration (céramique pressée ou usinée). On a les informations d'opacité et de teinte à utiliser (fig.24) :

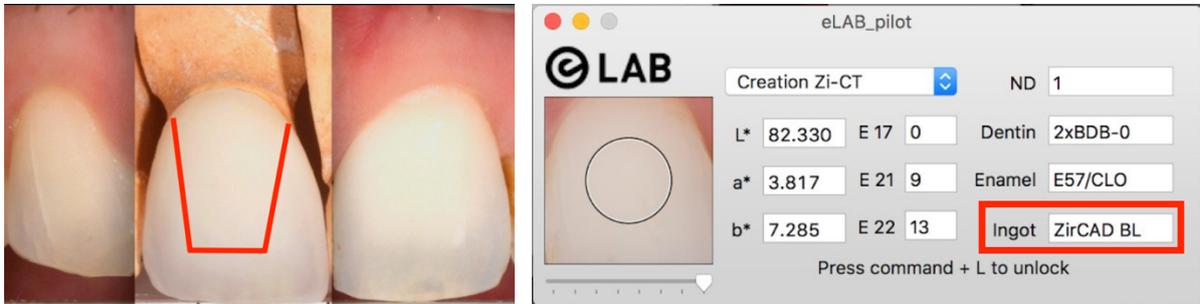


Figure 24 - Schématisation du lingotin dans la restauration (à gauche) & informations relatives sur e-LAB_pilot (à droite) (photo personnelle de l'auteur).
Dans cet exemple, l'opacité est décrite par LT (=Low Translucency) et la teinte par BL1.

3.3.3.3. Dentine

Le logiciel nous donne la quantité de chaque teinte de poudre de céramique de dentine à utiliser, ainsi que la quantité des colorants Ivocolor E17, E21 & E22 à y mélanger (fig.25) :

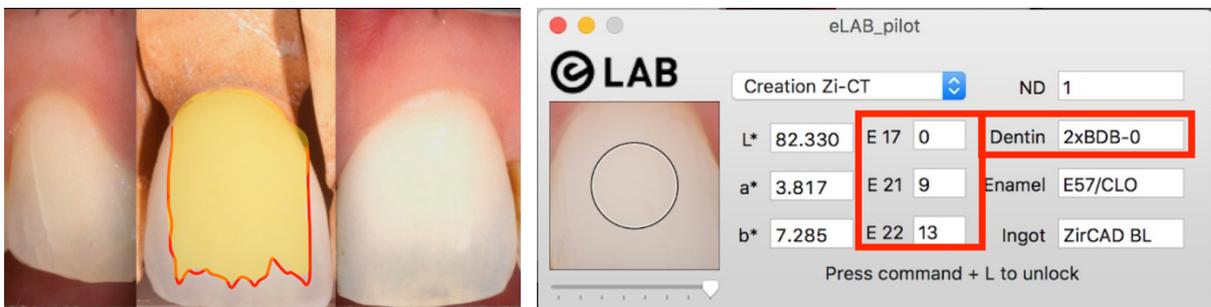


Figure 25 - Schématisation de la stratification de la dentine dans la restauration (à gauche) & informations relatives sur e-LAB_pilot (à droite) (photo personnelle de l'auteur).

Explication et raisonnement sur les colorants selon la classification CIE :

- E17 est un colorant gris pour jouer sur la luminosité (ce qui correspond à la composante L*) ;
- E21 est un colorant rouge et E22 un jaune (ce qui correspond aux valeurs positives des coordonnées a* et b*).

3.3.3.4. Email

Le logiciel nous donne la teinte et le type de poudre de céramique d'émail à utiliser (et dans de rare cas un colorant spécifique à rajouter) (fig.26) :

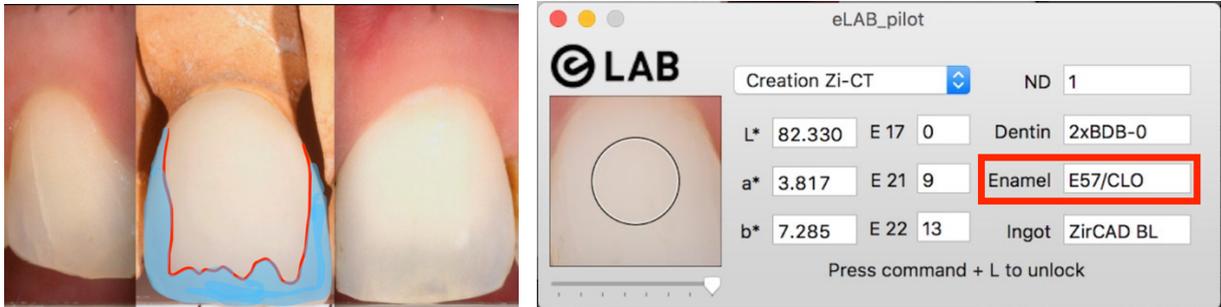


Figure 26 - Schématisation de la couche émail dans la restauration (à gauche) & informations relatives sur e-LAB_pilot (à droite) (photo personnelle de l'auteur).

3.3.3.5. Pilier dyschromié

En cas de pilier dyschromié, une fonction du logiciel permet de nous adapter à la situation. Il suffit alors de relever la teinte avec un teintier, le IPS Natural Die Material© (fig.27), pour déterminer la teinte du die.

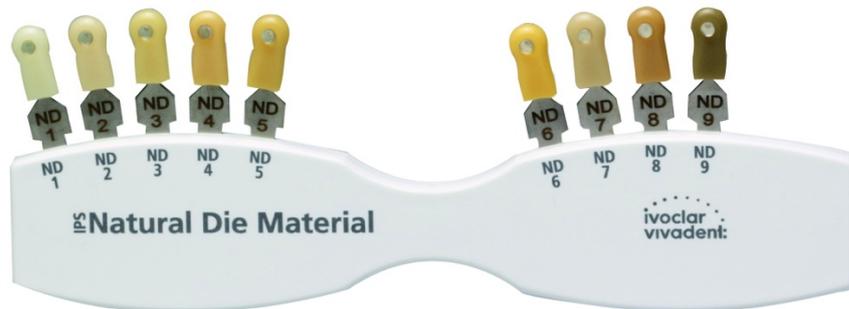


Figure 27 - Teintier IPS Natural Die Material©[62].

On peut alors reporter la valeur de la teinte relevée dans la case « ND » (fig.28), pour que la recette prenne en compte la dyschromie du pilier :

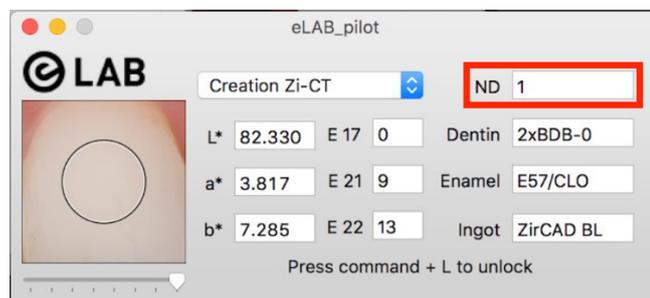


Figure 28 - Interface du logiciel e-LAB_pilot (photo personnelle de l'auteur).

3.3.4. Essaiage virtuel

L'avantage de cette méthode est de pouvoir réaliser un essaiage virtuel. Il suffit simplement de réaliser exactement le même protocole que vu précédemment, mais pour la restauration sur le modèle en plâtre (paramétrage du boîtier, filtre polarisé sur objectif macro, même charte de gris neutre, traitement de l'image sur ALCCC).



Figure 29 - Photo en bouche (à gauche) et du modèle en plâtre (à droite)[16].

Il s'agit donc simplement de superposer la partie de la photo du modèle en plâtre qui nous intéresse (la restauration), sur le premier cliché.

