UNIVERSITE TOULOUSE III – PAUL SABATIER

FACULTE DE CHIRURGIE DENTAIRE

ANNEE 2021 2021 TOU3 3034

THESE

POUR LE DIPLOME D'ETAT DE DOCTEUR EN CHIRURGIE DENTAIRE

Présentée et soutenue publiquement

par

Mehdi ZEITOUN

le 25 juin 2021

eLAB : LA PRISE DE TEINTE DANS LES RESTAURATIONS UNITAIRES INDIRECTES ANTERIEURES : CHANGEMENT DE PARADIGME

Directeur de thèse : Docteur Romain DUCASSE

JURY

Présidente :	Pr Cathy NABET
1er assesseur :	Dr Rémi ESCLASSAN
2ème assesseur :	Dr Karim NASR
3ème assesseur :	Dr Romain DUCASSE

UNIVERSITÉ TOULOUSE III PAUL SABATIER
FACULTÉ DE CHIRURGIE DENTAIRE

Faculté de Chirurgie Dentaire

➔ DIRECTION

DOYEN
M. Philippe POMAR

ASSESSEUR DU DOYEN
Mme Sabine JONIOT
Mme Sara DALICIEUX-LAURENCIN

CHARGÉS DE MISSION
M. Karim NASR (*Innovation Pédagogique*)
M. Olivier HAMEL *(Maillage Territorial)*
M. Franck DIEMER *(Formation Continue)*
M. Philippe KEMOUN *(Stratégie Immobilière)*
M. Paul MONSARRAT *(Intelligence Artificielle)*

PRÉSIDENTE DU COMITÉ SCIENTIFIQUE
Mme Cathy NABET

DIRECTRICE ADMINISTRATIVE
Mme Muriel VERDAGUER

➔ HONORARIAT

DOYENS HONORAIRES
M. Jean LAGARRIGUE +
M. Jean-Philippe LODTER +
M. Gérard PALOUDIER
M. Michel SIXOU
M. Henri SOULET

➔ ÉMÉRITAT

M. Damien DURAN
Mme Geneviève GRÉGOIRE
M. Gérard PALOUDIER

➔ PERSONNEL ENSEIGNANT

Section CNU 56 : Développement, Croissance et Prévention

56.01 ODONTOLOGIE PEDIATRIQUE et ORTHOPEDIE DENTO-FACIALE (Mme Isabelle BAILLEUL-FORESTIER)

ODONTOLOGIE PEDIATRIQUE

Professeurs d'Université : Mme Isabelle BAILLEUL-FORESTIER, M. Frédéric VAYSSE
Maîtres de Conférences : Mme Emmanuelle NOIRRIT-ESCLASSAN, Mme Marie- Cécile VALERA, M. Mathieu MARTY
Assistants : Mme Alice BROUTIN, Mme Marion GUY-VERGER
Adjoints d'Enseignement : M. Sébastien DOMINE, M. Robin BENETAH, M. Mathieu TESTE,

ORTHOPEDIE DENTO-FACIALE

Maîtres de Conférences : M. Pascal BARON, Mme Christiane LODTER, M. Maxime ROTENBERG
Assistants : Mme Isabelle ARAGON, Mme Anaïs DIVOL,

56.02 PRÉVENTION, ÉPIDÉMIOLOGIE, ÉCONOMIE DE LA SANTÉ, ODONTOLOGIE LÉGALE (Mme NABET Catherine)

Professeurs d'Université : M. Michel SIXOU, Mme Catherine NABET, M. Olivier HAMEL
Maître de Conférences : M. Jean-Noël VERGNES
Assistant: M. Julien ROSENZWEIG
Adjoints d'Enseignement : M. Alain DURAND, Mlle. Sacha BARON, M. Romain LAGARD, Mme Géromine FOURNIER
M. Fabien BERLIOZ, M. Jean-Philippe GATIGNOL , Mme Carole KANJ

Section CNU 57 : Chirurgie Orale, Parodontologie, Biologie Orale

57.01 CHIRURGIE ORALE, PARODONTOLOGIE, BIOLOGIE ORALE (M. Philippe KEMOUN)

PARODONTOLOGIE

Maîtres de Conférences : M. Pierre BARTHET, Mme Sara DALICIEUX-LAURENCIN, Mme Alexia VINEL
Assistants: Mme. Charlotte THOMAS, M. Joffrey DURAN
Adjoints d'Enseignement : M. Loïc CALVO, M. Christophe LAFFORGUE, M. Antoine SANCIER, M. Ronan BARRE ,
Mme Myriam KADDECH, M. Matthieu RIMBERT,

CHIRURGIE ORALE

Professeur d'Université : Mme Sarah COUSTY
Maîtres de Conférences : M. Philippe CAMPAN, M. Bruno COURTOIS
Assistants : Mme Léonore COSTA-MENDES, M. Clément CAMBRONNE
Adjoints d'Enseignement : M. Gabriel FAUXPOINT, M. Arnaud L'HOMME, Mme Marie-Pierre LABADIE, M. Luc RAYNALDY, M. Jérôme SALEFRANQUE,

BIOLOGIE ORALE

Professeur d'Université : M. Philippe KEMOUN
Maîtres de Conférences : M. Pierre-Pascal POULET, M Vincent BLASCO-BAQUE
Assistants : M. Antoine TRIGALOU, Mme Inessa TIMOFEEVA, M. Matthieu MINTY, Mme Chiara CECCHIN-ALBERTONI
Adjoints d'Enseignement : M. Mathieu FRANC, M. Hugo BARRAGUE, M. Maxime LUIS

Section CNU 58 : Réhabilitation Orale

58.01 DENTISTERIE RESTAURATRICE, ENDODONTIE, PROTHESES, FONCTIONS-DYSFONCTIONS, IMAGERIE, BIOMATERIAUX (M. Serge ARMAND)

DENTISTERIE RESTAURATRICE, ENDODONTIE

Professeur d'Université : M. Franck DIEMER
Maîtres de Conférences : M. Philippe GUIGNES, Mme Marie GURGEL-GEORGELIN, Mme Delphine MARET-COMTESSE
Assistants : M. Jérôme FISSE, M. Sylvain GAILLAC, Mme Sophie BARRERE, Mme. Manon SAUCOURT M. Ludovic PELLETIER, M. Nicolas ALAUX
Adjoints d'Enseignement : M. Eric BALGUERIE, M. Jean- Philippe MALLET, M. Rami HAMDAN, M. Romain DUCASSE

PROTHÈSES

Professeurs d'Université : M. Serge ARMAND, M. Philippe POMAR
Maîtres de Conférences : M. Jean CHAMPION, M. Rémi ESCLASSAN, M. Florent DESTRUHAUT
Assistants: M. Antonin HENNEQUIN, M. Bertrand CHAMPION, Mme Caroline DE BATAILLE, Mme Margaux BROUTIN, Mme Coralie BATAILLE
Assistant Associé : M. Antoine GALIBOURG,
Adjoints d'Enseignement : M. Christophe GHRENASSIA, Mme Marie-Hélène LACOSTE-FERRE, M. Olivier LE GAC, M. Louis Philippe GAYRARD, M. Jean-Claude COMBADAZOU, M. Bertrand ARCAUTE, M. Eric SOLYOM, M. Michel KNAFO, M. Alexandre HEGO DEVEZA, M. Victor EMONET-DENAND M. Thierry DENIS

FONCTIONS-DYSFONCTIONS , IMAGERIE, BIOMATERIAUX

Maîtres de Conférences : Mme Sabine JONIOT, M. Karim NASR, M. Paul MONSARRAT
Assistants : M. Thibault CANCEILL, M. Julien DELRIEU, M. Paul PAGES
Adjoints d'Enseignement : Mme Sylvie MAGNE, M. Thierry VERGÉ, Mme Josiane BOUSQUET, M. Damien OSTROWSKI

Mise à jour pour le 25 mai 2021

À mes parents, votre soutien est si important à mes yeux, vous m'avez tant appris, je suis fier d'être votre fils, cette thèse elle est pour vous. Je vous aime.

À Léa, à Cynthia, je ne pouvais que rêver d'avoir deux sœurs comme vous, j'ai de la chance de pouvoir compter tous les jours sur votre présence. À Bilal, heureux que tu fasses partie de la famille (les QR code dans cette thèse ils sont justes pour toi), je te souhaite que du bonheur !

À ma famille du Liban, à ma famille de Saint-Etienne, loin des yeux près du cœur comme on dit… Je dédis ce travail à mes grands parents, les rares moments partagés avec vous, je ne les oublierai pas.

À mes amis d'enfance, Alary (mon frérot), Delphine (un nouveau départ cette année, tu seras une grande médecin !), Claire (ma Gaby !), Carlyne, Alex, Mélinda, Adoren, Tanguy, Yassine..

À Manon Z, quelle chance de t'avoir eu en tant que binôme, j'ai hâte de venir te voir sur ton caillou avec mes savates !

Aux ploucs, mes amis de promo, une vraie famille, je suis obligé de tous vous citer : Colas, Manon U, Martin, Charles, Max, Thomas, Paul le nouveau stéphanois, Kévin, Pierre (pressé de voir tes photos du Congo), Alex, Mathilde, Dine. Des amis pour la vie.

À Sarah (hâte de revenir boire septante verres à Bruxelles en ta compagnie), Aurélie, Soundouss, Youssef.. À Matthias, Jeff, Brice, Alex. À Chloé, Audrey, Caro, Marie-Clémence, Maité

À Souillac, le plus beau village de France je crois, cette année était riche d'expérience, toute l'équipe est incroyable : Frédéric, Joanna, Sarah, Sandrine, Patricia, à très bientôt, promis.

Au théâtre, à l'improvisation, à toutes ces belles années à la comédie de Toulouse. Aujourd'hui c'est en quelque sorte ma représentation de fin d'année.

À vous tous que je n'ai pas cité mais qui compte dans mon cœur, à tous ceux qui ont partagé un bout de mon chemin, à toi lecteur qui lit ces quelques mots, merci.

À notre Présidente du Jury,

Madame la Professeur Cathy NABET,

-Professeur des Universités, Praticien hospitalier d'Odontologie,

-Docteur en Chirurgie Dentaire,

-Diplôme d'Etudes Approfondies de Santé Publique –Epidémiologie

-Docteur de l'Université Paris XI,

-Habilitation à Diriger des Recherches (HDR),

-Lauréate de la Faculté de Médecine,

-Lauréate de l'Université Paul Sabatier,

-Lauréate de l'Académie Nationale de Chirurgie Dentaire

Nous vous remercions de l'honneur que vous nous faites de présider notre jury. Vous nous avez transmis votre passion de la rigueur scientifique. Nous vous en remercions chaleureusement et vous témoignons notre profond respect.

À notre jury de thèse,

Monsieur le Docteur Rémi ESCLASSAN,

-Maître de Conférences des Universités, Praticien Hospitalier d'Odontologie,-Docteur en Chirurgie Dentaire,-Docteur de l'Université de Toulouse (Anthropobiologie),

-D.E.A. d'Anthropobiologie-Ancien Interne des Hôpitaux,

-Chargé de cours aux Facultés de Médecine de Toulouse-Purpan, Toulouse-Rangueil et Pharmacie (L1),

-Enseignant-chercheur au Laboratoire d'Anthropologie Moléculaire et Imagerie de Synthèse (AMIS –UMR 5288 –CNRS),

-Lauréat de l'Université Paul Sabatier.

Votre présence était indispensable pour nous au sein de ce jury. Ce fut avec grand plaisir que j'ai pu participer au monitorat de prothèse fixée à vos côtés. Je me souviendrai longtemps de votre bonne humeur et de votre gentillesse auprès de nous. Veuillez trouver ici le témoignage de ma plus grande gratitude.

À notre jury de thèse,

Monsieur le docteur Karim NASR,

-Maître de Conférences des Universités, Praticien Hospitalier d'Odontologie - Docteur en Chirurgie Dentaire,

-Lauréat de l'Université Paul Sabatier,

-Master 1 mention Biotechnologie-Biostatistiques,

-Master 2 Recherche en Science des Matériaux,

-Certificat d'Etudes Supérieures de technologie des matériaux employés en Art Dentaire,

-Certificat d'Etudes Supérieures de prothèse Dentaire (Option prothèse Scellée),

-Responsable du domaine d'enseignement Imagerie et Numérique,

-Responsable de l'Attestation d'Etudes Universitaires d'Imagerie Maxillo-Faciale (CBCT),

-Responsable du Diplôme Universitaire de CFAO en Odontologie,

-Chargé de mission à la Faculté de Chirurgie Dentaire de Toulouse

Nous vous remercions d'avoir accepté notre sollicitation pour faire parti de notre jury, nous admirons vos connaissances et nous vous remercions de nous les partager. Nous nous souviendrons de l'excellent enseignement que vous avez su nous apporter, sur le plan théorique et clinique. Veuillez trouver ici notre profonde reconnaissance.

À notre Directeur de thèse,

Monsieur le Docteur Romain DUCASSE,

-Assistant hospitalo-universitaire en dentisterie restauratrice à l'université de Toulouse.

-Docteur en Chirurgie Dentaire

-Certificat d'étude supérieure en dentisterie endodontique et restauratrice de la faculté d'odontologie de Toulouse.

-Diplôme d'études supérieures universitaire en odontologie restauratrice et esthétique de la faculté d'odontologie de Marseille.

Je suis sensible à l'honneur que vous m'avez fait d'avoir accepté de diriger cette thèse et d'y avoir apporté votre expérience et vos compétences.

C'est en début de quatrième année, que nous vous avons rencontré. Votre encadrement, votre rigueur, votre sens du détail ainsi que votre passion ne nous ont pas laissé indifférents. Votre méthode est un exemple pour nous, nous vous devons beaucoup. Nous espérons pouvoir poursuivre nos échanges constructifs dans notre futur exercice libéral. Veuillez trouver ici le témoignage de mon profond respect.

SOMMAIRE

INTRODUCTION 12

PARTIE I : La prise de teinte traditionnelle, histoire, teintiers, protocoles, limites 14

I.1 Atlas de Munsell 17
I.1.1 La luminosité 17
I.1.2 La saturation 18
I.1.3 La teinte 18
I.2. Modèle CIE L*a*b* 19
I.3. Historique des principaux teintiers classiques en dentaire : 21
I.3.1 Teintier LUMIN VACUUM de Vita 21
I.3.2 Teintier Chromascop d'Ivoclar-Vivadent 23
I.3.3 Teintier 3D-Master de Vita 24
I.4. Facteurs influençant le choix lors de la prise de teinte et biais 28
I.5. Relevé instrumental 31
I.5.1 Colorimètre 31
I.5.2 Spectrophotomètre 32

PARTIE II : La photographie au service du résultat esthétique 37

II.1. Matériel et accessoires 39
II.1.1 Les boitiers reflex 39
II.1.2 L'objectif 40
II.1.3 Le flash macro 40
II.1.4 Les écarteurs 40
II.1.5 Les miroirs 41
II.1.6 Les contrasteurs 41
II.2. Notions à prendre en compte 41
II.2.1 L'exposition 41
II.2.2 La profondeur de champ 44
II.2.3 La mise au point 44
II.2.4 Le cadrage 45
II.2.4 Le rapport de grossissement 45
II.2.5 La résolution 45
II.2.6 Le format d'enregistrement 45
II.3. Le charting photo : 46
II.3.1 Les photographies extra buccales : 47
II.3.2 Les photographies intra buccales : 48

PARTIE III : La photographie au service de la prise de teinte : naissance du concept eLAB 51
III.1. Au fauteuil : une prise de clichés photographiques numériques normalisées. Standardisation de l'acquisition des images 53
III.1.1 Filtre de polarisation croisée 54
III.1.2 Carte de gris et balance des blancs 56
III.1.3 Les paramètres à respecter 59
III.1.4 La distance de prise de vue 60
III.2. À l'ordinateur : standardisation du traitement des images 62
III.2.1 Calibration des photographies 62
III.2.2 Analyse de la couleur de la photographie numérique 64
III.3. Au laboratoire de prothèse : réalisation de la restauration unitaire antérieure, le céramiste au cœur du protocole 65
III.3.1 Un choix de céramique normalisé 65
III.3.2 L'essayage virtuel, le *virtual try in* 67
III.3.3 Notion de ΔE 70
III.3.4 L'application eLAB prime 72
CONCLUSION 77
BIBLIOGRAPHIE 78
TABLE DES ILLUSTRATIONS 81

INTRODUCTION

Lors de réhabilitation antérieure unitaire, le choix de la teinte est un véritable défi. L'un des premiers facteurs d'insatisfaction des patients en dentisterie esthétique est la mauvaise reproduction de la couleur. La communication entre le praticien et le céramiste est essentielle pour l'obtention d'un résultat optimal. La communication de la couleur se faisait jusqu'à présent grâce à l'utilisation de teintiers, les plus répandus sont le Vita Classical et le Vita 3D Master. Or, ces teintiers, bien que pratiques, ne répondent pas à la demande esthétique de nos patients, mais aussi à la transmission exhaustive des informations colorimétriques pour les céramiques translucides.

Le résultat colorimétrique final obtenu est égal à la teinte demandée plus à la superposition de la teinte du moignon en fonction de l'épaisseur et de la translucidité de la céramique utilisée ; tout cela pondéré par le composite de collage utilisé.

Les teintiers présentent de nombreux inconvénients, ils dépendent du degré d'acuité visuelle de l'opérateur. On peut avoir une éventuelle incompatibilité du teintier avec le matériau de restauration choisi ; il existe une différence de teinte entre les teintiers de même marque mais provenant de lots de fabrication différents. La répartition des teintes dans les teintiers classiques est uniforme et illogique. De plus, nous notons une absence de normes sur la concordance des teintes entre les fabricants de système de céramique. En dentisterie esthétique, nous avons évolué dans de nombreux domaines, cependant nous avons gardé dans nos tiroirs les teintiers VITA créés en 1956... La première partie de ce travail traitera la prise de teinte traditionnelle.

Par ailleurs, demander à nos patients de se rendre chez le céramiste pour prendre une teinte est contraignant et n'est plus viable. La disponibilité de nos patients et l'éloignement géographique de nos céramistes sont autant de facteurs qui empêchent le déplacement de nos patients dans les laboratoires de prothèse.

S.Hein, P. Bazos et J. T. Guadix ont ainsi élaboré un protocole permettant une communication optimale entre le céramiste et le praticien en permettant une prise de teinte objective pour une réhabilitation esthétique. Ce protocole prend le nom de eLAB, il sera traité dans la dernière partie de ce travail.

La photographie numérique prend une place capitale dans ce protocole de communication des couleurs, l'appareil photo numérique est un outil indispensable dans la pratique contemporaine d'un chirurgien dentiste. La deuxième partie de cette thèse, quant à elle, sera consacrée à cette gestion de la photographie au cabinet dentaire.

Les patients d'aujourd'hui sont plus attentifs à l'esthétique de leurs restaurations, cela est encore plus vrai en antérieur.

À des fins didactiques et pour améliorer les illustrations visuelles de ce travail, des QR code ont été introduit en lieu et place de certaines figures. Mode d'emploi : à l'aide de votre smartphone, sur le mode appareil photo, vous pourrez ouvrir le lien vous permettant d'accéder à des vidéos en question.

PARTIE I : La prise de teinte traditionnelle, histoire, teintiers, protocoles, limites

Un facteur clé dans la réussite d'une réhabilitation prothétique est le bon enregistrement de l'information chromatique ainsi que sa transmission. (1) La teinte et la saturation sont principalement apportées par la dentine. L'émail quant à lui, par sa translucidité, déterminera la luminosité de la dent.

Un teintier est un dispositif composé de plusieurs pastilles de couleurs qui se rapprochent des couleurs connues dans la nature.

Le principe du teintier est de trouver un échantillon de teinte le plus proche possible de la dent naturelle. L'enregistrement de l'information chromatique consiste à comparer les échantillons d'un teintier avec la dent adjacente à la restauration pour trouver la couleur qui s'en rapproche le plus. Il est d'usage de noter sur un schéma divisé en trois parties (cervical, moyenne, incisale) les trois couleurs relevées. Le choix de l'échantillon se fait donc de manière comparative où le clinicien détermine à l'œil la correspondance entre la dent du patient avec la pastille du teintier.

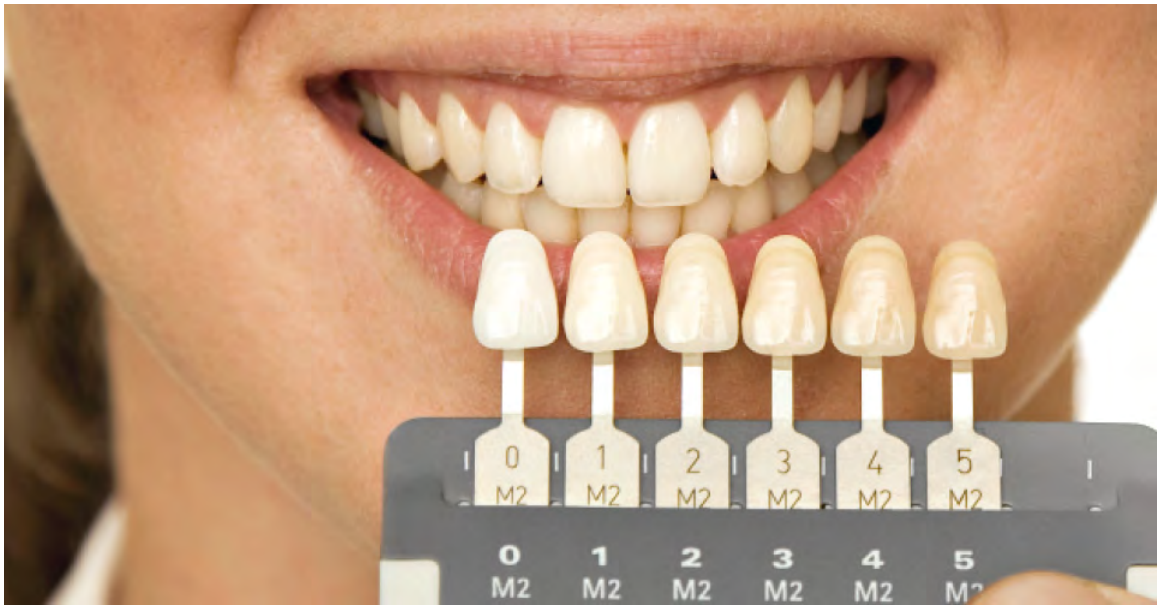


Figure 1 : relevé visuel de la couleur à l'aide d'un teintier

C'est au cours des années 1930 que les premiers teintiers sont apparus dans le monde dentaire. Le teintier sert alors de pont, d'interface, entre la cavité buccale de notre patient et le laboratoire de prothèse qui effectuera la restauration (facette, inlay, onlay, couronnes, bridges,..). Ce transfert de données chromatiques tient compte de plusieurs paramètres permettant au praticien de sélectionner un ou plusieurs échantillons de teintes parmi une gamme de pastilles présentes dans le teintier. Ce choix d'échantillons reste subjectif, il est praticien dépendant, il varie en fonction de la vacuité visuelle du chirurgien dentiste ou du céramiste. L'ambiance lumineuse lors de la prise de teinte, la fatigue visuelle, le choix du matériau de restauration, sont autant de facteurs qui contribuent à l'aspect aléatoire dans l'enregistrement de l'information chromatique. Cependant, malgré ces inconvénients, les teintiers classiques sont restés un outil pratique d'utilisation pour la prise de teinte jusqu'aujourd'hui.

Dans l'obscurité on ne perçoit pas les couleurs, la lumière est donc indispensable à la visibilité de la lumière. Romain Ceinos et Jean François Lasserre décrivent dans le magazine l'ID de novembre 2020 consacré à la couleur, une triade de la perception colorée. Les trois éléments de cette triade participants à la vision des couleurs sont la lumière environnante, les substrats dentaires (l'objet) et l'observateur. (2) Quand la **lumière** environnante varie, elle modifie notre perception de la couleur. Elle doit nécessairement inclure l'ensemble des longueurs d'onde du visible et ne doit pas être trop forte ou trop faible. Les **substrats dentaires** sont très complexes, l'anatomie et l'histologie des dents rendent les jeux de réflexion lumineuse très variables. L'émail par exemple réfléchira une partie de la lumière incidente, on parlera de réflexion spéculaire. Enfin, l'**observateur** présentera une très forte variabilité inter individuelle et intra individuelle.

Les trois éléments de la triade de perception de la couleur montrent ainsi des variabilités sur de nombreux aspects, la problématique de l'enregistrement de la couleur est de loin une question simple à appréhender.

La couleur est une sensation qui s'explique par la stimulation des cellules sensorielles rétiniennes photoréceptrices présentes dans la rétine. On distingue deux catégories de photorécepteurs dans la rétine : les cônes et les bâtonnets. La vision des couleurs se fait grâce aux 6 à 7 millions de cônes. Ils sont de trois types en fonction de leur sensibilité au rouge, au vert ou au bleu. Les bâtonnets sont eux sensibles à la luminosité, ils sont entre 75 et 150 millions, leur sensibilité est bien supérieure à celle des cônes. (3,4)

La représentation de la couleur est illustrée par de nombreux systèmes. Deux de ces systèmes sont intéressants en dentaire : l'atlas de Munsell (1905) et le modèle CIE L*a*b* (1976). (5)

I.1 Atlas de Munsell

A.H. Munsell, en 1905, met en avant un atlas qui analyse la couleur à travers trois volets : la luminosité, la saturation et la teinte (système TSL en français ou HCL en anglais pour *Hue*, *Chroma*, *Luminosity*). Ces deux dernières dimensions sont regroupées par un seul terme : la chromaticité. A.H. Munsell illustre ces trois dimensions de la couleur avec un cylindre. Ce modèle de représentation de la couleur est qualitatif : il est descriptif et permet de bien comprendre les trois paramètres de la couleur.

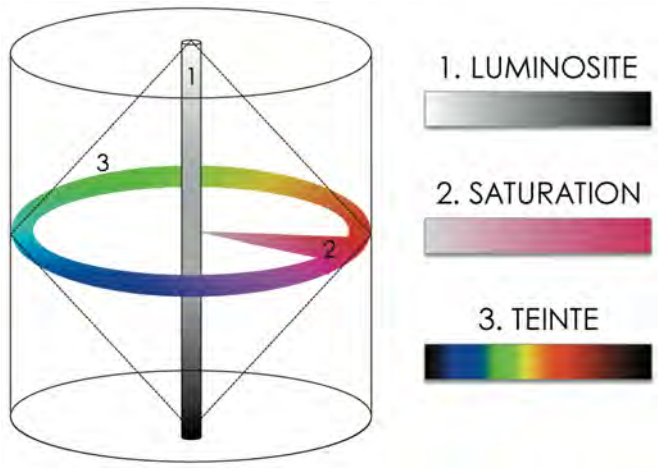


Figure 2 : cylindre de Munsell illustrant les trois paramètres distincts de la couleur, classés par ordre d'importance

I.1.1 La luminosité

La luminosité est appelée également luminance ou brillance. Ce déterminant de la couleur correspond à la quantité de blanc (se définit sur l'axe blanc/noir dans le système de représentation de la couleur). Nous sommes très sensibles à la luminosité grâce à nos nombreux bâtonnets. C'est un facteur essentiel et primordial dans la réussite d'une restauration esthétique, un mauvais choix de luminosité entraîne un réel échec de résultat. Lors de la détermination de la couleur de notre restauration, la luminosité est le facteur qui aura le plus d'influence sur le résultat final (information importante à considérer lors du choix du teintier). La luminosité d'une dent diminue avec le vieillissement car l'émail s'amincit. L'œil humain a un fort tropisme pour la lumière réfléchie.

I.1.2 La saturation

La saturation est appelée également intensité ou densité de la couleur : elle correspond à la quantité de teinte contenu dans une couleur. C'est le deuxième facteur de réussite esthétique dans les restaurations. Elle est essentiellement influencée par la dentine même si l'épaisseur de l'émail joue également un rôle dans la saturation. (6) Ainsi, la saturation est importante dans la région cervicale et elle décroît en direction du tiers incisif. Dans le cylindre de Munsell, la saturation se trouve sur le rayon du cylindre, la teinte est d'autant plus saturée que l'on se rapproche de la périphérie du cylindre. La saturation est inversement proportionnelle à la luminosité (7).

Figure 3 : coupe longitudinale d'une incisive centrale montrant la relation entre la dentine et l'émail

I.1.3 La teinte

La teinte, appelée également tonalité chromatique ou ton : le terme couleur est souvent utilisé à tort pour évoquer ce facteur, mais il est la convergence en réalité des trois facteurs réunis (luminosité, saturation et teinte). La teinte est la longueur d'onde réfléchie prédominante dans le

spectre du visible, elle est représentée dans le cylindre de Munsell sur la périphérie. Il d'agit du facteur le moins important dans la réussite esthétique d'une restauration (pourtant les teintiers VITA classical et Chromascop d'Ivoclar Vivadent sont construits selon ce paramètre, cf partie I.3).

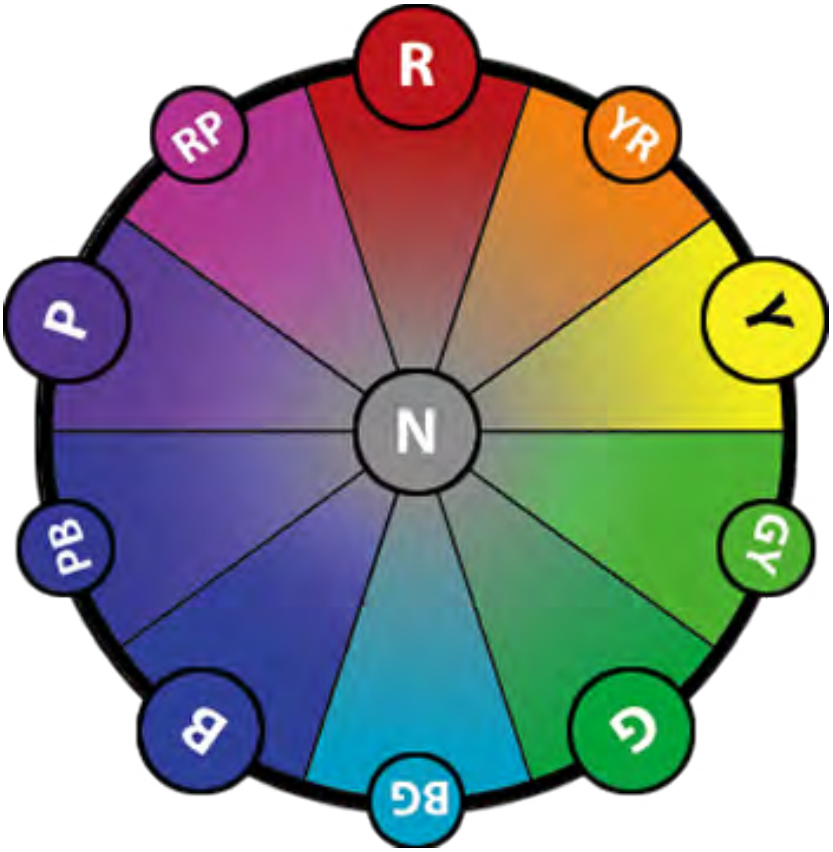


Figure 4: cercle des teintes du cylindre de Munsell.

I.2. Modèle CIE L*a*b*

Le modèle CIE L*a*b* a été élaboré en 1976 par la Commission Internationale de l'Eclairage. L'intérêt de ce système de représentation de la couleur est son utilisation clinique pour quantifier les différences de couleurs numériquement. (8) Ce modèle a été pensé de sorte que les distances mesurées entre les différents points correspondent aux différences visibles

par l'œil humain. (9) Ce modèle est représenté par une sphère à trois axes : L*, a* et b*, il est quantitatif.