Pour cela il suffit juste de respecter certains pré-requis pour rendre cet essaiage le plus simple possible :

- Orienter les images selon une ligne horizontale (fig.30) passant par les mêmes repères (fonction « outil redressement » dans ALCCC) ;

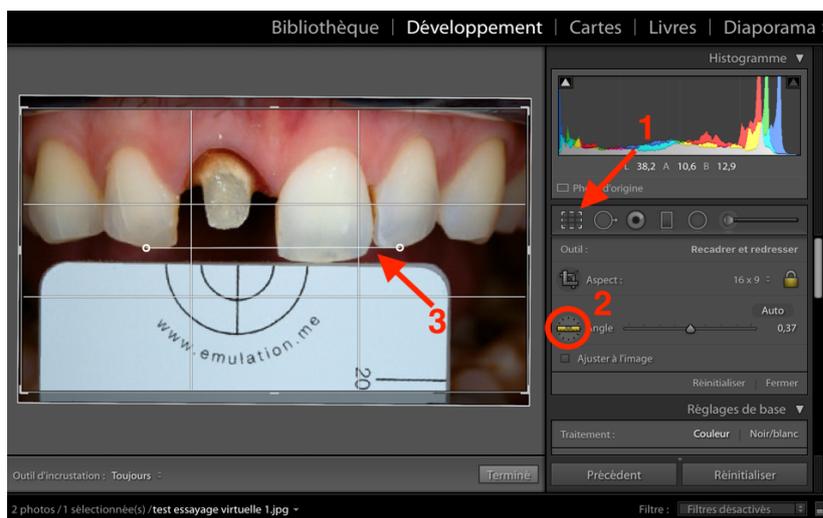


Figure 30 - Orientation selon une ligne horizontale choisie dans ALCCC (photo personnelle de l'auteur).

- Mettre les images au même format (1920x1080 par exemple) que la zone d'assemblage.

Une fois ces réglages effectués il suffit de recadrer la photo du modèle en plâtre sur les limites de la restauration (fig.31) :

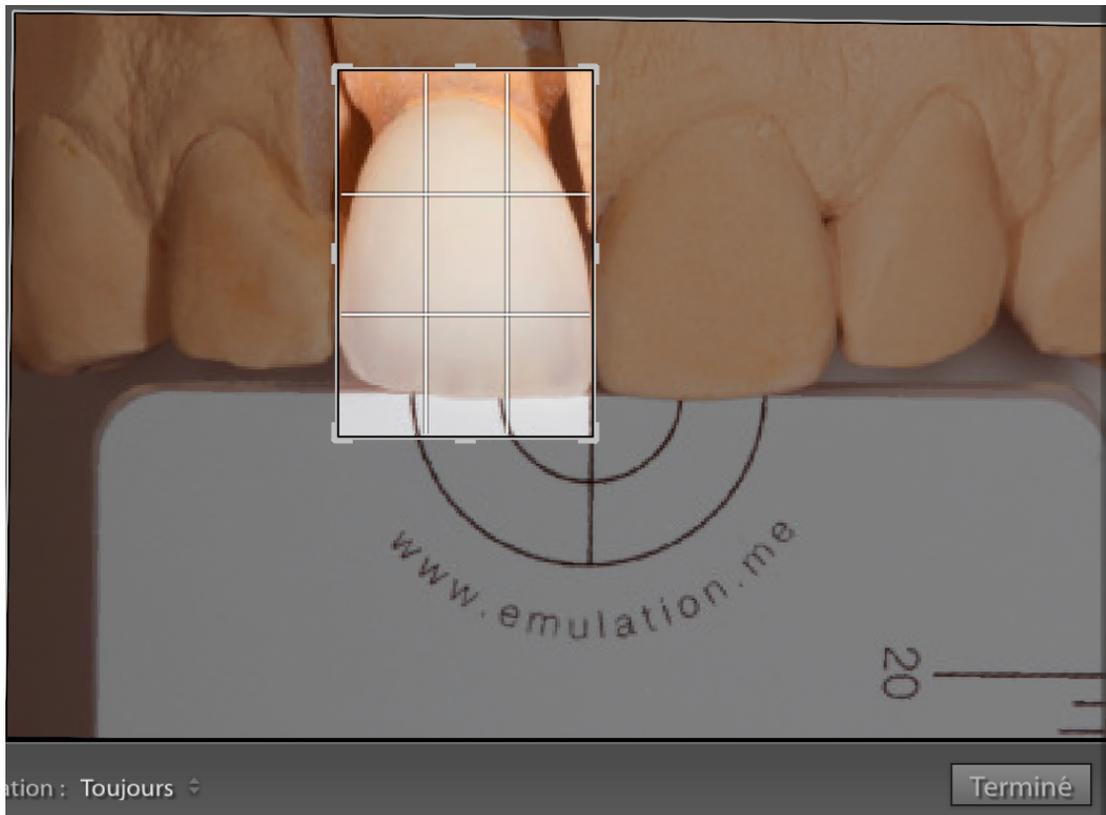


Figure 31 - Recadrage de l'image dans ALCCC (photo personnelle de l'auteur).

Il faut ensuite aller dans l'onglet « Impression » en haut. Quelques paramètres dans la colonne de droite sont à définir pour toujours simplifier le protocole :

- Choisir « collection personnalisée » dans « style de disposition » ;
- Désactiver « magnétisme de la grille » dans « règles, grilles et repères » et mettre « unités de la règle » sur « point » ;
- Dans « travaux d'impression », choisir le format « fichiers JPEG » puis rentrer les dimensions du format choisi précédemment pour les photos (par exemple 1920x1080) dans « dimensions de fichier personnalisées ».

Il suffit alors de mettre la première photo en plein écran au niveau de la zone d'impression, puis de rajouter la deuxième recadrée sur la restauration. On a plus qu'à régler les dimensions de la restauration pour bien l'intégrer au sourire. La teinte peut alors être comparée et validée virtuellement (fig.32).



Figure 32 - Essayage virtuelle dans ALCCC[16].

Il est possible de sauvegarder ce fichier au format jpeg pour envoyer l'essayage virtuel au praticien.

Il est même possible de mesurer les coordonnées $L^*a^*b^*$ avec le logiciel de la restauration et de la dent référence, en regardant l'histogramme tout en survolant les surfaces à mesurer, pour voir si celles-ci sont sensiblement les mêmes (Delta erreur).

Si l'essayage virtuelle est bon, il est toutefois nécessaire de faire un essayage au fauteuil avant la pose de l'élément prothétique.

3.4. Discussion

Le protocole e-LAB permet de se débarrasser de nombreux biais de mesure pour le chirurgien-dentiste, et de reproduction pour le prothésiste/céramiste.

Cela aboutit à des résultats de teinte entièrement personnalisés qui n'étaient pas couverts par les teintiers et spectrophotomètres. Il s'agit d'une méthode objective et reproductible.

Cependant, de nombreux paramètres peuvent compromettre le résultat final de l'approche e-Lab: la déshydratation, les compétences photographiques et informatiques des opérateurs, le métamérisme, les compétences techniques et artistiques du céramiste[16]. Aussi, l'investissement financier est un obstacle.

3.4.1. La déshydratation

Comme pour toute technique de prise de teinte dont l'eLAB ne déroge pas, l'exposition prolongée des dents à l'air peut, par phénomène de déshydratation, augmenter la luminosité (L^*) et diminuer les composantes chromatiques (a^* et b^*)[57].

3.4.2. Les compétences photographiques du praticien

La photographie doit respecter strictement les standards pour être exploitable dans ce protocole. Ainsi le chirurgien-dentiste doit savoir calibrer son appareil photo et utiliser tous les accessoires de la bonne manière.

3.4.3. Les compétences informatiques du prothésiste

Le protocole e-LAB requiert des compétences informatiques de base. Il est également nécessaire de se former à l'utilisation des logiciels (Adobe Lightroom Classic CC, eLAB_pilot), car le résultat final ne sera pas satisfaisant avec un mauvais réglage de la balance des blancs ou la mauvaise application de profils de caméra.

3.4.4. Le métamérisme

Dans le domaine odontologique, le métamérisme se caractérise par des céramiques d'aspect chromatique différent selon les conditions de lumière dans lesquelles elles se trouvent.

Afin de minimiser cet effet et d'atteindre le meilleur compromis entre la valeur numérique mesurée lors de l'essayage virtuel et l'examen visuel du résultat, il est important de juger le résultat au fauteuil dans une ambiance de lumière présentant les caractéristiques de la lumière du jour.

3.4.5. Les compétences du céramiste

Le caractère naturel de la restauration finale dépend toujours des qualités techniques et artistiques du céramiste. Le protocole e-LAB n'intervient pas sur la capacité à gérer la stratification avec les différentes épaisseurs de dentine et d'émail. Aussi la caractérisation, qui influe sur le résultat final, n'est pas guidée et dépend du prothésiste.

3.4.6. L'investissement financier

Il est conséquent. De base le matériel photographique coûte relativement cher, il faut compter pour un appareil photo reflex avec un objectif macro et un kit flash sur une fourchette moyenne allant de 1500 à 6000 euros selon les modèles, pour du matériel neuf. Les produits reconditionnés et d'occasions offrent la possibilité de s'équiper à moindre coût.

Pour le matériel spécifique au protocole e-LAB, à savoir le flash double, le filtre polarisé, la carte de gris référence, il faut compter 549 euros sur le site officiel (www.emulation.me).