◆L* allant de 0 (noir) à 100 (blanc) définit la luminosité sur un axe vertical.
◆La composante a* correspond à l'axe des rouges en valeurs positives et des verts en valeurs négatives, en passant le par le gris à 0.
◆La composante b* correspond à l'axe des jaunes en valeurs positives et des bleus en valeurs négatives, en passant par le gris à 0. (10)

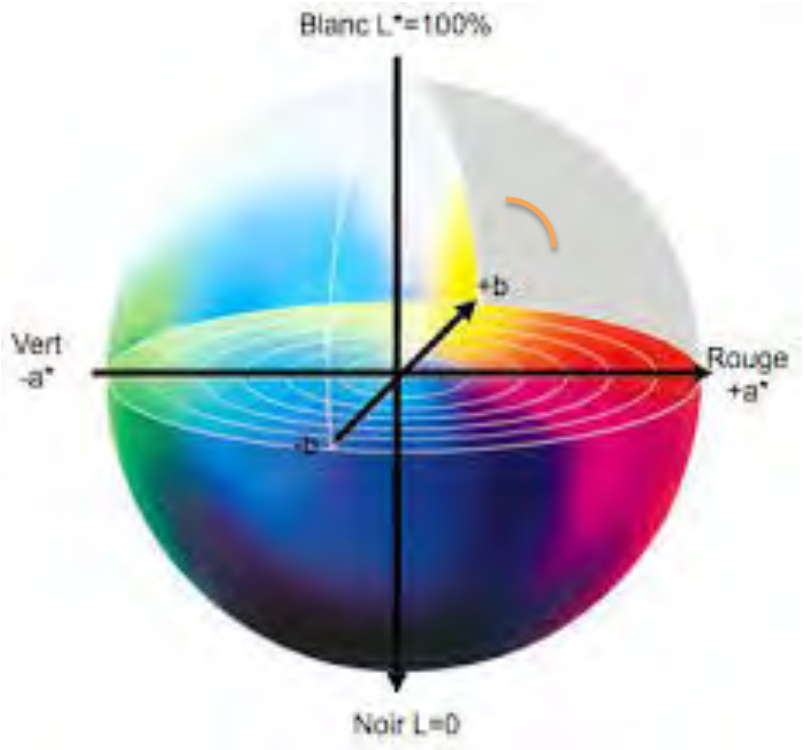


Figure 5 : sphère représentant l'espace colorimétrique CIE L*a*b*

Une portion seulement de l'espace CIE L*a*b* représentée par la lune orange sur le schéma inclus les couleurs des dents naturelles qui correspond à une gamme allant du jaune au jaune orangé.

I.3. Historique des principaux teintiers classiques en dentaire :

I.3.1 Teintier LUMIN VACUUM de Vita

En 1956 est créé le premier teintier pour transmettre la couleur au niveau des prothèses dentaire, nommé LUMIN VACUUM de Vita pour les premières couronnes Jackets.

A ce jour, c'est le teintier le plus utilisé pour les travaux de céramique en dentaire. Les industriels de céramique proposent presque tous des poudres de céramiques référencées selon les échantillons de ce teintier. La conception de ce teintier est empirique, elle regroupe un panel d'échantillons limité mais représentatif des couleurs de la denture naturelle. La répartition des échantillons n'est pas uniforme et est illogique. Au sein d'une même pastille la couleur peut varier.

La répartition se fait en quatre groupes regroupant des tonalités communes : groupe A, B, C et D. Au sein de chaque groupe les échantillons sont classés en fonction de leur saturation : du moins saturé (noté 1) au plus saturé (noté 4). L'ordre des échantillons n'a pas été établi scientifiquement.

Pour ne pas se sentir dépendantes de la société Vita et s'assurer une pérennité dans le temps, plusieurs compagnies se sont regroupées afin de créer un teintier commun. Ce dernier regroupe exactement les mêmes échantillons que celui du LUMIN VACUUM auxquelles il a été ajouté quatre teintes appelées « bleach ». Ce teintier a été baptisé Shade Guide d'Ivoclar.

Les teintes bleach sont artificielles, elles n'existent pas dans la nature. Ce sont les doléances de patients américains qui ont incité à faire des teintes plus blanches que la nature.

Comment utiliser ce teintier ?

Pour relever l'information chromatique, il suffit de sélectionner un groupe de tonalité (A, B, C ou D) puis au sein de ce groupe de choisir une saturation appropriée.

- Groupe A : tonalité rougeâtre-brunâtre
- Groupe B : tonalité jaunâtre-rougeâtre
- Groupe C : tonalité grisâtre
- Groupe D : tonalité gris-rougeâtre

Nous notons que les groupes se répartissent donc en fonction de la teinte des pastilles, qui est pourtant le facteur le moins important dans le choix de la couleur de la restauration.

Pour l'aspect pratique, il suffit de placer les pastilles du teintier le plus près de la dent et garder 25 à 30 cm de recul pour observer. Le choix, qui doit être rapide, se fait en regardant la zone centrale de la pastille uniquement. Il faudra ensuite désinfecter le teintier après chaque utilisation.

L'axe de la pastille sur la dent est important ; s'il est trop vestibulé cela influencera la captation de lumière et donc la teinte. Il faut être coplanaire entre la pastille et la dent.

Ce teintier ne présente pas assez d'échantillons saturés notamment utiles pour les dents des personnes âgées.

Ce problème lié au choix de la luminosité a été réfléchi par la société Vita qui a élaboré un nouveau teintier en 1998 : le teintier 3D-Master. Celui-ci intègre un gradient de luminosité facilitant le choix et le mélange de teintes.

Figure 6 : premier teintier et présentation publicitaire du Lumin Vacuum (1956). Documentation VITA.

I.3.2 Teintier Chromascop d'Ivoclar-Vivadent

En 1990, Ivoclar-Vivadent introduit son teintier Chromascop. Ce dernier classe les échantillons par groupe de teinte, puis de saturation au sein de chaque famille.

Il s'agit du teintier de référence pour l'industriel Ivoclar-Vivadent. Ce teintier se divise en cinq groupes de teinte :

- Groupe 100 : « blanc »
- Groupe 200 : « jaune »
- Groupe 300 : « brun clair »
- Groupe 400 : « gris »
- Groupe 500 : « brun foncé »

On peut ajouter un groupe « bleach » pour les éclaircissements.

Dans chaque groupe, nous comptons 4 échantillons rangés par saturation croissante et par luminosité décroissante.

On compte alors 20 échantillons dans ce teintier ainsi que 4 au sein du groupe « bleach ».

Le numéro des centaines permet de déterminer le groupe, le numéro des

dizaines détermine la saturation et la luminosité.

Il est important de savoir qu'il n'existe aucune correspondance directe entre les teintiers Vita et les Chromascop. Lorsque l'enregistrement de l'information chromatique se fait avec un teintier LUMIN VACUUM de Vita, la société Ivoclar a dû créer des poudres de céramique référencées « Vita ».

Cependant, le teintier Chromascop présente un bon nombre d'échantillons saturés, utiles pour les patients âgés.

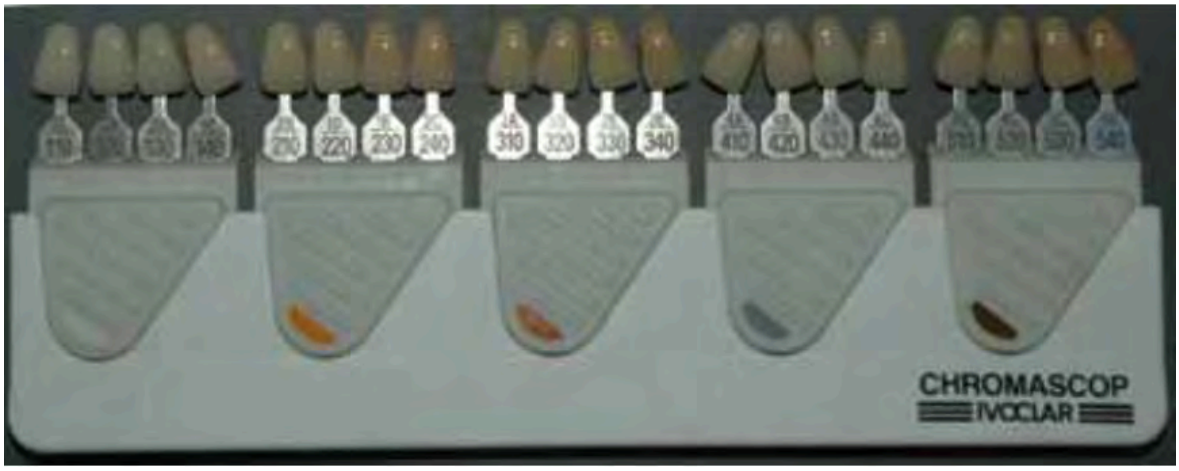


Figure 7 : le teintier Chromascop

I.3.3 Teintier 3D-Master de Vita

En 1998, Vita met sur le marché son deuxième teintier : le teintier 3D-Master. Il s'agit du premier teintier classant les échantillons par luminosité puis par teinte et saturation. Lors de sa mise sur le marché, le teintier LUMIN VACUUM change de nom et devient ainsi le Vita CLASSICAL.

L'organisation du teintier 3D-Master est plus claire et plus logique comparativement au CLASSICAL. La luminosité est compliquée à appréhender lors de la prise de teinte, pourtant elle représente à elle seule

environ 10% de la réussite finale esthétique de la restauration. C'est le premier teintier qui classe les échantillons de manière scientifique. Ce teintier représente une véritable avancée dans le choix visuel de la couleur.

Inversement au teintier Vita CLASSICAL, les teintes du teintier 3D-Master sont classées selon la luminosité. Ainsi les 26 teintes (+les 3 bleach) sont rangées en cinq groupes de luminosité commune. On observe une luminosité croissante de 4% entre chaque groupe. Les échantillons sont répartis en fonction de leur teinte et de leur saturation au sein d'un même groupe. La teinte peut être L, light (jaune) ; M, medium (jaune-rouge ou orange) ; R, rouge. La saturation est représentée avec un chiffre de 1 à 3.

Au sein d'un même groupe, les échantillons sont répartis en fonction de la teinte.

Au sein d'une teinte, ils sont répartis en fonction de leur saturation.

Comment utiliser ce teintier ?

L'enregistrement de l'information chromatique se fait en trois étapes. Le principe du teintier 3D-Master est de déterminer en tout premier la luminosité de l'émail (un des paramètres les plus importants dans la réussite esthétique finale). Pour cette détermination le principe est de récupérer la barrette M de chaque groupe de luminosité. Il est important de prendre un échantillon de teinte central dans chaque groupe de luminosité et de déterminer la luminosité.

Une fois la détermination de la luminosité effectuée, on choisira la teinte au sein du groupe sélectionné. On passera les 3 barrettes de la même luminosité pour déterminer la bonne teinte. On choisira la teinte en fonction de l'aspect plus ou moins rougeâtre ou jaunâtre (L, M ou R) de la dent.

Une fois la teinte déterminée, on ouvrira la barrette choisie pour déterminer la saturation.

Le teintier VITA 3D-MASTER se compose d'une boîte en plastique où viennent se loger un VITA Valueguide 3D-MASTER et cinq VITA Chroma / Hueguides 3D-MASTER. (11)

Le VITA Valueguide 3D-MASTER, placé sur le dessus, comporte 6 pastilles de couleur correspondants aux groupes de luminosité 0 à 5, chacun dans la teinte médiane neutre M et le degré de saturation 2 : 0M2, 1M2, 2M2, 3M2, 4M2, 5M2.

Puis, nous trouvons 5 VITA Chroma / Hueguides 3D-MASTER rangés à la verticale dans la boîte qui regroupent à eux tous les 29 échantillons faisant partie du VITA SYSTEM 3D-MASTER. Ces couleurs se répartissent parmi les 5 VITA Chroma / Hueguides 3D-MASTER de la façon suivante :

1e degré de luminosité 0/1 : 0M1, 0M2, 0M3, 1M1, 1M2

2e degré de luminosité 2 : 2M1, 2L1.5, 2R1.5, 2M2, 2L2.5, 2R2.5, 2M3

3e degré de luminosité 3 : 3M1, 3L1.5, 3R1.5, 3M2, 3L2.5, 3R2.5, 3M3

4e degré de luminosité 4 : 4M1, 4L1.5, 4R1.5, 4M2, 4L2.5, 4R2.5, 4M3

5e degré de luminosité 5 : 5M1, 5M2, 5M3

Il faudra donc dans un premier temps déterminer la luminosité de la dent grâce au VITA Valueguide 3D-Master, puis choisir la saturation et la teinte avec le VITA Chroma/Hueguide 3D-Master correspondant.

Le fabricant conseille de définir la couleur à la lumière du jour ou sous 4500K-5500K, la sélection doit être rapide car les yeux fatiguent assez vite. L'environnement doit être le plus neutre possible, le rouge à lèvre et le maquillage sont à éviter.

Figure 8 : le teintier VITA 3D

Le nombre d'échantillons dans un teintier influe sur le bon choix du praticien lors de la prise de teinte. Un nombre trop important d'échantillons rend difficile le choix de la teinte et augmente la fatigue visuelle due à une grande concentration exigée. Un nombre trop faible d'échantillons n'offre pas un choix suffisant pour couvrir tout le panel de teintes sur les dents naturelles. Cependant, au début des années 1930, Clarkle a montré qu'un teintier représentant l'ensemble des couleurs perceptibles des dents devrait englober environ 800 teintes unitaires. Cette démonstration illustre bien que le problème lié à une bonne représentativité de la couleur des dents prothétiques se posait déjà il y a près d'un siècle. (12) Les teintiers actuels contenants que quelques dizaines de pastilles exposent le fait qu'il a fallu faire des choix parmi des teintes, et qu'elles n'englobent pas l'ensemble des tonalités des dents présentes dans la nature.

La répartition des échantillons de teinte est importante, un rangement logique est nécessaire pour assurer visuellement un bon choix.

L'âge, le sexe, la fatigue visuelle, l'expérience du praticien et les dyschromatopsies sont autant de facteurs qui rendent le relevé visuel de la couleur inconstant et subjectif. (13) (14)

I.4. Facteurs influençant le choix lors de la prise de teinte et biais

Il existe de nombreux paramètres jouant sur la prise de teinte. Une liste non exhaustive de facteurs a été cité ci dessous.

◆Les dents adjacentes et antagonistes. S'il n'y pas de dent adjacente, un effet de contraste marqué sera observé dû à l'aspect sombre de la bouche, la dent paraitra ainsi plus clair de part cet effet. L'arrière plan a un fort impact sur la perception de la couleur, il a été montré la grande difficulté du relevé de la couleur sur un bord incisif de part sa proximité avec un arrière plan très visible (cavité buccale du patient). (12) Le cerveau humain perçoit la couleur d'un élément en fonction de la scène qui l'entoure. (2)

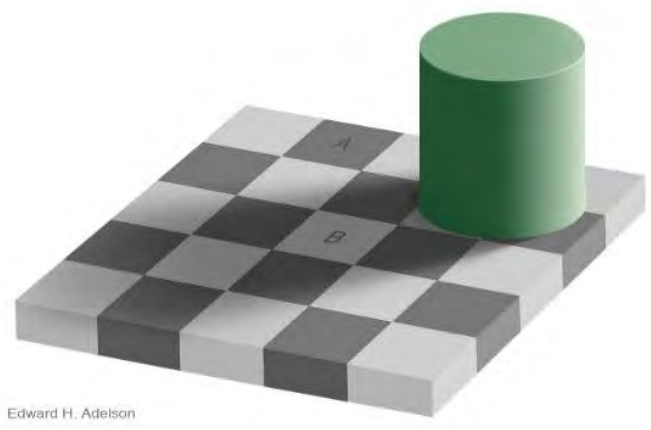


Figure 9 : l'expérience d'Adelson

L’expérience d’Adelson montre l’influence des jeux d’ombre sur la perception de la couleur d’un élément. En effet, les cases A et B sont de la même couleur pourtant notre cerveau distingue une réelle différence de couleur entre ces deux cases. Ces ombres sont pourtant bien présentes en bouche (joues, lèvres).

◆Le sexe de l’observateur. (15)

◆La pigmentation gingivale, plus la gencive est foncée (inflammation de la gencive par exemple) plus la dent paraîtra claire.

◆Il est important d’éviter la présence de rouge à lèvre lors de la prise de teinte. Même effet qu’évoqué précédemment, le contraste donnera un aspect plus blanc aux dents de par cet effet d’optique.

◆Le visage au sens large, un fond de teint très opaque et foncé sur une peau influencera également le choix de la teinte.

◆Il est important de prendre la teinte en début de séance sans utiliser de spray au préalable qui assèche la dent et la rend plus blanche ; l’hydratation de la dent joue un rôle non négligeable sur la teinte de la dent.

◆Les dyschromatopsies de l’observateur sont à noter, il s’agit des défauts acquis ou héréditaires de perception des couleurs. Les autres pathologies de la vue de l’observateur sont également des biais lors de la prise de teinte.

◆La qualité de la lumière environnante joue sur le résultat du relevé de la couleur. Ce dernier est différent selon l’éclairage environnant lors de la prise de teinte (16) (17).

◆La subjectivité de la perception de la couleur, le choix de la couleur dépend de plusieurs paramètres émotionnels, physiologiques,

psychologiques, elle renvoi aux expériences passées de l’observateur. La perception critique des couleurs varie d'un individu à l'autre (13).

◆Il existe une variation du choix de la couleur chez un même chirurgien dentiste en fonction de son humeur, de son stress, de sa fatigue oculaire, de sa prise de médicaments pouvant affecter la vision, du nombre de prise de teintes effectuées dans la journée. Effectivement, on note une fatigue oculaire par saturation des photorécepteurs rétiniens. L’âge du praticien influe également, en effet il est observé une altération du cristallin au fil des années avec une diminution de la perception des contrastes et des bleus ; l’acuité visuelle diminue, les couleurs virent au jaune. (18)

◆Au fil des années, l’âge du patient a une influence sur la couleur de ses dents. (19)

◆Nous notons une non uniformité de couleurs sur la surface d’une même dent, il y a ainsi une meilleure cohérence du relevé de la couleur lorsque l’on relève la couleur sur plusieurs points d’une même dent (tiers incisal, tiers médian et tiers cervical).

◆Il a été montré des différences de couleur entre des teintiers de même référence mais provenant de lots de fabrications différents chez un même fabricant. (20)

L’évolution constante des teintiers met en avant l’imperfection de ce système. Le relevé de la couleur par un teintier donne des résultats inconstants.

Les nombreux teintiers créés au fil du temps montrent la difficulté pour les industriels de fabriquer un teintier reproductible et efficace pour la prise de teinte. Le teintier parfait n’a pas été trouvé aujourd’hui. La forte subjectivité opératoire lors du choix de la couleur a poussé les industriels a proposé des moyens d’enregistrements de la couleur différents du teintier

classique. Des appareils de mesure colorimétrique, les spectrophotomètres, sont donc arrivés sur le marché.

Avec les teintiers classiques, la prise de teinte est inconstante, elle est influencée par de nombreux facteurs (voir biais). La perception visuelle du chirurgien dentiste est fondamentale, hors la vue est différente entre les individus et évolue au cours de la vie d'un individu (le cristallin s'opacifie avec l'âge).

I.5. Relevé instrumental

Depuis quelques années, des instruments permettant d'objectiver les trois dimensions de la couleur sont apparus : les colorimètres et les spectrophotomètres. L'un des avantages de ces instruments est leur rapidité, ce qui permet d'éviter la déshydratation des dents due à l'ouverture prolongée de la bouche de nos patients.

I.5.1 Colorimètre

Il s'agit du premier instrument de détermination de la couleur à être utilisé en dentaire. Le principe de cet instrument est de mesurer la couleur grâce à un procédé optique qui relie le flux lumineux de l'échantillon avec les composants optiques (bleu, vert, rouge) pour obtenir un résultat unique sous une source lumineuse unique. Ainsi, l'analyse du spectre de la réflexion lumineuse se fait à travers trois filtres (rouge, vert et bleu) et permet de définir une couleur grâce à ses coordonnées trichromatiques. Pour compenser le vieillissement de la lampe source, il faudra étalonner le colorimètre sur le blanc avant chaque mesure.

Il est recommandé d'utiliser ces instruments au fauteuil pour déterminer la couleur des dents et au laboratoire de prothèse pour contrôler la couleur des prothèses.

Exemple : Commercialisation du Shade Eye Chroma Meter de Shofu en 1998 : le premier à être commercialisé. Son utilisation est restreinte puisque la prise de teinte est limitée à l'analyse spectrale de la réflexion lumineuse en un seul point. De plus, seule la céramique Shofu permet d'obtenir des résultats convenables.

Le colorimètre mesure les trois fonctions colorimétriques définies dans l'espace colorimétrique XYZ de 1931, appelées en anglais « tristimulus values », et permet de définir les courbes de sensibilité spectrale de trois détecteurs de lumière qui conduisent aux valeurs X, Y et Z en filtrant la lumière selon trois domaines du spectre visible : rouge, vert et bleu. Cette conception se rapproche du fonctionnement de l'œil humain : de façon très simplifiée, les coordonnées X, Y et Z correspondent aux réponses rouge, verte et bleue des cônes de la rétine. (8)

Une image de la dent entière est donnée, en divisant le résultat en trois tiers : cervical, moyen et occlusal.

Les colorimètres sont moins précis que les spectrophotomètres, et ne mesurent pas la réflexion lumineuse. Ils se révèlent très fiables in vitro, mais présentent des inconvénients plus importants in vivo. En clinique, ces appareils ne sont pas conçus pour des surfaces curvilignes comme celles de nos dents mais pour les surfaces planes dans l'industrie, ce qui crée des variations dans les mesures. Cette variabilité est amplifiée par les diverses caractérisations des dents, et leurs caractéristiques lumineuses secondaires.

I.5.2 Spectrophotomètre

Les spectrophotomètres analysent les longueurs d'onde réfléchies d'une lumière incidente polychromatique visible. Le spectre réfléchi est mesuré en de très nombreux points, à intervalles faibles, et il est comparé à une base de données pour en déduire la couleur de la dent. Pour une

mesure optique, plusieurs millions de points de référence sont analysés sur une dent. Ces appareils sont actuellement les plus précis et ne posent pas de problèmes de vieillissement de la source lumineuse.

Figure 10 : relevé de la couleur à l'aide d'un spectrophotomètre

Les spectrophotomètres se révèlent être des outils utiles et pertinents pour la mesure et l'analyse de la couleur de la dent, ainsi que pour contrôler la qualité du résultat de la couleur. Ainsi, ils permettent aux praticiens d'améliorer leurs résultats esthétiques, et donc d'augmenter la satisfaction des patients.

Cela dit, ils n'éliminent pas la méthode subjective visuelle ; au contraire ils la complètent, et ce sera en associant autant que possible les deux types de méthodes que l'on approchera des résultats esthétiques prédictibles. (21)

Les avantages de la technique instrumentale sont la rapidité et l'objectivité du relevé de la couleur (mesure de coordonnées colorimétriques). La prise de teinte ne dépend plus de la vue du praticien, ni de l'environnement. On observe une reproductibilité des résultats. Il a été noté une réduction des retours au céramiste liés à une erreur de teinte, qui

représentent tout de même plus de 50% des raisons de renvoi d'une couronne. On a donc une diminution du nombre d'aller-retour de prothèses liée à un mécontentement de couleur prothétique. Ces rendez vous supplémentaires entrainent une perte de rentabilité du cabinet. (22) (23)

Une expérimentation parue dans Journal of Endodontics (en Décembre 1998) compare la méthode objective (spectrophotomètre SP78) et la méthode subjective (vision humaine directe). Cette étude montre une meilleure fiabilité dans l'évaluation de la couleur avec le spectrophotomètre. De plus, on observe une meilleure prédictibilité et précision des résultats avec le spectrophotomètre SP78 (24) Cependant, les résultats avec le spectrophotomètre sont précis, reproductibles, mais pas toujours adéquats et ni fidèles à la couleur réellement perçue de la dent.

Les spectrophotomètres présentent certaines limites énoncées ci dessous. La liste n'est pas exhaustive.

- Le budget, (plusieurs milliers d'euros en moyenne) ainsi que le coût des logiciels informatiques à installer n'est pas à négliger.

- Ni les colorimètres ni les spectrophotomètres n'améliorent significativement la communication avec les céramistes.

- La manipulation des instruments est à maitriser, elle nécessite une courbe d'apprentissage qui freine de nombreux praticiens à leurs utilisations.

- La présence d'un élément de comparaison est nécessaire. (21)

- Ces instruments ont un temps de chauffe pour leur mise en route.

- Un étallonage est à effectuer. (9)

- Les dents postérieures sont peu accessibles avec les spectrophotomètres. Les premiers instruments présentaient une grande difficulté dans la manipulation en bouche, aujourd'hui l'ergonomie a été améliorée

◆Certains spectrophotomètres mesurent la couleur de base en spot central, hors la couleur d'une dent est bien plus complexe, elle est plus profonde, la stratification d'une dent ne peut pas se résumer à un simple spot au centre de la dent.

◆Les colorimètres et les spectrophotomètres sont conçus pour mesurer des surfaces planes hors les dents sont curvilignes, petites, stratifiées, incurvées, on observe ainsi des changements de couleur de la dent en fonction des directions (mésio distale, occluso cervicale, vestibulo palatine). Hors les instruments enregistrent essentiellement la réflexion de la lumière perpendiculaire à eux. La mesure de la luminosité peut ainsi être faussée avec ces instruments.
C'est pourquoi il est indispensable de repositionner l'instrument de manière précise pour la mesure colorimétrique. Il existe des guides de repositionnement pour spectrophotomètre. Aussi, il existe des systèmes automatisés pour permettre un bon positionnement et une bonne angulation de l'instrument. (26)

Il est conseillé de combiner la méthode instrumentale avec la méthode visuelle, elles se complètent et peuvent conduire à un résultat correct esthétiquement. L'œil du praticien doit donc toujours vérifier le résultat de la méthode instrumentale.
Un bon relevé est l'un des facteurs les plus importants de réussite esthétique et de satisfaction des patients. (1) (27)

La précision et l'exactitude sont deux aspects différents de la mesure des couleurs. (28). La précision correspond à la répétabilité de la méthode dans le temps, à la reproduction fidèle de la mesure. Tandis que l'exactitude implique un relevé de couleur correct.

La couleur des dents ne peut se résumer à une approche monochromatique, elle doit nécessairement considérer la triple variance de la couleur illustrée par la luminosité, la saturation et la teinte. Sans cette considération on ne pourra obtenir un relevé de la couleur juste.

De nombreuses études montrent la complexité du relevé de la couleur. (14) Le positionnement et la stabilité de l'environnement influent sur la précision de ce relevé. (29). L'exactitude peut s'illustrer avec un ΔE (mesure de différences de couleur) révélant une acceptabilité esthétique ou pas d'une restauration en fonction de seuils. Cette notion de ΔE sera développée dans la troisième partie de cette thèse.

Comme nous l'avons vu, le relevé visuel de la couleur à l'aide des teintiers est subjectif et inconstant, il est imprécis et inexact.

Le relevé de la couleur à l'aide d'instruments tels que des spectrophotomètres est précis, mais inexact. On observe cependant une objectivité des résultats.

Nous sommes aujourd'hui confrontés à des problèmes équivalents que lors des années 1930 face à la recherche d'une prise de teinte à la fois exacte et précise. Les limites des systèmes de prise de teintes actuelles justifient la recherche de nouveaux procédés.

Jarad FD, Russel MD, et Moss BW en 2005 ont montré le caractère intéressant et utile de l'appareil photo numérique dans le relevé de la couleur. (30) Le progrès des appareils photos numériques ainsi que leurs utilisations croissantes dans les cabinets ont révolutionné la façon de communiquer la couleur.

PARTIE II : La photographie au service du résultat esthétique

De nombreuses idées préconçues tournent autour de la photographie au cabinet dentaire. Trop complexe, chronophage, onéreux, choix de matériels difficile. Longtemps considérée comme une pratique élitiste, la photographie numérique se trouve aujourd'hui au cœur de la dentisterie moderne. La prise de clichés numériques s'impose tous les jours dans les cabinets dentaires. Elle est devenue largement accessible à tous les cliniciens, la qualité des photographies numériques a nettement été améliorée ces dernières années. Comme pour tous nouveaux outils dans notre profession, la photographie nécessite une courbe d'apprentissage et une patience. Il faut la rendre protocolaire pour mieux l'appréhender et ainsi l'inclure dans notre pratique quotidienne.

La photographie numérique peut être un véritable examen complémentaire, facile et rapide à réaliser. Les clichés sont un outil de diagnostic puissant au même titre que des modèles d'étude ou que des radiographies. La photographie permet de relativiser le temps et l'espace, les clichés radiographiques permettent de conserver des éléments nécessaires à l'obtention d'un bon diagnostic et cela à distance de la consultation. Le diagnostic est amélioré car il permet de voir des détails qui n'étaient pas forcément visibles pendant l'examen clinique. Le bilan photographique possède un véritable intérêt médical comme l'illustre son entrée dans la CCAM (ZAQP001).

De plus, la photographie permet d'améliorer la communication avec les patients, elle est un vecteur d'explication factuel. Le support visuel permet une meilleure communication et une meilleure explication avec le patient. Cette communication factuelle participe à l'instauration d'un climat de confiance avec le patient, essentiel à la réussite d'une prise en charge

qualitative ; elle entraîne l'adhésion du patient avec un plan de traitement et instaure une confiance. Ainsi, elle aide au consentement éclairé du patient, à la motivation. La photographie peut permettre de réaliser une simulation d'une situation finale (projet esthétique par exemple) et le suivi dans le temps d'une situation clinique.

Au-delà de la communication avec le patient, elle permet aussi une communication précise avec les acteurs du laboratoire de prothèse.

La photographie permet également de discuter de manière aisée avec des confrères de cas. Il sera possible de travailler à tête reposée sur des cas complexes nécessitant parfois l'avis de confrères expérimentés.

Une photographie permet de véhiculer de nombreuses informations telles que les rapports dento labiaux, les rapports dento faciaux, l'état parodontal, essentielles à une meilleure prise en charge. À chaque étape prothétique, la photographie a son importance. Lors de l'essayage, par exemple, le céramiste pourra bien appréhender la prothèse in situ par rapport aux tissus mous et aux dents adjacentes et antagonistes ainsi que le rapport à l'ensemble du visage mais aussi les nuances de teinte (les contrastes). Peu d'autres outils semblent permettre de véhiculer autant d'informations que la photographie.

Au delà de la communication, la photographie numérique a un véritable aspect médico légal. Avec une évolution des mentalités qui tend vers une judiciarisation de la société, la photographie peut s'avérer être un témoin de l'état dentaire antérieur du patient. Pour finir, la photographie numérique permet l'auto évaluation de chaque praticien, élément majeur de la pratique dentaire. En effet, l'iconographie pas à pas de toute la prise en charge d'une thérapeutique peut nous permettre de mieux comprendre nos échecs, de développer un esprit d'auto critique.

II.1. Matériel et accessoires

Le choix du matériel photographique est l'objet de nombreuses appréhensions chez les cliniciens. La photographie dans notre profession est particulière, elle doit être exigeante et précise, il s'agit souvent de macrophotographie (photographie en gros plan).