A cela s'ajoute, pour le prothésiste, 999 euros pour un an de licence logiciel (la licence logiciel coûte ensuite 420 euros par an) et le eLAB_copilot instrument set.

On est donc sur un investissement minimum de départ de 2000 euros pour le praticien et de 3000 euros pour le céramiste.

Ces prix sont susceptibles d'évoluer dans le temps.

3.4.7. La formation

Il est nécessaire de se former pour maîtriser les protocoles photographiques et logistiques, indispensables à l'obtention de bons résultats. Très peu de prothésistes sont à ce jour formés à maîtriser le protocole eLAB.

3.4.8. Limite dans le choix des céramiques

L'utilisation de ce protocole impose l'utilisation de seulement 3 types de céramiques. Ainsi, en plus du coût financier conséquent et de la formation nécessaire, le prothésiste devra s'adapter à ces matériaux qui ne sont pas forcément ceux qu'il utilise la plupart du temps (même s'il s'agit des céramiques parmi les plus répandues sur le marché).

3.4.9. Une approche récente

Il s'agit d'une méthode récente, aucune étude n'a à ce jour été réalisée pour comparer les résultats avec les techniques plus conventionnelles.

Un nouveau logiciel a fait tout récemment son apparition dans ce protocole : eLAB_prime. Ce nouvel outil informatique a pour but de réunir les fonctions nécessaires de Adobe Lightroom Classic CC et du eLAB_pilot : la calibration des profils de caméra, de la balance des blancs et de l'exposition se font de manière autonome en important le fichier RAW.

Ainsi, la détermination de la teinte se fait automatiquement, avec différenciation de la zone cervicale/moyenne et de la zone incisale, et met en avant la cartographie de la dent. On peut dans ce logiciel cliquer sur le pilier pour avoir sa teinte exacte en coordonnées $L^*a^*b^*$, et ainsi avoir la recette en conséquence (plus précis).

Les fonctions d'essayages virtuels se font automatiquement en incorporant les photos nécessaires, il n'y a plus de manipulation nécessaire du logiciel qui détecte automatiquement les dents/restaurations cibles.

Il propose également des fonctions de mesure du delta E, qui correspond à la différence de couleur selon les coordonnées $L^*a^*b^*$, entre la dent artificielle et la dent référence, et donne différents intervalles : excellent, acceptable, et modérément non acceptable (fig.33).

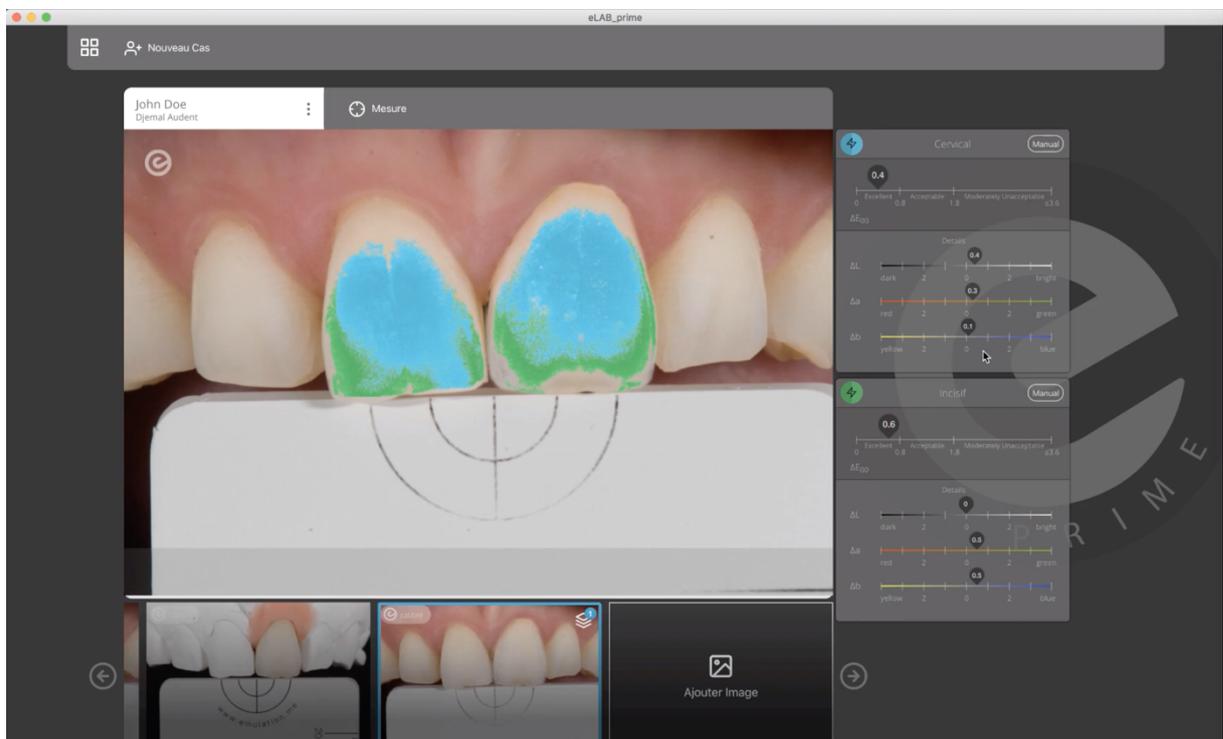


Figure 33 - Interface du logiciel eLAB_prime lors de la comparaison des couleurs[63].

4. Cas clinique

Nous allons présenter ici le cas d'une patiente de 39 ans, qui se présente au cabinet pour une gêne esthétique depuis de nombreuses années. La dyschromie de la 12 a été causée par une nécrose à bas bruit survenue durant l'adolescence.

Après traitement endodontique, son ancien chirurgien-dentiste traitant a tenté de réaliser un éclaircissement interne à trois reprises, avec une récurrence à chaque fois.

Étant donné le risque de résorption interne et le nombre d'échecs suite à cette technique, nous décidons de réaliser un éclaircissement externe de la 12, ainsi qu'un retraitement endodontique, ce qui a déjà atténué la dyschromie sans récurrence 1 an et demi après. Mais le résultat ne répond toujours pas aux attentes de la patiente :



Figure 34 : Situation initiale du cas clinique *(photo personnelle de l'auteur)*.

Nous décidons alors de réaliser une facette avec une préparation la moins invasive possible de manière à rester dans l'émail pour le futur collage. La patiente souhaite conserver la morphologie et le volume de la dent.

Lors de la deuxième séance, nous réalisons une préparation d'un peu moins de 1mm d'épaisseur à la demande du prothésiste, après avoir observé l'importance de la dyschromie sur les photos que nous lui avons faites parvenir (fig.34) :



Figure 35 : Photographie de la situation initiale avec filtre polarisé (photo personnelle de l'auteur).

Pour ce cas, nous avons réalisé une photographie de la contro-latérale (l'incisive latérale maxillaire gauche 22) avec la charte de gris et le filtre polarisé, qui servira de référence pour la prise de teinte (fig.35) :



Figure 36 : Photographie centrée sur la dent référence (à reproduire pour la teinte) (photo personnelle de l'auteur).

La préparation a été réalisée à l'aide d'une fraise marqueur de profondeur de 0,8mm, puis fraise congés (fig.37) :



Figure 37 : Préparation à la fraise marqueur de congé (à gauche) et fraise congé (à droite) (photo personnelle de l'auteur).

La communication dentiste-prothésiste est toujours d'une importance capitale pour le résultat final, peu importe le protocole utilisé.

Une fois la préparation terminée, il est nécessaire de reprendre une photo avec le filtre polarisé et la charte de gris neutre (fig.38) afin que le prothésiste dispose de la teinte exacte du pilier sur lequel développer sa céramique :



Figure 38 : Photographie avec la charte de gris neutre du pilier préparé (photo personnelle de l'auteur).

L’empreinte a été réalisée en physique en double mélange, l’état de surface des dents étant plus facilement observable pour le céramiste sur un modèle coulé en plâtre que sur un modèle 3D imprimé (fig.39) :



Figure 39 : Empreinte physique prise en double mélange (photo personnelle de l’auteur).