En odontologie, il est conseillé d'utiliser un appareil photographique numérique reflex car sa particularité principale est qu'il possède une visée optique de type TTL (through the lens), littéralement « à travers l'objectif ». Un reflex se compose d'un boitier associé à un objectif et à des accessoires complémentaires optionnels. Ces appareils permettent de réaliser des photographies dans des milieux difficiles (cavité buccale), ils sont très adaptables, il est possible de les paramétrer, de changer les objectifs, d'ajouter des accessoires si cela est souhaitable. Il faut savoir que ces appareils sont imposants en volume et imposent une courbe d'apprentissage pour acquérir la bonne maitrise de la photographie. Cependant, grâce à ces appareils reflex, il sera possible d'obtenir des photographies qualitatives, et de conserver les mêmes réglages optiques entre différentes photos. (31)(32)

II.1.1 Les boitiers reflex

En odontologie, il est conseillé d'utiliser des boitiers de milieux de gamme. Par ailleurs, la gestion de la parallaxe est essentielle dans les photos dentaires ; il s'agit de l'effet que produit la modification de la position d'un observateur sur la position respective des différents plans qu'il observe. Il faudra lors de la prise de vue en macrographie éviter obligatoirement la parallaxe Les seuls appareils permettant d'éviter la parallaxe sont les reflex car la visée se fait à travers la lentille de prise de vue grâce à un miroir. Effectivement, l'enregistrement sur le capteur numérique correspond à ce qui est vu dans l'objectif.

II.1.2 L’objectif

En odontologie, nous photographions des dents avec un volume réduit, la photographie nécessitera une prise de vue très rapprochée. Cette courte distance nous oblige à travailler avec des objectifs dits macro. Ces derniers sont indispensables afin de réaliser des mises au point sur les dents à étudier. De plus, une image fidèle nue est essentielle à une bonne analyse thérapeutique. L’utilisation d’objectifs de grossissement 1/1 nous permettent d’obtenir ce résultat. Par conséquent, nous devons utiliser des objectifs entre 80 et 120 mm dits « macro ».

II.1.3 Le flash macro

La réalisation d’image avec un objectif entre 80 et 120 mm induit une diminution importante de la luminosité entrant dans l’appareil photo. Afin d’obtenir des clichés assez lumineux pour être exploités l’utilisation de flashs macroscopiques spécifiques est essentielle à la bonne pratique de la photographie dentaire.

Info pratique: le flash est réglé sur l’intensité maximale 1:1.

Il est d’usage d’associer le reflex à des accessoires dans notre profession :

II.1.4 Les écarteurs

Afin de pouvoir écarter les tissus mous (lèvres, joues) pour photographier correctement la denture, l’utilisation d’écarteurs est essentielle sur certaines prises de vues. Les écarteurs mats présentent un intérêt car ils limitent la réflexion de la lumière.

II.1.5 Les miroirs

Les analyses occlusales peuvent nécessiter des prises de vues qui ne peuvent se réaliser qu'au moyen de miroirs photos. Ils sont nécessaires aussi pour des clichés en occlusion dans les régions postérieures.

II.1.6 Les contrasteurs

Grâce à un fond noir ou gris neutre, les contrasteurs permettent de créer un contraste entre les dents et le fond afin d'aider la lecture chromatique de la dent. Il en existe de différentes formes et sont principalement utilisés au niveau des blocs incisivo-canins.

II.2. Notions à prendre en compte

II.2.1 L'exposition

Il s'agit du critère le plus important en photographie dentaire.

L'exposition représente la quantité de lumière qui atteint la surface photosensible de l'appareil photographique (capteur numérique ou film argentique).

Une photographie est bien exposée lorsque la surface photosensible reçoit la bonne quantité de lumière. L'image est surexposée si elle reçoit trop de lumière ; elle est sous exposée ou trop sombre si elle n'en reçoit pas assez.

L'exposition est déterminée par trois facteurs indépendants : l'ouverture, le temps d'exposition (appelé vitesse) et la sensibilité du capteur.

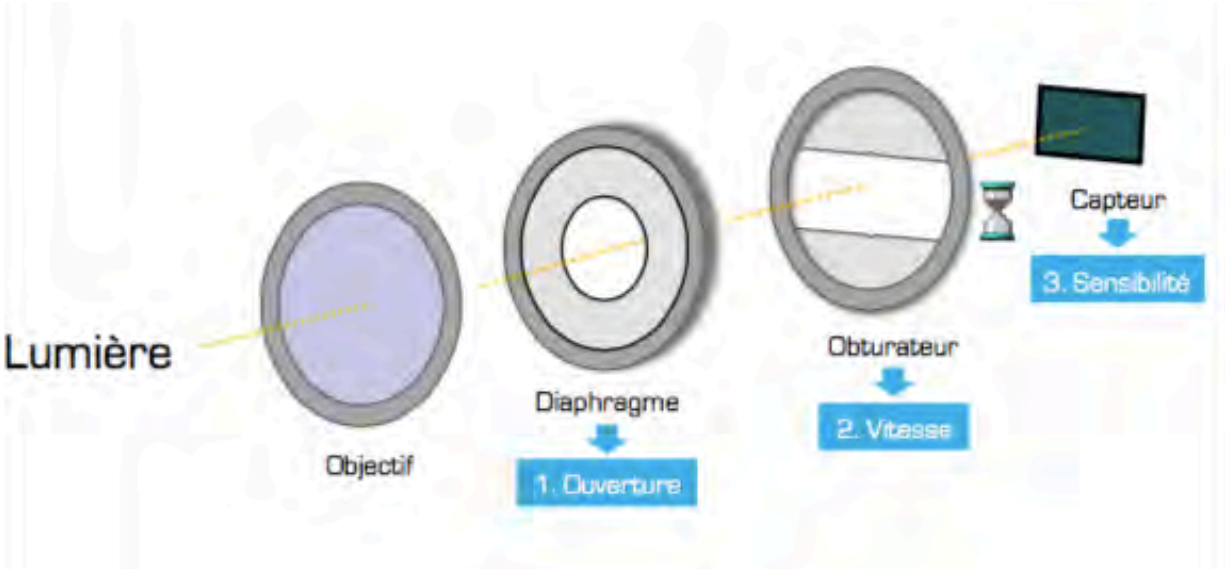


Figure 11 : illustration des trois facteurs de l'exposition

II.2.1.1 L'ouverture

Le diaphragme dans l'objectif de l'appareil est assimilé à la pupille de l'œil. En fonction du diamètre de l'ouverture, la quantité de lumière admise dans l'appareil est modulée. L'ouverture est caractérisée par une valeur précédée du symbole f/ ; l'exposition est d'autant plus grande que cette valeur est petite.

En odontologie, nous devons sélectionner une faible ouverture (donc un nombre f/ élevé) afin d'augmenter la profondeur de champ qui en dépend directement.

Info pratique : l'ouverture est réglée sur f22 afin d'obtenir la profondeur de champ requise.

II.2.1.2 La vitesse

Il s'agit de la durée pendant laquelle la lumière entre dans l'appareil photo et atteint la surface photosensible. L'obturateur détermine la vitesse ou temps d'exposition de la surface photosensible de l'appareil photographique.

En pratique, c'est la vitesse pendant laquelle le clapet est relevé pendant la prise de la photo, où la lumière atteint le capteur. Une vitesse plus lente que 1/60 s entrainerait un flou de bougé lié aux mouvements de l'opérateur ou du sujet, par conséquent nous ne pourrons pas utiliser une vitesse plus lente.

Info pratique : la vitesse d'obturation de l'appareil est réglée sur 1/125 afin de se synchroniser avec le flash et ainsi réduire l'effet de la lumière ambiante.

II.2.1.3 La sensibilité

C'est la capacité d'un film (argentique) ou d'un capteur (numérique) à percevoir la lumière qui lui est envoyée. En d'autres termes, c'est la sensibilité du capteur à la lumière. Elle est symbolisée par une valeur d'ISO (Organisation Internationale de Normalisation). Pour une même ouverture et une même vitesse plus la sensibilité augmente plus l'image sera lumineuse. Plus la valeur d'ISO est élevée et plus le signal de sortie du capteur est amplifié et par voie de conséquence plus le bruit (=petits points parasites qui diminuent la netteté de l'image) qui détériore la qualité de l'image est important. En photographie dentaire, l'utilisation systématique d'un flash permet de contourner le problème, ainsi les plus faibles valeurs d'ISO (entre 100 et 400 ISO) peuvent être sélectionnées tout en conservant une exposition correcte. Cela permet de limiter le bruit au maximum.

La sensibilité du capteur est fixée à 100ISO, étant basse elle permet de diminuer les bruits numériques.

La triade de l'exposition se résume avec ces trois volets :

- l'ouverture joue sur la profondeur de champ
- la vitesse d'obturation joue sur le flou de bougé
- la sensibilité ISO joue sur le bruit

II.2.2 La profondeur de champ

Ce facteur primordial en photographie dentaire correspond à la zone de netteté devant et derrière le sujet sur lequel est faite la mise au point. La profondeur de champ dépend de l'ouverture du diaphragme (plus l'ouverture est petite plus la profondeur de champ augmente), de la distance de mise au point (plus la distance est grande plus la profondeur de champ augmente), et de la distance focale (plus elle augmente plus la profondeur de champ diminue).

II.2.3 La mise au point

Cela consiste à la mise au point de la netteté de l'image. Nous distinguons deux mises au point : une manuelle et une automatique. L'automatique implique de sélectionner le mode « autofocus » sur le boitier et/ou l'objectif. L'appareil réglera automatiquement la mise au point sur l'image qui se trouve sur le collimateur sélectionné.

La mise au point manuelle s'effectue par l'opérateur. Elle se fait en deux temps. Tout d'abord il faut se positionner à la bonne distance de la cible afin d'avoir dans l'objectif l'ensemble des éléments à photographier (exemple photographie en vue frontale de 14 à 24). Puis, dans un second temps, il faudra affiner la mise au point pour qu'il n'y ait aucun flou de bougé sur l'image.

La différence entre la profondeur de champ et la mise au point est que cette dernière se fait sur un plan défini. La profondeur de champ, elle,

peut s'étendre sur plusieurs plans (lorsque la profondeur de champ est étendue). C'est souvent le cas dans notre domaine, où on choisit souvent de diminuer l'ouverture pour étendre la profondeur de champ.

II.2.4 Le cadrage

Il est important de répartir harmonieusement notre photographie, de respecter des axes de symétrie par exemple. Cela permet de standardiser nos photographies ; il existe des vues « standardisées ». Exemple en intra buccal : vue frontale, vue latérale et vue occlusale, elles seront abordées plus loin dans ce chapitre.

II.2.4 Le rapport de grossissement

Il représente la taille de l'objet photographié sur la surface photosensible.

II.2.5 La résolution

C'est un nombre de points par unité de surface, il s'agit d'une densité de points. La définition d'une image est souvent confondue avec la résolution ; la définition est le nombre total de pixels de la photographie.

La qualité d'un capteur s'observe d'autant plus avec la **densité** de pixels que le **nombre** pur de pixels.

II.2.6 Le format d'enregistrement

On distingue deux formats majoritaires :

- Le format *JPEG :* il date de 1989. On l'identifie grâce à son extension « .JPG ». C'est un format très populaire, majoritairement utilisé car il permet une transmission rapide (transfert par Internet instantané), il permet une compression d'image pour diminuer leur taille. Cependant, cette action « détruit » l'image car elle retire certaines informations de la photo

originale. Cette perte d'information est irréversible. L'objectif sera tout de même de compresser au minimum l'image pour faciliter son stockage et ainsi utiliser un minimum de mémoire.

◆Le format *RAW :* on l'identifie grâce à ses extensions dépendantes des marques (« .CR2 ou .CRW » chez Canon ; « .NEF » chez Nikon). Ce format est disponible qu'à partir des appareils photographiques de moyennes ou hautes gammes. On obtient les données brutes enregistrées par le capteur sans modifications. Ce format n'est pas compressé, par conséquent les images sont volumineuses et ne facilite pas leurs envois et leurs partages. Il faut souvent les transférer par clé USB ou carte mémoire ou bien en instaurant un Cloud entre les différentes personnes voulant accéder aux images. De plus, la quasi totalité des logiciels permettant de lire les formats JPEG ne permettent pas de lire le format RAW. N'importe quel logiciel ne peut lire ce format d'image. Il faut télécharger un logiciel souvent payant sur l'ordinateur (exemple : Photoshop) pour pouvoir ouvrir ce format d'image. L'avantage de ce format est la finesse et la précision de l'image, il n'y a aucune destruction d'image, il permet d'analyser la photographie de manière très détaillée. Nous verrons ultérieurement dans cette thèse que ce format est incontournable dans l'évaluation de la couleur par la photographie.

Une image au format JPEG pèse autour de 4-5 Mo en moyenne, contre plus de 20 Mo pour le format RAW.

II.3. Le charting photo :

Dans notre profession, il existe de nombreux clichés standardisés avec des prises de vues qui sont ainsi reproductibles. Cette standardisation des clichés permet une meilleure communication de part la comparabilité aisée entre nos différentes photographies. (33) (34)

II.3.1 Les photographies extra buccales :

Les cheveux sont attachés, les lunettes sont retirées, les lobes d'oreille dégagés.

Vue de face, frontale, le portrait : le plan horizontal est basé sur la ligne bipupillaire. Le regard du patient est porté sur l'objectif. Cette vue permet d'appréhender la symétrie du visage et les proportions des différents étages de la face. Le patient doit avoir les lèvres fermées naturellement (pas d'effort). L'intersection du plan sagittal médian et du plan de Francfort* constitue le milieu de l'image. Il est d'usage de prendre une photo avec et sans sourire.

Figure 12 : photographie extra buccale, vue frontale

*plan de Francfort : plan horizontal liant le sommet du conduit auditif externe et le rebord orbitaire inférieur.

Vue de profil : le patient est de profil, il regarde dans la direction du plan de Francfort. Le grand axe de la tête est vertical. Les lèvres sont closes, de manière non forcée. Un seul sourcil doit être visible sur la photographie. Deux photos peuvent être prise, avec et sans sourire.

Vue frontale, portait à visée esthétique : ce cliché est moderne, moins

strict que les clichés précédents, il permet de visualiser le visage de notre patient dans une atmosphère détendue, plus naturelle. Cette vue est intéressante pour comparer un état initial et un état post-traitement esthétique. La difficulté lors de cette prise de vue pour le praticien est de créer cette atmosphère détendue, le patient doit se sentir en confiance pour sourire le plus naturellement possible.

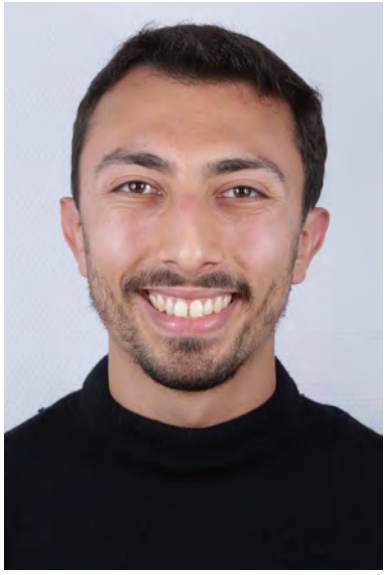


Figure 13 : photographie extra buccale, portrait à visée esthétique

Vue extra-orale rapprochée : c'est un cliché intéressant quant à l'évaluation des rapports dento labiaux. L'évaluation de ces rapports est essentielle pour une bonne réussite de nos traitements, les lèvres jouent un grand rôle dans la perception des dents. Une ligne haute du sourire par exemple ne s'appréhendera pas de la même façon dans le plan de traitement qu'une ligne basse.

Sur une vue extra oral rapprochée on observe les mêmes éléments que sur une vue de face mais avec uniquement l'étage inférieur.

II.3.2 Les photographies intra buccales :

Vue frontale : des écarteurs permettent de dégager les tissus mous. L'objectif de l'appareil photographique doit être perpendiculaire aux dents antérieures. Il est important de bien aspirer avant le déclenchement de la

photo et de sécher. Les dents remplissent le cadre de la photo, les bords de l'image sont constitués des vestibules maxillaires et mandibulaires.

Le plan d'occlusion est horizontal, le patient est en occlusion et assis. Le centre de l'image se situe au niveau du point de contact des incisives maxillaires. L'erreur classique de cette vue est de prendre la photo trop en plongée ou en contre plongée, causant des déformations irréversibles qui ne peuvent se corriger par la suite.

Il est possible d'ajouter un contrasteur en arrière fond des dents antérieures pour mettre en avant la microgéographie des dents.

Il est recommandé de prendre des photos avec une cinétique de la tête, le patient baisse la tête progressivement. Ainsi, il sera possible de sélectionner le bon cliché a postériori correspondant à la bonne position.

Figure 14 : photographie intra buccale, vue frontale

D’autres vues peuvent être utilisées en photographie dentaire, qui ne rentrent pas dans la cadre de cette thèse : vue oblique, vue latérale, vue occlusale mandibulaire, vue occlusale maxillaire notamment.

PARTIE III : La photographie au service de la prise de teinte : naissance du concept eLAB

Analyser et reproduire une couleur en prothèse fixée unitaire antérieure est un vrai défi. (35) La communication de la couleur entre le chirurgien dentiste et le céramiste est délicate, elle est pourtant au cœur de la réussite esthétique d'une restauration antérieure indirecte. Un problème lié à la couleur est souvent un motif de consultation des patients au cabinet. (8) De plus, un des premiers facteurs d'insatisfaction des patients de leurs restaurations antérieures aujourd'hui est lié à une mauvaise reproduction de la couleur. (36)

Le relevé de la couleur en dentaire était dépendant de la source lumineuse, de la dent (l'objet) et de l'observateur jusque là. Deux grandes méthodes permettaient de relever la couleur en dentaire : la méthode visuelle à l'aide de teintiers, la plus courante mais aussi la plus subjective ; et la méthode instrumentale à l'aide de spectrophotomètres et de colorimètres, plus objective mais contraignante en terme de fiabilité inter appareil. (37)

L'usage des appareils photo numériques a permis une amélioration dans la communication entre le dentiste et le céramiste. Cependant, la non reproductibilité des clichés (vues différentes, logiciels de lecture des images aléatoires, paramétrage des écrans inhomogène) a constitué un frein dans la précision de la mesure de la couleur des photographies numériques. (38)

C'est face à ces constats que Sasha Hein (céramiste allemand), Javier Tapia Guadix (chirurgien dentiste espagnol) et Panagiotis Bazos (chirurgien dentiste grec) appartenant au groupe Bioémulation ont

bouleversé le monde de la prise de teinte dentaire ; ils sont à l'origine d'un protocole de prise de teinte ambitieux : le protocole eLAB. (39)

Le but de ce protocole est de standardiser au maximum les clichés photographiques afin de les rendre reproductibles. Cette standardisation permet ainsi une prise de teinte qui se veut à la fois objective et fiable. Cet enjeu de rationalisation de la prise de teinte constitue une révolution dans le monde de la restauration unitaire antérieure esthétique. De l'identification de la couleur à sa transcription en passant par sa communication, ce protocole répond à des attentes existantes depuis des décennies, et de plus en plus fortes dans notre profession.

Avec ce protocole, une valeur numérique reproductible de la couleur est donnée. La dent à restaurer possède ainsi différentes couleurs avec chacune des valeurs numériques situées dans l'espace chromatique international L*a*b* défini en 1976 par la CIE (commission internationale de l'éclairage). (8) Chaque valeur numérique sera associée à différentes céramiques données afin d'obtenir la teinte désirée. Cette relation ingénieuse entre la valeur numérique d'une couleur et la céramique est permise grâce à un algorithme élaboré par les fondateurs du protocole eLAB.

Ce protocole sera exposé dans cette thèse dans un ordre chronologique. De la prise des clichés au fauteuil jusqu'à la réalisation de la restauration unitaire antérieure au laboratoire en passant par le traitement des images par le céramiste.

III.1. Au fauteuil : une prise de clichés photographiques numériques normalisées. Standardisation de l'acquisition des images

Plusieurs accessoires sont utilisés avec les appareils photo numériques pour augmenter la standardisation du relevé colorimétrique.
Le protocole eLAB impose un matériel nécessaire afin de standardiser la prise de clichés photographiques. La liste est la suivante : un boitier reflex, un objectif macro, un flash macro, des filtres de polarisation croisés (polar eyes de Emulation), des écarteurs photos mat de préférence, une carte des gris (white balance card proposé par la société Emulation), un logiciel de traitement d'image (Adobe Lightroom sur Pc ou KeyNote sur Mac), un colorimètre numérique (en libre accès sur PC ou Mac) ainsi que le logiciel eLAB Prime.

Il faut savoir que plusieurs types d'appareil photo peuvent être utilisés, le protocole eLAB permettra de sélectionner le type d'appareil utilisé lors du traitement de l'image.
Effectivement, il faut comprendre qu'après la lecture de la photographie par le logiciel de traitement d'image tel qu'Adobe Lightroom Classic, l'information de couleur reçue par un appareil reflex numérique est propre à l'appareil considéré et peut différer d'un appareil à un autre. Il faudra alors élaborer le « profil de caméra » avant d'importer le cliché au format RAW dans Adobe Lightroom Classic. Il est nécessaire de choisir le profil correspondant au boitier qui a été utilisé. Après une simple sélection de l'appareil photo utilisé nous pourrons être en mesure d'appliquer le protocole. Il s'agit d'une « calibration » de la photographie.

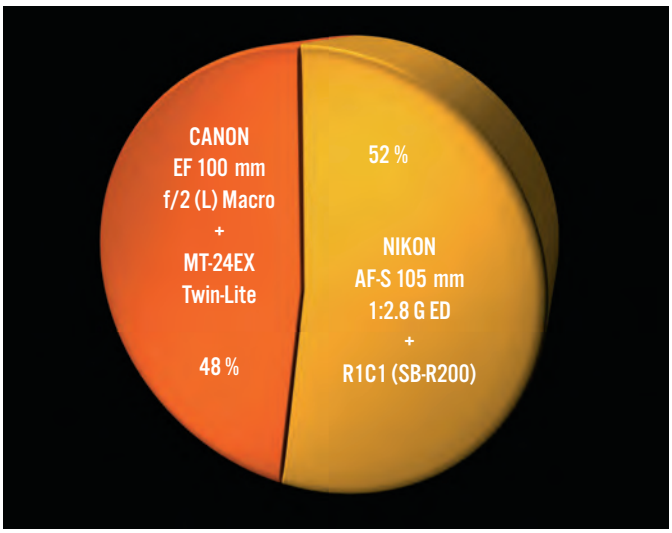


Figure 15 : ce diagramme montre les appareils reflex les plus utilisés et indique la longueur focale et le type de flash utilisé, le système eLAB a été conçu à l'origine en tenant compte de ces chiffres. Résultat d'une étude de la société Bioémulation.

Dans un premier temps, au fauteuil nous prendrons deux clichés standardisés avec la carte des gris (cette carte sera détaillée à la page 58). L'un avec le filtre de polarisation croisée, l'autre sans. Le premier cliché avec le filtre permet d'obtenir une image matte et sans reflet, il servira de support pour l'objectivisation de la prise de teinte dans le protocole. L'analyse colorimétrique et l'obtention de valeurs numériques de la couleur s'effectueront ainsi avec ce cliché. Le cliché sans le filtre de polarisation croisée permettra au céramiste d'observer l'état de surface de la dent.

III.1.1 Filtre de polarisation croisée

L'usage des filtres de polarisation croisée associé à la photographie numérique en dentaire est récent, son usage a pourtant été mentionné dans d'autres spécialités médicales (comme l'ophtalmologie, la dermatologie) depuis de nombreuses années. (40) (41) La réflexion spéculaire due à la rugosité de la surface des dents et à la salive crée des artéfacts nuisibles

lors de l'analyse des clichés photo pour évaluer la couleur des dents. (42) (43)

Figure 16 : Image présentant le filtre polar eyes vendu par la société Emulation.

Ce filtre permet d'atténuer la plupart des reflets spéculaires de l'émail. Le travail de stratification du céramiste sera plus aisé. Grâce à lui, le céramiste pourra ainsi mieux appréhender la couleur de la dentine sans influence de la luminosité propre à l'épaisseur de l'émail. Les caractéristiques de surfaces et de sous surfaces amélaires sont mieux visualisées via un système contrastant non destructif. Ces filtres diminuent l'intensité des opacités blanches dues au flash. Le polar Eyes est le filtre de polarisation croisée de référence dans ce protocole, il a été créé par le groupe Emulation.

L'image prise avec le filtre de polarisation croisée permet l'acquisition d'une cartographie chromatique très contrastée et hypersaturée de la dent.

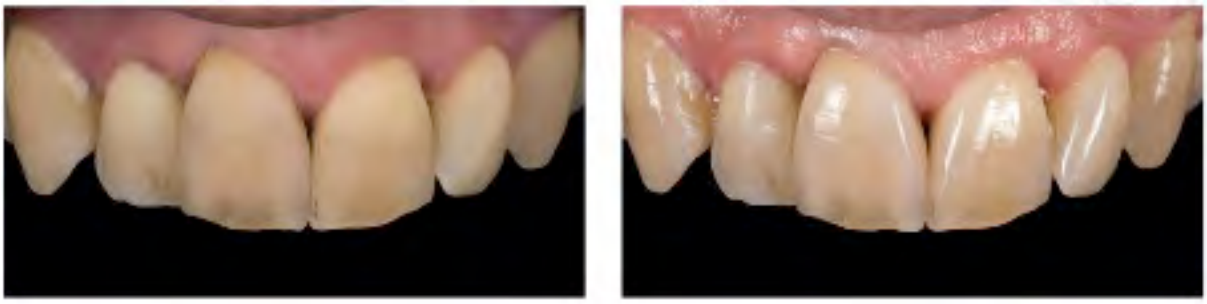


Figure 17 : photographies prises avec et sans filtre de polarisation croisée

L'image de gauche est une photo prise avec un filtre de polarisation croisée, l'image de droite a été prise sans filtre. La répartition histo-anatomique nette de l'émail et de la dentine grâce au filtre de polarisation croisée est remarquable. (39)

III.1.2 Carte de gris et balance des blancs

Le type d'éclairage présent est difficile à standardiser sur les photographies. Il influe pourtant sur la perception de la couleur perçue de la dent. L'environnement lumineux de la photographie varie en fonction de la chaleur, de l'heure de la journée, de la météo, de la peinture, de la tapisserie, de la blouse du praticien.. Il est responsable ainsi de la non reproductibilité de nos clichés. Pour palier à ce problème, il est nécessaire de réaliser une balance des blancs afin d'étalonner le blanc de notre photographie et ainsi de compenser la température de la source de lumière. Cette étape est prépondérante pour une analyse précise de la couleur sur une photo. La balance des blancs permet de supprimer les couleurs irréalistes des photos. (44) (37)

La balance des blancs peut se faire de manière automatique ou bien de manière calibrée manuellement.

Dans le protocole eLAB, la balance des blancs se fait manuellement, elle est réalisée après la prise du cliché photographique. Ce réglage de la balance des blancs a posteriori consiste à régler le boitier de l'appareil photo sur le mode « balance automatique ». La présence d'une référence colorimétrique sur la photo est indispensable, ainsi une carte de gris sera utilisée. Cette dernière sert à définir la balance des blancs lors du futur traitement de l'image (sur le logiciel eLAB pilot).

Figure 18 : carte de gris proposé par la société Emulation, référence dans le protocole eLAB.

QR Code 1 : S. Hein présente la carte de gris proposée par Emulation. Cette vidéo expose les nombreux intérêts de cet outil tel que sa largeur qui correspond à la distance intercanine moyenne de la population caucasienne (36 mm) ou la règle graduée permettant de calibrer nos règles numériques pour les DSD (digital smile design).

Le bon positionnement de la carte de gris est indispensable. Ainsi, un mauvais positionnement entraine une mauvaise calibration de l'image et donc une mauvaise analyse colorimétrique. La carte de gris doit être située dans le même plan que le grand axe de la dent, sans recouvrir le bord libre de la dent. De plus, la carte de gris doit être positionnée perpendiculairement au grand axe représenté par l'objectif de l'appareil photo.

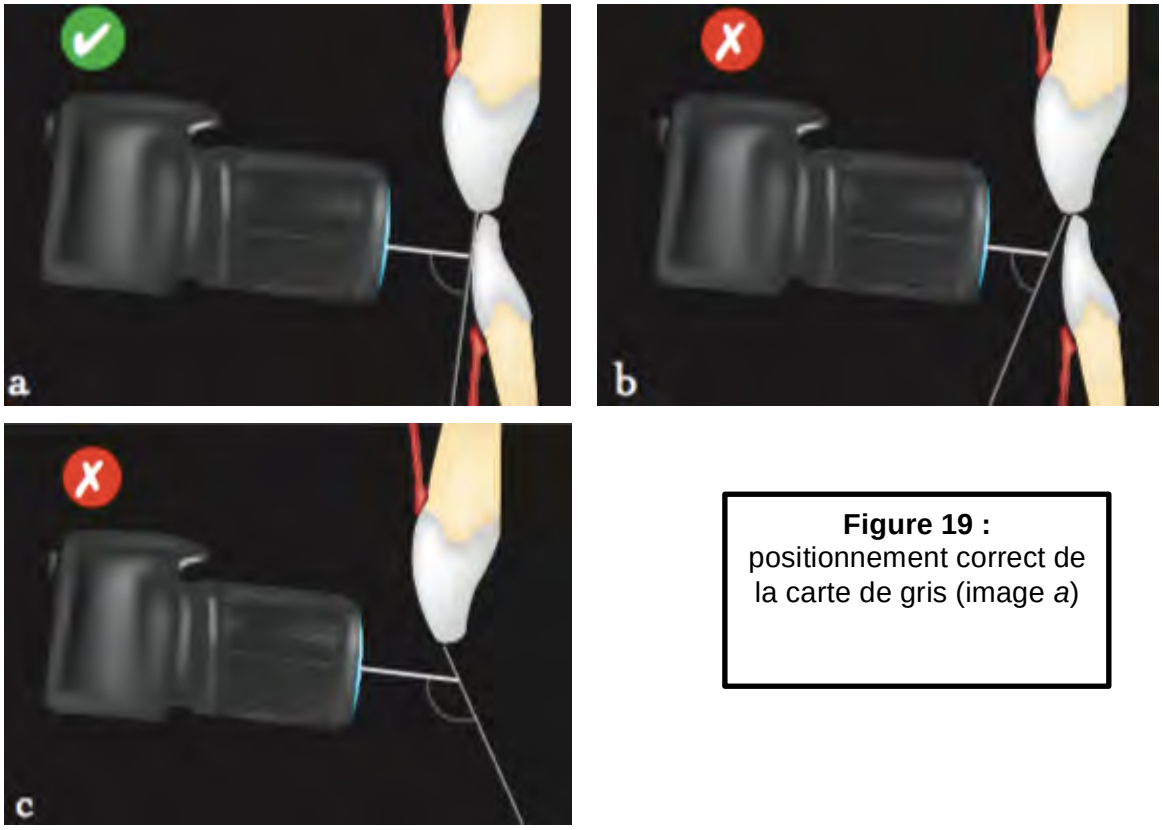


Figure 19 : positionnement correct de la carte de gris (image *a*)

QR Code 2 : S. Hein, après avoir rappelé la manipulation des écarteurs lors des photographies en dentaire, montre la bonne position à adopter de la carte de gris.

III.1.3 Les paramètres à respecter

Afin de standardiser au maximum le protocole, il est important de paramétrer de manière précise le boitier à chaque cliché. Une systématisation des paramètres est indispensable dans le protocole eLAB.