La patiente étant particulièrement attachée à la morphologie et la position de sa dent suite à son traitement orthodontique récent, nous avons pris au préalable une empreinte de situation pour reproduire la forme exacte de celle-ci (fig.40) :

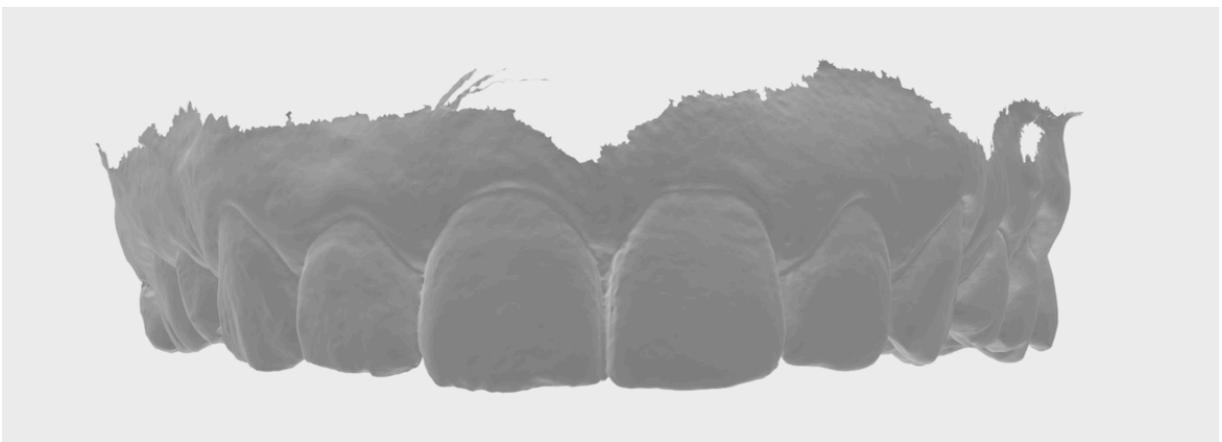


Figure 40 : Empreinte numérique de situation (photo personnelle de l’auteur).

Le prothésiste a alors réalisé sa facette céramique en IPS emax ceram à l'aide du logiciel eLab Prime. Dans un premier temps, le logiciel a calculé à partir des photos transmises par nos soins les teintes en cervical et en incisal (fig.41) :



Figure 41 : Interface du logiciel eLab Prime donnant la teinte de la céramique (photo personnelle de l'auteur).

Une fois la facette réalisée, le prothésiste réalise un essai virtuelle en intégrant la future restauration dans le sourire (fig.42), et en comparant à la contrôlatérale pour mesurer le Delta E (fig.43) :

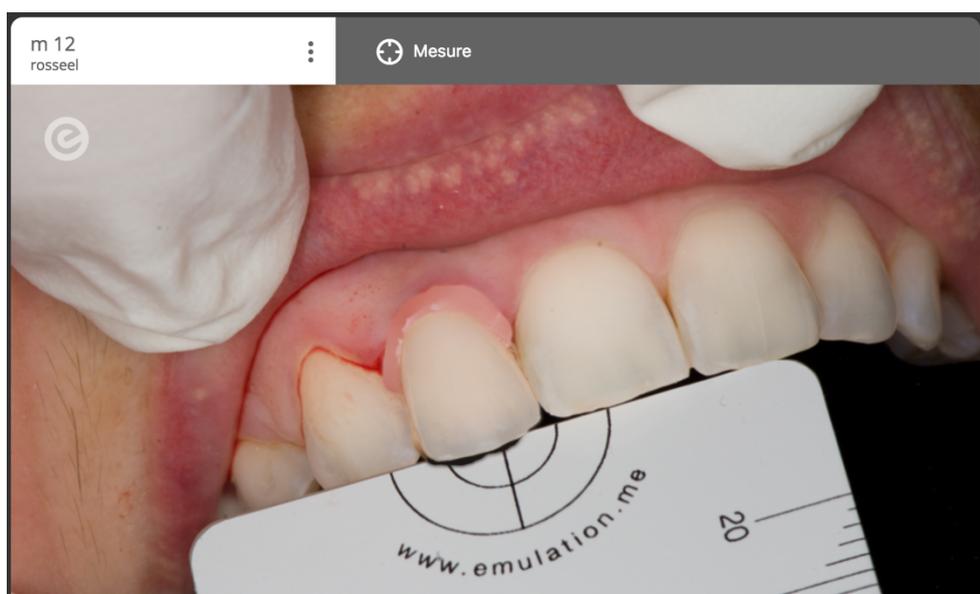


Figure 42 : Essai virtuelle dans eLab Prime (photo personnelle de l'auteur).

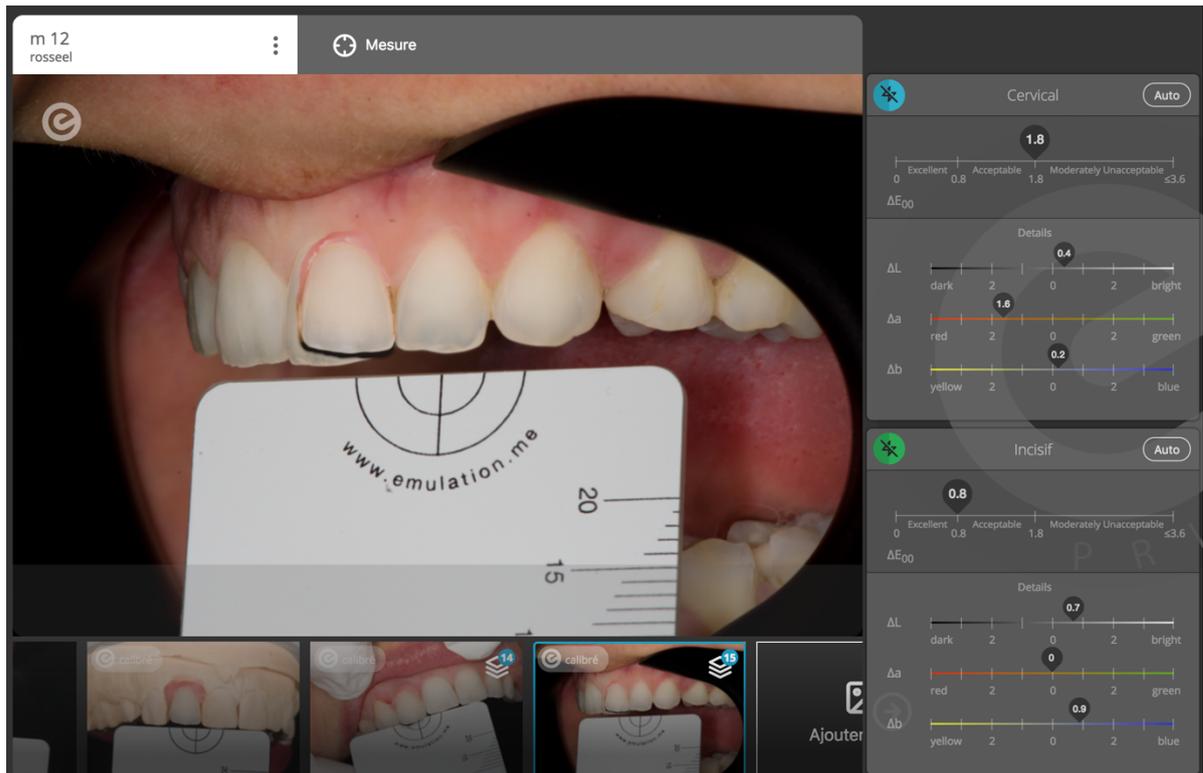


Figure 43 : Comparaison à la contro-latérale et mesure du Delta E (photo personnelle de l'auteur).

Le delta E est acceptable en cervical et excellent en incisal. On peut également observer à l'œil comme on le fait cliniquement. Le résultat semble très satisfaisant.

La 3^{ème} séance clinique consiste alors à réaliser l'essayage pour obtenir la validation esthétique (ou non) de la patiente. Dans ce cas la patiente était ravie du résultat esthétique de l'essayage. On réalise alors le collage de la facette, sous digue (fig.44), au Variolink Esthetic neutral (fig.45) :



Figure 44 : Pose du champ opératoire (photo personnelle de l'auteur).



Figure 45 : Collage au Variolink de la facette (photo personnelle de l'auteur).

Le protocole de collage a été le suivant :

- Mordançage de la facette au polyfluorure d'ammonium Etch & Prime Monobond Ceramic Primer de Ivoclar : activation 20s, puis 40s de repos, rinçage et séchage ;
- Sable à l'alumine 50 microns du pilier dentaire ;
- Mordançage à l'acide orthophosphorique 30s de la préparation puis rinçage abondant et séchage ;
- Application de l'adhésif Schotchbond de 3M et séchage doux
- Enduction du pilier et de l'intrados de la facette de Variolink Esthetic Neutral, pose de la facette, dégagement des excès au pinceau + fil dentaire
- Polymérisation 30s de toutes les faces
- Polissage minutieux du joint dento-prothétique à la cupule à polir et aux strip abrasifs pour les zones proximales.
- Réglage de l'occlusion en statique et en dynamique.

Voici le résultat final après collage et intégration esthétique 3 semaines post-opératoires (fig.46) :



Figure 46 - Photographie finale après 3 semaines (photo personnelle de l'auteur).

La patiente est ravi du résultat, un suivi post-opératoire sera effectué tous les ans.

5. Fiche technique

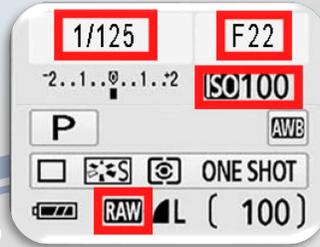
Le travail développé dans cette thèse a permis de faire une synthèse de ce protocole sous forme de fiches pratiques (fig.34-35).

Le protocole devant être maîtrisé aussi bien par le praticien lors de l'acquisition photographique, que par le céramiste lors du traitement de l'image et de l'utilisation du logiciel, deux synthèses différentes ont donc été réalisées. Elles sont consultables en pages suivantes et en annexes.

PROTOCOLE PHOTOGRAPHIQUE



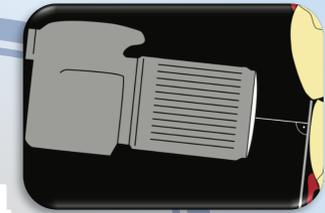
1
Attention à la déshydratation !
Les photos de prises de teinte doivent être prises en début de séance le plus tôt possible.



2
Respectez le paramétrage de l'appareil photo : **iso 100**, vitesse de **1/125**, ouverture **F22**, fichier en **RAW**.



3
Utilisez toujours des **rétracteurs** (noir mat dans l'idéal), en s'assurant qu'ils soient maintenus en postérieur.



4
Positionnez l'appareil photo **perpendiculairement** à la charte de gris neutre.

Prendre une photo **sans filtre** pour apprécier l'état de surface.



7



6
Prenez la photo avec un **filtre polarisée**, en positionnant la charte **sous le bord libre, centrée** sur l'image de manière à recouvrir **toute la largeur** de l'image en bas.



5
Respectez la distance selon :

Capteur	Objectif	Distance
DX	60mm	24 cm
	105mm	37 cm
FX	60mm	28 cm
	105mm	45 cm

Iconographie copyright© Emulation Sascha Hein 2019

Figure 47 - Fiche pratique du protocole eLAB destinée au praticien (Montage personnel de l'auteur).

PROTOCOLE INFORMATIQUE

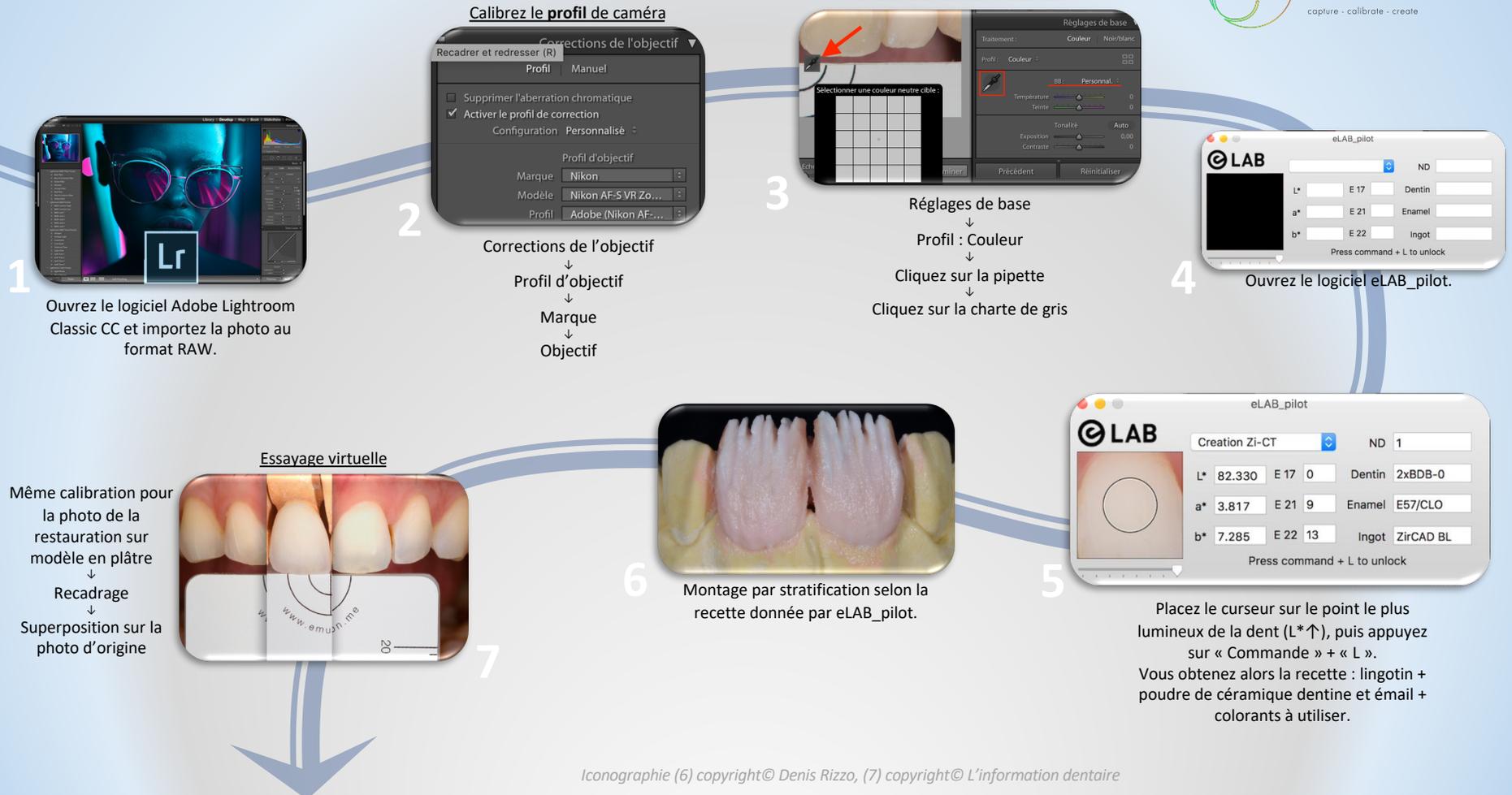


Figure 48 - Fiche pratique du protocole eLAB destinée au céramiste (Montage personnel de l'auteur).

Conclusion

Le choix et la transmission de la teinte au prothésiste est un élément essentiel dans la réussite d'une prothèse fixée en secteur esthétique.

Les méthodes de relevé de teinte actuelles présentent de nombreux biais de mesure et d'interprétation, laissant une part de subjectivité trop importante. Les intervalles de couleurs couverts par les teintiers/spectrophotomètres ne couvrent pas l'ensemble colorimétrique que peuvent représenter les dents.

La méthode e-LAB propose une solution complémentaire à la photographie qui standardise le protocole de façon à obtenir un résultat précis et reproductible. Elle présente l'avantage de déterminer la teinte de manière numérique par un logiciel, en l'absence de toute subjectivité de l'opérateur, et de supprimer les biais dus au prothésiste que sont l'interprétation et la réalisation de la teinte de la/les céramique(s).

Toutefois, ce protocole présente quelques limites : il est sujet à la déshydratation, au métamérisme, ses investissements financiers (matériel) et personnels (formations) sont importants, les compétences en stratifications et caractérisations du céramiste restent primordiales, et le choix des céramiques est limité. De plus, l'encombrement du plateau technique nécessaire en fait une méthode réservée au secteur antérieur.

De plus, le faible niveau de preuve sur ce protocole récent ne permet pas d'avoir de recul sur sa fiabilité et reproductibilité qui permettrait sa standardisation. Cependant il paraît prometteur d'après les résultats qu'il présente pour l'instant. Le protocole nécessite une rigueur pour obtenir cette fiabilité. Certaines choses restent à travailler, mais *Hein, Tapia et Bazos*[49,50] améliorent constamment leur méthode. Ils rendent l'étape du relevé de teinte moins complexe pour le chirurgien-dentiste et le prothésiste, et surtout plus fiable et reproductible qu'avec les outils actuellement disponibles, pour un meilleur rendu final.