Le détail des paramètres manuels optiques a été développé dans la partie numéro 2 nous retiendrons ici seulement les paramètres à intégrer au boitier.

Vitesse d'obturation : 1/125
Ouverture : f22
ISO 100
Format RAW
Flash : intensité maximale 1/1

L'acquisition des images se fait ainsi :

- en mode manuel
- le flash est réglé sur l'intensité maximale 1:1 car environ 40% de la lumière provenant du flash est absorbé par les filtres de polarisation croisée. (9)
- le format de l'image est RAW, il contient les données brutes telles qu'enregistrées par le capteur de l'appareil sans que ce dernier n'applique de traitement de l'image.

En odontologie, il est d'usage de travailler en mode manuel sur nos boitiers. Les réglages sont standardisés sur chacune de nos photographies afin de répondre au mieux à nos objectifs. Avec le protocole eLAB ces paramètres à respecter sont primordiaux, ils permettent notamment de s'affranchir au maximum du bruit numérique.

III.1.4 La distance de prise de vue

En fonction du type de capteur du boitier reflex et de la distance focale de notre objectif, une distance devra être respectée.

Selon le type de capteur utilisé (FX ou DX) et l'objectif macro (distance focale entre 60 et 105mm), le protocole eLAB standardise également la distance de prise de la photographie. (39)

Taille du capteur (reflex 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 20 : tableau exposant les distances de mise au point variant selon le capteur et l'objectif utilisés.

Figure 21 : image illustrant la distance de prise de vue classique à adopter lors des clichés photographiques dans le cadre du protocole eLAB.

Le protocole eLAB évoque le « magic hand trick » afin de simplifier la distance de mise au point du cliché. Effectivement, la plupart des cas demandent une distance comprise entre 24 et 28 cm, la distance de la main du photographe permet ainsi d'avoir un repère.

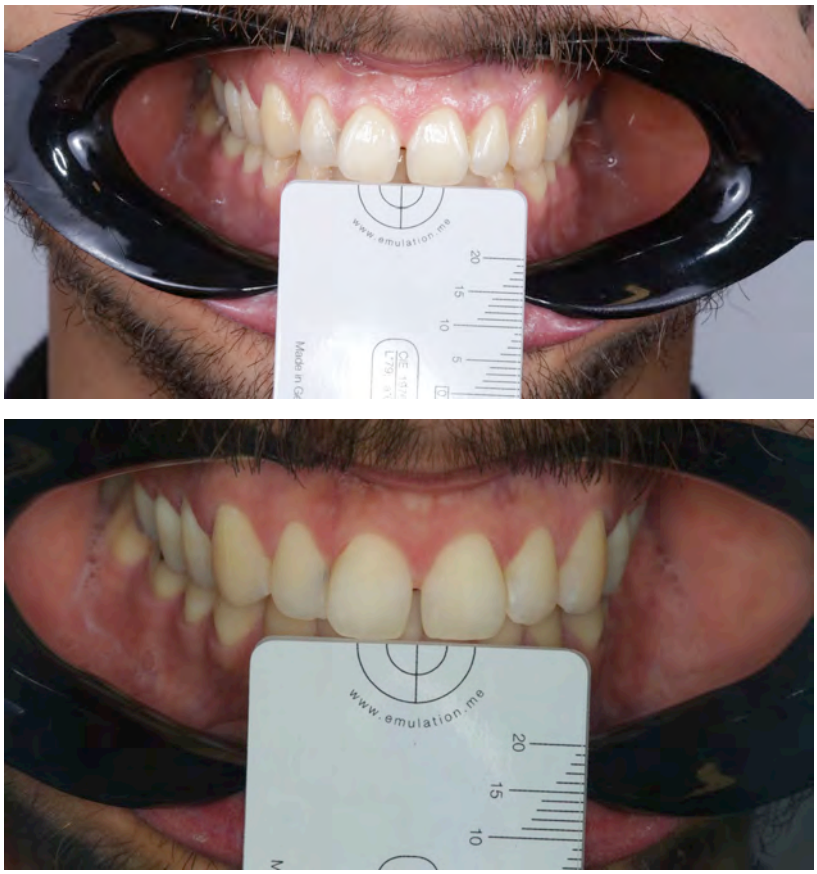


Figure 22 : images obtenues avec les standards du protocole eLAB, image du haut sans le filtre de polarisation croisée, image du bas avec le filtre

Les photographies sont ensuite importées dans un logiciel tel que Adobe Lightroom ou Apple Keynote en format RAW. Il faudra veiller à élaborer le « profil caméra » qui consiste en effet à sélectionner le profil de boitier utilisé lors de la prise de la photo comme vu précédemment.

Le format RAW permet une plus grande souplesse de retouche en postproduction et offre aussi la possibilité de régler la balance des blancs a posteriori (indispensable dans le protocole eLAB).

III.2. À l’ordinateur : standardisation du traitement des images

Les photographies effectuées selon le protocole eLAB peuvent être transférées sur l’ordinateur. Le logiciel Adobe Lightroom CC peut ainsi être ouvert et les photographies au format RAW sont importées dans le logiciel. La calibration des images débute alors. (45)(46)

III.2.1 Calibration des photographies

III.2.1.1 Profil de caméra

Tout d’abord une sélection de l’appareil photographique numérique sera réaliser afin d’élaborer le « profil de caméra », c'est à dire intégrer les bons paramètres en fonction du boitier utilisé. Dans le menu déroulant « calibrage » situé dans l’onglet « develop » l’interface d’Adobe Lightroom CC on sélectionne le reflex utilisé.

III.2.1.2 Balance des blancs

Dans un second temps, grâce à la pipette colorimétrique, une mesure des valeurs L*a*b* sera effectuer sur la carte des gris. La pipette devra être située dans les cercles de la carte des gris lors de la mesure. Le réglage de l’exposition sera modifiée jusqu’à obtenir des caractéristiques synchrones avec la réalité : obtenir des cordonnées L*a*b* de L*79, a*0 et b*0 au niveau de la carte des gris. La photographie est alors calibrée.

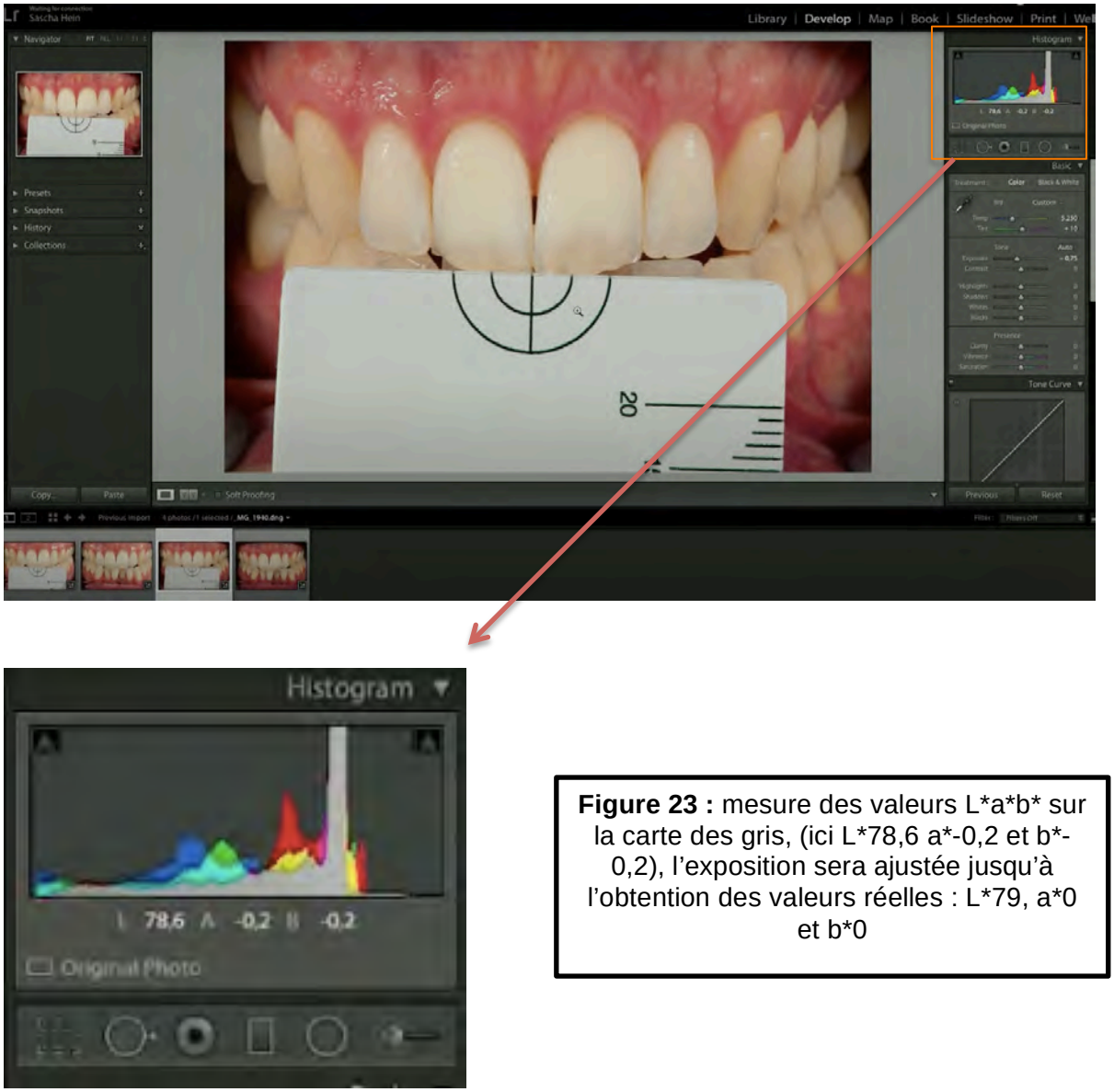


Figure 23 : mesure des valeurs L*a*b* sur la carte des gris, (ici L*78,6 a*-0,2 et b*-0,2), l'exposition sera ajustée jusqu'à l'obtention des valeurs réelles : L*79, a*0 et b*0

QR Code 3 : S. Hein nous détaille en pratique la façon de réaliser la balance des blancs des clichés sur le logiciel Adobe Lightroom.

III.2.2 Analyse de la couleur de la photographie numérique

Les photos ont été prises avec les standards du protocole eLAB, elles ont été importées puis calibrées, leurs couleurs peuvent maintenant être analysées de façon objective grâce au système CIEL*a*b* de 1976.
L'utilisation d'une application libre d'accès (pipette colorimétrique numérique gratuite) sur Mac ou sur PC permettra cette mesure.

Figure 24 : images présentant les applications disponibles sur Mac (à gauche) et sur PC (à droite) permettant les mesures colorimétriques avec des valeurs L*a*b*. Ce sont de véritables pipettes numériques dont la taille de la fenêtre de cadrage de la pipette peut être modulée.

Des mesures colorimétriques pourront alors être réalisées avec la pipette numérique à différents endroits de la dent : au collet, au centre de la dent et sur le bord incisif.

QR Code 4 : grâce à la pipette numérique, nous pouvons mesurer les valeurs LAB de n'importe quel point de la photographie.

III.3. Au laboratoire de prothèse : réalisation de la restauration unitaire antérieure, le céramiste au cœur du protocole

La réalisation d'une restauration indirecte dans le secteur antérieur est complexe. Elle impose une vraie coopération dans le travail entre d'une part le chirurgien dentaire et d'autre part le céramiste.

Les préparations des dents sont standardisées pour répondre à un cahier des charges imposé par le type de restauration prothétique. Les empreintes sont également codifiées, de même que l'enregistrement de l'occlusion. Cependant, jusqu'à l'élaboration du protocole eLAB la mesure de la couleur n'était pas à la fois standardisée et précise.

Le logiciel eLAB prime (ou eLAB pilot pour la génération antérieure) permet de générer au céramiste la bonne formule de mélange de poudre de céramiques. Cette dernière permet l'obtention d'un résultat final colorimétrique très correct après cuisson. Le protocole eLAB rend également possible un essayage de la pièce prothétique virtuellement au laboratoire de prothèse avant l'envoi au cabinet dentaire.

III.3.1 Un choix de céramique normalisé

Les fondateurs du protocole ont mis au point, grâce à des tableaux d'extrapolation de données (**figure 35**), une transcription entre les coordonnés chromatiques (L*a*b*) et un mélange de poudres de céramiques. (39) Trois maquillants IPS Ivocolor Essence (Ivoclar Vivadent) sont à disposition dans le mélange proposé : E21 (rouge basique), E22 (jaune basique) et E10 (acajou). La saturation est augmentée avec E21 et E22. La luminosité peut être diminuée avec E10 (sans influence sur la saturation).

Figure 25: image illustrant les trois colorants IPS Ivocolor Essence (Ivoclar Vivadent) utilisés dans le cadre du protocole, illustration prise lors du symposium eLAB, Marseille (FR), octobre 2019.

Ces trois maquillants ont été choisi dans le protocole car ils recouvrent à eux trois l'ensemble du spectre du visible des couleurs de dents naturelles. Ce schéma expose les spectres d'absorption de ces trois colorants.

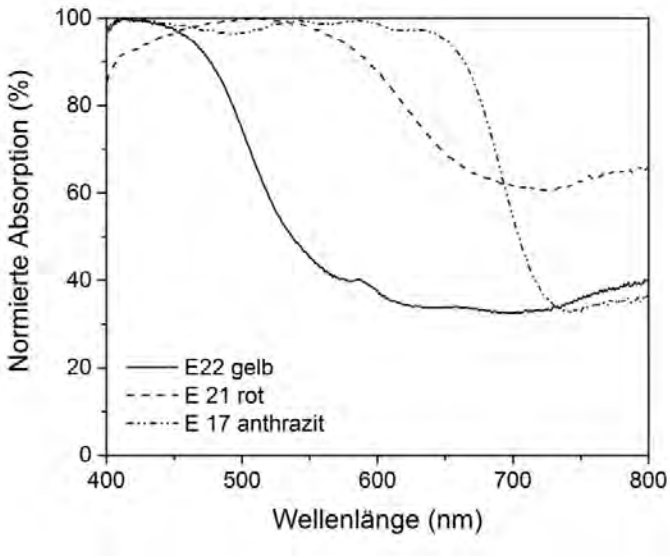


Figure 26 : spectres d'absorption des trois colorants IPS Ivocolor Essence (Ivoclar Vivadent) utilisés dans le protocole eLAB.

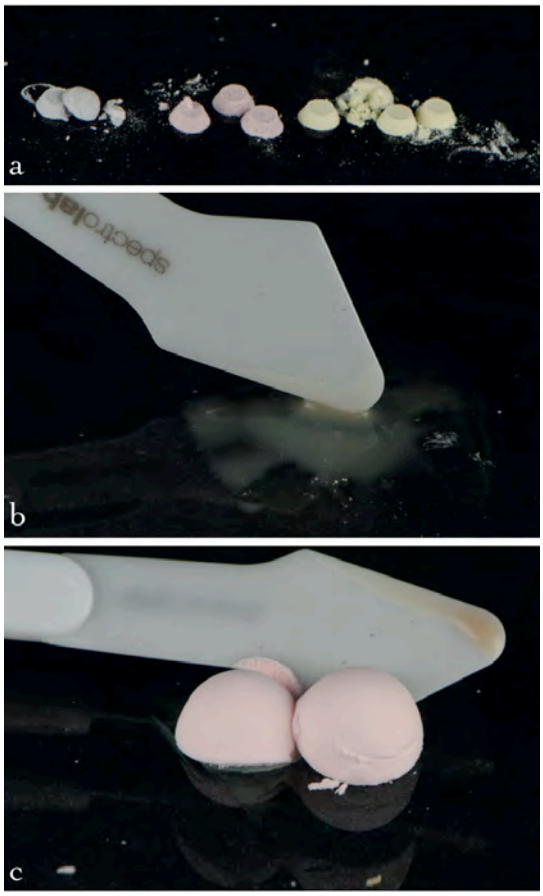


Figure 27 : images représentant le mélange des colorants selon les proportions indiquées par le logiciel (a). Les colorants sont mélangés au liquide glazure (b), puis la masse dentine est ajoutée (c) selon la recette donnée.