La perpétuelle évolution dans les domaines photographiques et informatiques permettra sans doute de rendre cette étape de plus en plus simple, précise et rapide. Le développement des caméras intra-buccales permettra peut-être un jour d'utiliser ce protocole sur les dents postérieures, de manière à pousser toujours plus loin l'esthétique de nos restaurations qui reste la principale attente des patients. Aussi, l'étendue de cette technique pourra permettre de l'utiliser pour la stratification en technique directe par composite.

Table des figures

Figure 1 - Vue frontale de couronnes céramo-céramiques sur modèle en plâtre(11).	14
Figure 2 - Illustration du cylindre chromatique de Munsell(16).	16
Figure 3 - Schématisation du système CIE L*a*b*(17).	17
Figure 4 - Vue frontale d'un dent 21(2).	18
Figure 5 - Photo sans (à gauche) et avec restauration (à droite) sur 11(25).	19
Figure 6 - Teintier VITA Classical (en haut) et 3D Master© (en bas)(18).	23
Figure 7 - EasyShade de Vita(43).	25
Figure 8 - Photographie par le chirurgien-dentiste(45).	27
Figure 9 - Objectif macro (à gauche), flash double (au milieu), filtre polarisé (à droite)(46-48).	27
Figure 10 - Photographie sans (à gauche) et avec (à droite) un filtre de polarisation(18).	30
Figure 11 - Photo des réglages sur un boîtier Reflex Canon© pour le protocole e-LAB (photo personnelle de l'auteur).	32
Figure 12 - Tableau décrivant la distance de travail selon le type de boîtier et le type d'objectif(18).	33
Figure 13 - Charte de gris neutre Emulation© dont les coordonnées de couleur L*a*b* sont connues (ici L*79 ; a*0 ; b*0)(50).	34
Figure 14 - Visualisation de l'interface des logiciels Adobe Lightroom Classic CC (à gauche) et e-LAB_pilot (à droite) (photo personnelle de l'auteur).	35
Figure 15 - Photographie prise avec un filtre polarisé et une charte de gris de coordonnées L*a*b connues(59).	36
Figure 16 - Interface de ALCCC en mode "développement" (photo personnelle de l'auteur).	37
Figure 17 - Menus déroulants de l'onglet "corrections de l'objectif" dans ALCCC (photo personnelle de l'auteur).	38
Figure 18 - Configuration de la balance des blancs dans ALCCC (photo personnelle de l'auteur).	38
Figure 19 - Réglage de la composante L en modifiant l'exposition dans ALCCC (photo personnelle de l'auteur).	39
Figure 20 - Lecture du logiciel e-LAB_pilot de la teinte et calcul des quantités de poudres de céramique nécessaires (encadrées en rouge) (photo personnelle de l'auteur).	39
Figure 21 - Kit céramique poudre/liquide : Ivoclar e.max (à gauche), GC initial LiSi (au milieu), Création Zi-CT (à droite)(60).	40
Figure 22 - Colorants IPS Ivocolor©(61).	40
Figure 23 - e-LAB_copilot instrument set(62).	41
Figure 24 - Schématisation du lingotin dans la restauration (à gauche) & informations relatives sur e-LAB_pilot (à droite) (photo personnelle de l'auteur).	42
Figure 25 - Schématisation de la stratification de la dentine dans la restauration (à gauche) & informations relatives sur e-LAB_pilot (à droite) (photo personnelle de l'auteur).	42
Figure 26 - Schématisation de la couche émail dans la restauration (à gauche) & informations relatives sur e-LAB_pilot (à droite) (photo personnelle de l'auteur).	43
Figure 27 - Teintier IPS Natural Die Material©(63).	43
Figure 28 - Interface du logiciel e-LAB_pilot (photo personnelle de l'auteur).	43
Figure 29 - Photo en bouche (à gauche) et du modèle en plâtre (à droite)(18).	44
Figure 30 - Orientation selon une ligne horizontale choisie dans ALCCC (photo personnelle de l'auteur).	44
Figure 31 - Recadrage de l'image dans ALCCC (photo personnelle de l'auteur).	45
Figure 32 - Essayage virtuelle dans ALCCC(18).	46

Figure 33 - Interface du logiciel eLAB_prime lors de la comparaison des couleurs(64).	49
Figure 34 : Situation initiale du cas clinique.	50
Figure 35 : Photographie de la situation initiale avec filtre polarisé.	51
Figure 36 : Photographie centrée sur la dent référence (à reproduire pour la teinte).	51
Figure 37 : Préparation à la fraise marqueur de congé (à gauche) et fraise congé (à droite). ..	52
Figure 38 : Photographie avec la charte de gris neutre du pilier préparé.	52
Figure 39 : Empreinte physique prise en double mélange.....	53
Figure 40 : Empreinte numérique de situation	53
Figure 41 : Interface du logiciel eLab Prime donnant la recette de la céramique.	54
Figure 42 : Essayage virtuelle dans eLab Prime.....	54
Figure 43 : Comparaison à la contro-latérale et mesure du Delta E.....	55
Figure 44 : Pose du champ opératoire.	55
Figure 45 : Collage au Variolink de la facette.	56
Figure 46 - Photographie finale après 3 semaines.....	56
Figure 47 - Fiche pratique du protocole eLAB destinée au praticien (<i>Montage personnel de l'auteur</i>).	58
Figure 48 - Fiche pratique du protocole eLAB destinée au céramiste (<i>Montage personnel de l'auteur</i>).	59

Table des tableaux

Tableau 1 - Avantages des teintiers.....	23
Tableau 2 - Inconvénients des teintiers.....	24
Tableau 3 - Avantages des spectrophotomètres	25
Tableau 4 - Inconvénients des spectrophotomètres	26
Tableau 5 - Les principaux paramètres d'un boîtier reflex	28
Tableau 6 - Avantages de la photographie	28
Tableau 7 - Inconvénients de la photographie	29

Références bibliographiques

1. Kim J-H, Cho Y-J, Lee J-Y, Kim S-J, Choi J-I. An analysis on the factors responsible for relative position of interproximal papilla in healthy subjects. *J Periodontal Implant Sci.* 2013;43(4):160-7.
2. Romerowski J, Bresson G. Formes et fonctions de la dent. 2015 [consulté le 5 avr 2020]; Disponible sur: <https://www.em-consulte.com/en/article/956160>
3. Walter B, Dartevielle P. Préparations coronaires périphériques et préparations corono-radiculaires. Editions CdP. Paris; 2014.
4. Comlekoglu M, Dundar M, Özcan M, Gungor M, Gokce B, Artunc C. Influence of Cervical Finish Line Type on the Marginal Adaptation of Zirconia Ceramic Crowns. *Operative Dentistry.* 2009;34(5):586-92.
5. Julià-Sánchez S, Álvarez-Herms J, Cirer-Sastre R, Corbi F, Burtscher M. The Influence of Dental Occlusion on Dynamic Balance and Muscular Tone. *Front Physiol.* 2020;10:1626.
6. Van Noort R. Introduction to dental materials. 4th ed. Elsevier Health Sciences. St. Louis: Mosby; 2013. 264 p.
7. Margossian P, Laborde G, Koubi S, Couderc G, Maille G, Botti S, et al. Propriétés optiques des systèmes céramocéramiques : implications cliniques. *Réalités Cliniques.* 2010;21:11.
8. Kataoka S. Nature's Morphology: An Atlas of Tooth Shape and Form. In: Quintessence Pub Co. Carol Stream; 2002. p. 98.
9. Rizzo D. Couronnes céramo-céramiques. [Internet]. [consulté le 3 avr 2020]. Disponible sur: <http://www.denisrizzo.com/dexterite/stratification/>
10. Iafrate R, Dalloca L. Esthétique : art ou technique ? La perception, un outil essentiel pour la connaissance. *Réalités Cliniques.* 2010;21:9.
11. Garber DA, Salama MA. The aesthetic smile: diagnosis and treatment. *Periodontology 2000.* 1996;11(1):18-28.
12. Mohammed DR. Photographical Analysis of Macro- and Micro-aesthetic Appearance. A Cross-Sectional Study of Iraqi Adults with Class I Normal Occlusion. Anchor Academic Publishing; 2018. 142 p.
13. Logvinenko AD, Funt B, Mirzaei H, Tokunaga R. Rethinking Colour Constancy. *PLoS One.* 2015;10(9):29.
14. Potocnik M, Klemenc B, Solina F, Herlec U. Computer aided method for colour calibration and analysis of digital rock photographs. *Geologija.* 2015;58(2):247-60.
15. Agudo JE, Pardo PJ, Sánchez H, Pérez ÁL, Suero MI. A Low-Cost Real Color Picker Based on Arduino. *Sensors (Basel).* 2014;14(7):11943-56.

16. Salehi A, Watzki D, Ibraimi D, Etienne O. e-LAB : un nouveau système d'analyse et de contrôle chromatique. *Réalités Cliniques*. 2019;(3):206-14.
17. Xiong F, Chao Y, Zhu Z. Translucency of newly extracted maxillary central incisors at nine locations. *The Journal of Prosthetic Dentistry*. 2008;100(1):11-7.
18. Hasegawa A, Ikeda I, Kawaguchi S. Color and translucency of in vivo natural central incisors. *The Journal of Prosthetic Dentistry*. 2000;83(4):418-23.
19. Zujic P, Zujic V. Pas à Pas : des restaurations céramo-métalliques esthétiques avec la profondeur, la vitalité et la luminosité de la dent naturelle. *QDRP*. 2018;12(1):84-91.
20. Magne P, Belser U. Bonded Porcelain Restorations in the Anterior Dentition: A Biomimetic Approach. Quintessence international. 2003. 405 p.
21. Vanini L. Light and color in anterior composite restorations. *Pract Periodontics Aesthet Dent*. 1996;8(7):673-82; quiz 684.
22. Monsénégo G, Burdairon G, Clerjaud B. Fluorescence of dental porcelain. *Journal of Prosthetic Dentistry*. 1993;69(1):106-13.
23. Genini P, Pinault A. « Opal » effect of the natural tooth in ceramometal. *Rev Fr Prothes Dent*. 1990;(17):29-38.
24. Wehning C. For age-appropriate esthetics: Natural effects with VITA VM materials. *Dental Visionist*. 2017;1(7):22-3.
25. Sproull RC. Color matching in dentistry. Part II. Practical applications of the organization of color. *The Journal of Prosthetic Dentistry*. 2001;86(5):458-64.
26. Sproull RC. Color matching in dentistry. Part III. Color control. *The Journal of Prosthetic Dentistry*. 1974;31(2):146-54.
27. Stevenson B. Current Methods of Shade Matching in Dentistry: A Review of the Supporting Literature. *Dental Update*. 2009;36(5):270-6.
28. Burke FJT, Kelleher MGD, Wilson N, Bishop K. Introducing the Concept of Pragmatic Esthetics, with Special Reference to the Treatment of Tooth Wear: PERSPECTIVES. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*. 2011;23(5):277-93.
29. Joiner A, Luo W. Tooth colour and whiteness: A review. *Journal of Dentistry*. 2017;67:S3-10.
30. Tin-Oo MM, Saddki N, Hassan N. Factors influencing patient satisfaction with dental appearance and treatments they desire to improve aesthetics. *BMC Oral Health*. 2011;11(1):6.
31. Westland S, Luo W, Ellwood R, Brunton P, Pretty I. Colour Assessment in Dentistry. *Annals of the BMVA*. 2007;(4):10.
32. Bahannan SA. Shade matching quality among dental students using visual and

- instrumental methods. *Journal of Dentistry*. 2014;42(1):48-52.
33. Hammad IA. Intrarater repeatability of shade selections with two shade guides. *The Journal of Prosthetic Dentistry*. 2003;89(1):50-3.
 34. Bayindir F, Kuo S, Johnston WM, Wee AG. Coverage error of three conceptually different shade guide systems to vital unrestored dentition. *The Journal of Prosthetic Dentistry*. 2007;98(3):175-85.
 35. Paravina, R.D. Evaluation of a newly developed visual shade-matching apparatus. *The International journal of prosthodontics*. 2002;15 (6), 528-34 .
 36. Hassel AJ, Koke U, Schmitter M, Beck J, Rammelsberg P. Clinical effect of different shade guide systems on the tooth shades of ceramic-veneered restorations. *The Journal of Prosthetic Dentistry*. 2006;96(2):121.
 37. O'Brien WJ, Boenke KM, Groh CL. Coverage errors of two shade guides. *Int J Prosthodont*. 1991;4(1):45-50.
 38. Todorovic A, Todorovic A, Spadijer-Gostovic A, Lazic V, Milicic B, Djuricic S. Reliability of conventional shade guides in teeth color determination. *VSP*. 2013;70(10):929-34.
 39. Lasserre J-F. Les sept dimensions de la couleur des dents naturelles. *Clinic*. 2007;28:417-30.
 40. Kröger E, Matz S, Dekiff M, Tran BL, Figgenger L, Dirksen D. In vitro comparison of instrumental and visual tooth shade determination under different illuminants. *The Journal of Prosthetic Dentistry*. 2015;114(6):848-55.
 41. Kim-Pusateri S, Brewer JD, Davis EL, Wee AG. Reliability and accuracy of four dental shade-matching devices. *The Journal of Prosthetic Dentistry*. 2009;101(3):193-9.
 42. Spectrophotomètre Easyshade de Vita. [Internet]. [consulté le 29 mars 2020]. Disponible sur: <https://www.dentalelite.fr/upload/easyshaddev-mit-station--G7PtXDXD.jpg>
 43. Djeredou BK, Koffi JN, Kouame KM, Kouadio K, BAKOU OD. La prise de teinte de demain, visuelle ou instrumentale ? *Stratégie prothétique n°2*. 2019;147-55.
 44. Prise de photographie dentaire. [Internet]. [consulté le 8 avr 2020]. Disponible sur: <https://blog.ivoclarvivadent.com/dentist/fr/photographie-dentaire-comment-maitriser-lart-de-la-prise-de-vue-intraorale>
 45. Filtre polarisé polareyes sur Nikon N1C1. [Internet]. [consulté le 31 mars 2020]. Disponible sur: https://www.photomed.net/site_images/pe_nikon.jpg
 46. Flash double sur objectif. [Internet]. [consulté le 31 mars 2020]. Disponible sur: <https://static.fnac-static.com/multimedia/Images/8A/8A/F1/BA/12251530-3-1520-2/tsp20190709203917/Declencheur-Flash-Meike-MK-MT24-Flash-Sans-Fil-Double-Tete-Macro-Photographie-Flash-Pour-Nikon-Appareil-Photo.jpg>

47. Objectif Macro Nikon. [Internet]. [consulté le 31 mars 2020]. Disponible sur: <https://www.nikon.fr/tmp/AT/2419865273/3760176746/2327365364/27184057/1391280926/2780083465/1577100463/1505962159.png>
48. Kim E, Son T, Lee Y, Jung B. Development of polarization dental imaging modality and evaluation of its clinical feasibility. *Journal of Dentistry*. 2012;40:e18-25.
49. Hein S, Tapia J, Bazos P. eLABor_aid: a new approach to digital shade management. *CLINICAL RESEARCH*. 2017;18.
50. Hein S, Awdaljan M. Combining the one-bake technique with the eLAB® protocol for single central matching. *Labline*. 2018;VIII(29):24-34.
51. Ahmad I. Digital dental photography. Part 6: camera settings. *Br Dent J*. 2009;207(2):63-9.
52. Emmanuel D. Paramétrer son matériel. 2. La couleur. *L'Information dentaire*. 2010;92:28-35.
53. Pignoly C, Aubut V, Baixe S, Barthelemy H, Etienne O, Girard J. Prise de teintes : des techniques conventionnelles aux techniques électroniques. *ADF*. 2010;62-71.
54. Hein S, Zangl M. The use of a standardized gray reference card in dental photography to correct the effects of five commonly used diffusers on the color of 40 extracted human teeth. *The international journal of esthetic dentistry*. 2016;11(2):246-59.
55. Wee AG, Lindsey DT, Kuo S, Johnston WM. Color accuracy of commercial digital cameras for use in dentistry. *Dental Materials*. 2006;22(6):553-9.
56. Hong G, Luo MR, Rhodes PA. A study of digital camera colorimetric characterization based on polynomial modeling. *COLOR research and application*. 2001;26(1):9.
57. Burki Z, Watkins S, Wilson R, Fenlon M. A randomised controlled trial to investigate the effects of dehydration on tooth colour. *Journal of Dentistry*. 2013;41(3):250-7.
58. Eryanto O. Ultra Minimally Invasive treatment for single central discoloured tooth. [Internet]. Velopex International. 2018 [consulté le 19 avr 2020]. Disponible sur: <https://velopex.com/2018/05/29/onny-eryanto-2/>
59. Poudres de céramiques. [Internet]. [consulté le 5 avr 2020]. Disponible sur: www.sbr.fr
60. Colorants pour poudre de céramique. [Internet]. [consulté le 7 avr 2020]. Disponible sur: https://www.ivodentonline.co.za/brand/ivoclar/ivocolour/ivocolor_essence-ips-emax-ivocolor-essence
61. e-LAB_copilot instrument set. [Internet]. [consulté le 7 avr 2020]. Disponible sur:

<https://emulation.me/products>

62. Teintier pour pilier IPS Natural Die Material. [Internet]. [consulté le 7 avr 2020]. Disponible sur: <http://www.oraldesign.fr/Francais/6/vitro-ceramique.php4>
63. Legault S. Tutoriel eLAB_prime [Internet]. [consulté le 12 avr 2020]. Disponible sur: <https://www.youtube.com/watch?v=oiAEQ5YY0pl>

Annexes

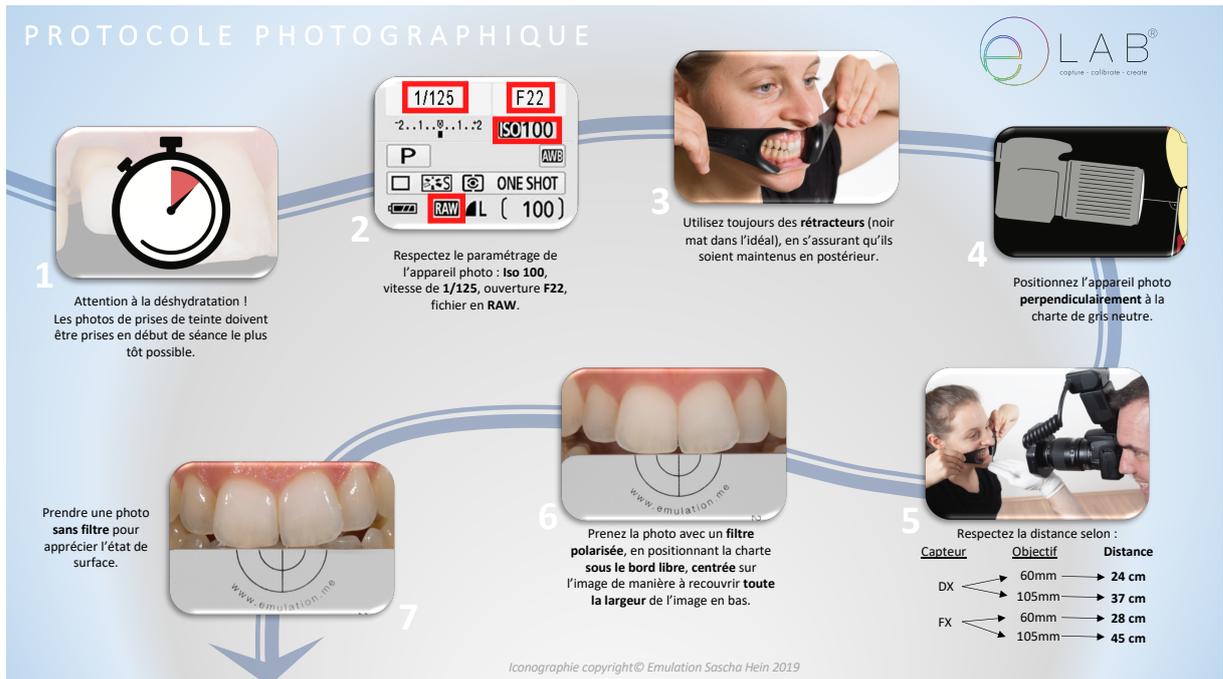


Figure 49 - Fiche pratique du protocole eLAB destinée au praticien (Montage personnel de l'auteur).

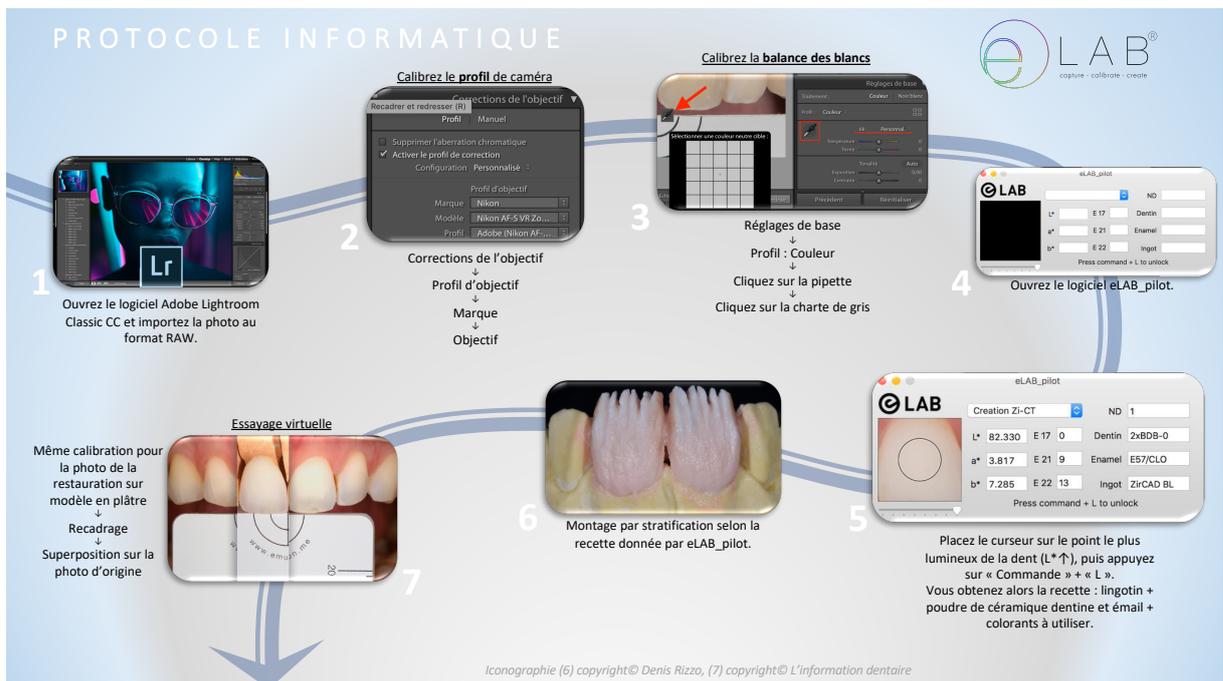


Figure 50 - Fiche pratique du protocole eLAB destinée au céramiste (Montage personnel de l'auteur).

Thèse d'exercice : Chir. Dent. : Lille : Année [2020] – N°:

Le protocole e-LAB : Relevé et transmission de teinte autour d'un cas unitaire en secteur esthétique en prothèse fixée. / **ROSSEEL Anthony**.- p. (72) : ill. (55) ; réf. (64).

Domaines : OCE, Prothèse fixée, Esthétique.

Mots clés Rameau: Prothèses dentaires partielles fixes ; Odontostomatologie esthétique ; Photographie en odontostomatologie ; Facettes dentaires (prothèse) ; Couleur en odontostomatologie.

Mots clés FMeSH: Prothèse partielle fixe ; Dentisterie esthétique ; Photographie dentaire ; Facettes dentaires ; Céramiques

Résumé de la thèse :

En prothèse fixée, l'analyse et la reproduction de la teinte sont de véritables défis pour le duo dentiste-prothésiste. Parmi les différents moyens disponibles à ce jour, les teintiers et les spectrophotomètres sont les plus utilisés. Une nouvelle méthode a fait son apparition depuis peu : le protocole e-LAB. Il est le fruit de la réflexion de *Hein*, *Tapia* et *Bazos* visant à compléter les techniques actuelles et par conséquent repousser leurs limites.

Il s'agit ici d'un outil numérique plus précis et reproductible dans la lecture et l'analyse de la couleur, et finalement dans sa reproduction à partir des poudres de céramique utilisées par le céramiste en lui donnant la « recette » exacte.

S'armer simultanément de la photographie numérique et de l'informatique selon un référentiel international de la couleur semble rendre la maîtrise de la reproduction chromatique plus fidèle, avec l'avantage d'une méthode systématisée donnant des résultats reproductibles.

Le travail de cette thèse a permis d'élaborer des fiches pratiques des protocoles du dentiste et du prothésiste, grâce à la réalisation d'un cas clinique.

Cet outil complémentaire à la photographie rend alors cette étape délicate plus précise, reproductible, et apporte de belles perspectives d'avenir.

JURY :

Président : Monsieur le Professeur Pascal BEHIN

Assesseurs : Monsieur le Docteur Jérôme VANDOMME

Monsieur le Docteur Philippe BOITELLE

Monsieur le Docteur Alexandre DEMETRIOU

Adresse de l'auteur : 39 Carrière Vanderzype 59150 WATTRELOS