III.3.2 L'essayage virtuel, le *virtual try in*

QR Code 5 : S. Hein nous explique la façon de réaliser l'essayage virtuel afin de pré visualiser la restauration en bouche avant l'envoi au cabinet dentaire.

Il est important de prendre en compte le substrat lors du relevé de la couleur. Le kit IPS Natural Die Material d'Ivoclar Vivadent est préconisé pour élaborer un substrat imitant au mieux le substrat naturel de la dent.

Après avoir sélectionné la teinte du substrat grâce au logiciel eLAB prime ou grâce à un teintier ND (**figure 28**), il faudra utiliser le Natural Die Separator (présent dans le kit) pour isoler l'intrados de l'empreinte au

niveau de la préparation (image 2 sur la **figure 29**). Le ND materiel de la teinte choisie sera appliqué au niveau de la préparation avant de placer un tenon en plastique pour permettre une rétention. Une première photo-polymérisation de 30 secondes (image 5 sur la **figure 29**) est effectuée, puis une deuxième de 30 secondes est réalisée après avoir retiré le tenon. Le die sera de nouveau positionné dans l'empreinte et la fausse gencive pourra être réalisée à l'aide de cire rose ou de silicone rose (image 7 sur la **figure 29**). La coulée en plâtre de l'empreinte peut s'effectuer avec un plâtre de couleur neutre de préférence tel que le blanc, le gris ou le beige. Il est conseillé de tailler le modèle de manière oblique afin de permettre un bon positionnement du modèle pour travailler par la suite.

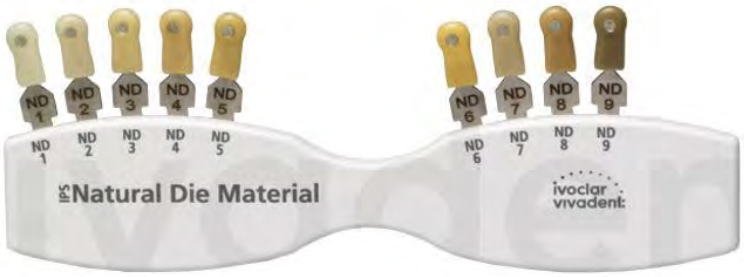


Figure 28 : image illustrant le teintier Natural Die Material pouvant être utilisé pour la prise de teinte du substrat

Figure 29 : illustration représentant la réalisation du modèle de travail

De la glycérine ou du liquide de maquillage sera appliqué afin d'assurer une cohésion optique. Le visual eyes d'Emulation est le gold standard dans le protocole eLAB. La restauration est placée sur le die, la pièce prothétique est ainsi prête à être mesurée à l'aide de photographies standardisées avec le protocole eLAB.

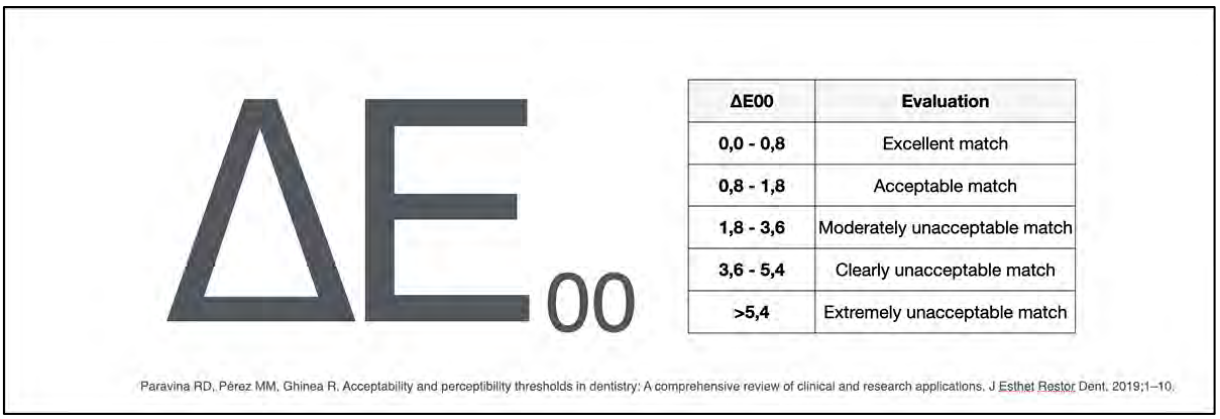
La photographie de l'essai virtuel est calibrée, importée et superposée à la photographie initiale en bouche. Cet essayage virtuel permet un contrôle objectif du céramiste de son travail, il remplace les essayages en bouche qui sont chronophages pour le chirurgien dentiste.

Une comparaison quantifiée de la couleur est réalisée entre le virtural try in et la photographie initiale en bouche. Cette comparaison se quantifie numériquement avec un ΔE.

Figure 30 : essai virtuel d'une restauration unitaire antérieure

III.3.3 Notion de ΔE

Il est possible de comparer deux mesures du même objet avec leur différence de couleur notée ΔE. Cette valeur quantifie la différence de couleur qui peut être perceptible et/ou acceptable pour l'œil humain. La perceptibilité est la détection d'une différence de couleur entre une dent et une restauration adjacente. L'acceptabilité représente la tolérance de la couleur de la restauration pour l'œil humain. (37)



ΔE00	Evaluation
0,0 - 0,8	Excellent match
0,8 - 1,8	Acceptable match
1,8 - 3,6	Moderately unacceptable match
3,6 - 5,4	Clearly unacceptable match
>5,4	Extremely unacceptable match

Paravina RD, Pérez MM, Ghinea R. Acceptability and perceptibility thresholds in dentistry: A comprehensive review of clinical and research applications. J Esthet Restor Dent. 2019;1–10.

Figure 31 : le ΔE, image prise lors du symposium eLAB, Marseille (FR), octobre 2019

Un ΔE compris entre 0 et 0,8 est considéré comme excellent, entre 0,8 et 1,8 il est acceptable, entre 1,8 et 3,6 il est jugé modérément acceptable, au delà de 3,6 il est inacceptable pour l'œil humain. Ce ΔE est calculé par un « ΔE calculator » disponible sur Mac et PC (application libre de droit). La version actuelle du logiciel eLAB prime permet un calcul de ΔE automatique sans passer par l'outil ΔE calculator.

L'outil informatique calcule au point sélectionné la formule : $\Delta E = \sqrt{(L2-L1)^2+(a2-a1)^2+(b2-b1)^2}$

L'intérêt du ΔE pour le céramiste est de savoir, avant l'envoi au cabinet, si sa restauration antérieure unitaire sera acceptable esthétiquement en bouche. Le protocole eLAB élaboré par S.Hein, P. Bazos et J. T. Guadix ne s'arrête pas ici. Ils proposent également dans ce procédé la façon pour le céramiste d'apporter une correction à son travail si le ΔE obtenu n'est pas correct. Effectivement, si le ΔE n'est pas acceptable il est possible d'ajuster les valeurs de L*, a* et b* avec différents colorants :
(39)

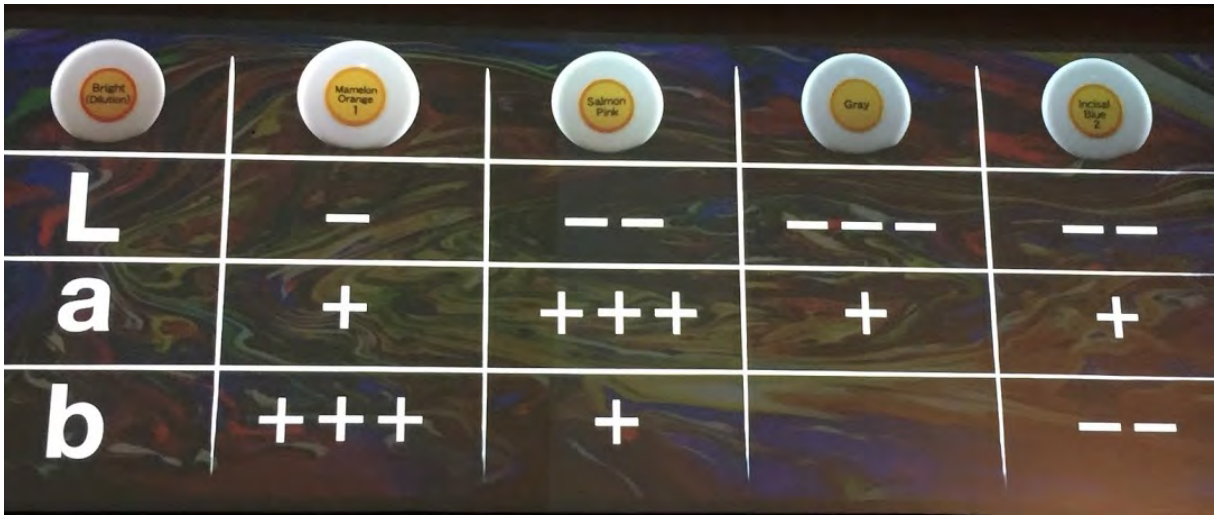


Figure 32 : tableau de correction, image prise lors du symposium eLAB, Marseille (FR), octobre 2019

Il est important de savoir que la luminosité diminuera après chaque cuisson naturellement ; ainsi si le L* cible est inférieur au L* de la restauration, il faudra penser que la luminosité sera abaisser par la cuisson.

Le résultat final esthétique de la restauration unitaire antérieur dépendra aussi de la technicité du céramiste.

Le protocole eLAB permet une un résultat prédictible de la restauration même si clinicien et céramiste n'exercent pas au même endroit.

III.3.4 L'application eLAB prime

En 2019, une nouvelle application plus intuitive est sortie: eLAB prime. Ce logiciel a pour but de simplifier l'utilisation du protocole eLAB au quotidien. Tout d'abord, après l'import des photographies au format RAW, l'application va réaliser une autocalibration de chaque photographie de manière automatique, la balance des blancs n'est plus à faire manuellement. Un logo de « eLAB » apparaît au dessus de nos photographies lorsqu'elles sont exploitables dans le cadre du protocole.

Cette validation permet d'être sûr que les critères de prise des clichés ont bien été respectés.

eLAB prime travaille sur deux zone principales de la dent: la dentine dite principale et la dentine incisale.

L'application eLAB prime a pour intérêt de réaliser l'ensemble de la calibration de la photographie jusqu'à l'essayage virtuel avec peu d'interventions. Ainsi ce logiciel mesure des ΔE sans passer par un « ΔE calculator », il réalise l'essayage virtuel sans passer par un autre logiciel tel que Keynote. L'interface d'eLAB prime, en intégrant toutes ces fonctions, rend le travail bien plus rapide et aisé pour le céramiste dans le protocole eLAB.

QR Code 6 : Explication à travers un cas clinique de l'utilisation de l'application eLAB prime.

Figure 33 : résumé du protocole eLAB

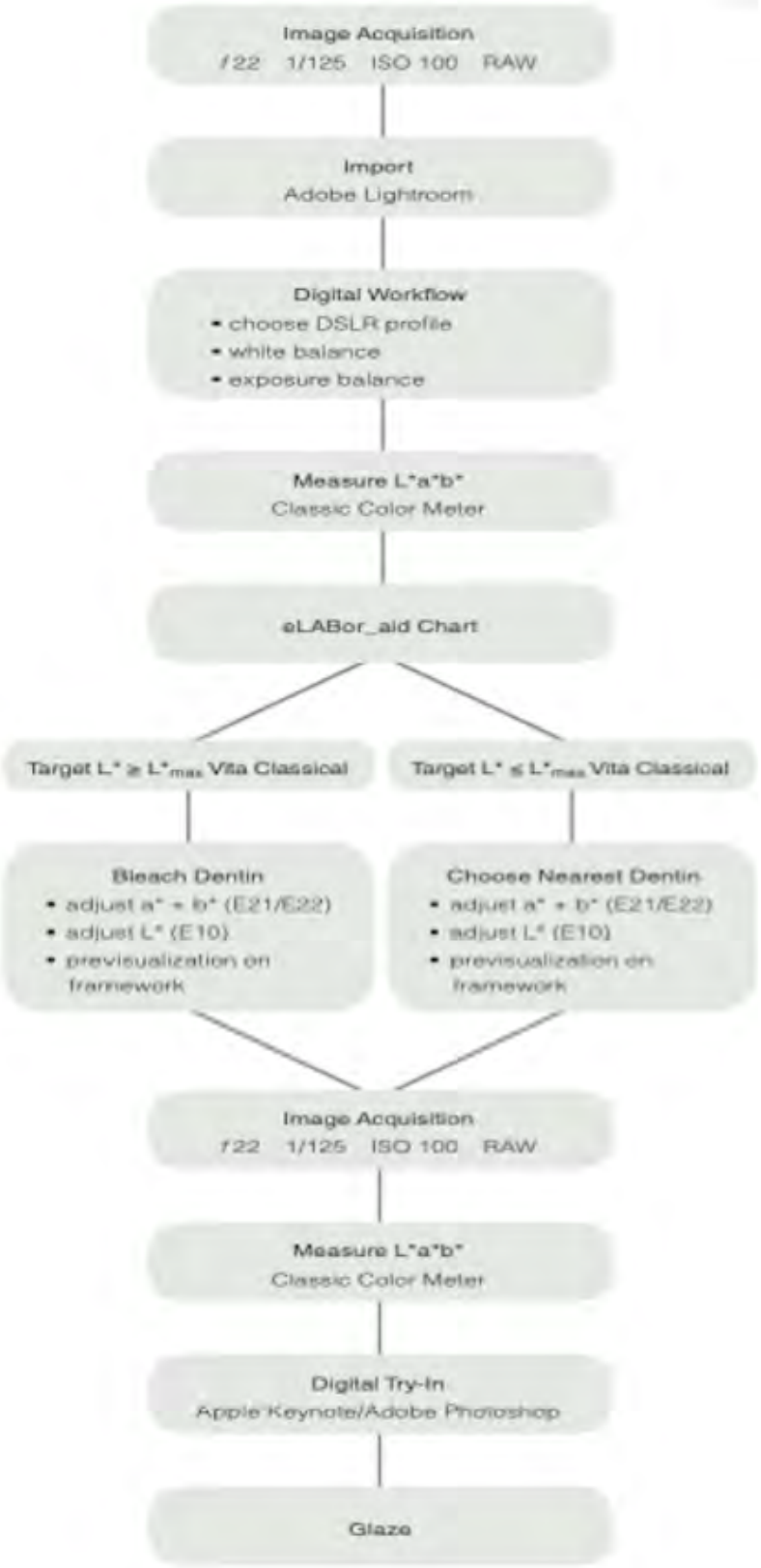


Figure 34 : arbre synthétique illustrant les différentes étapes à réaliser au cabinet et au laboratoire dans le cadre du protocole eLAB

Les bonnes coordonnées L, a, b ne sont pas obtenues dès la première cuisson car les tableaux d'extrapolation réalisés par les fondateurs du protocole se sont basés sur des épaisseurs standards de recouvrement de céramique. Hors en clinique, les épaisseurs de préparation ne sont pas toujours très précises. De plus, ces mêmes tableaux sont fondés avec des couleurs de fond standard hors la couleur des substrats dentaires varient en fonction de chaque cas. Plusieurs cuissons sont donc souvent nécessaires au céramiste pour obtenir les valeurs cibles désirées.

Cette approche de la teinte utilisant une technique de photocolorimétrie numérique (PCN) avec une formulation de la teinte a l'avantage de ne pas faire appel à un teintier.

GC LiSi

	L*	a*	b*	Chroma (a* + b*)
BLD-2	80.50	0.00	0.00	0.00
D-A1	71.00	2.5	13.00	15.5
D-B1	70.00	1.50	10.00	11.50
D-B2	70.00	2.50	18.50	21.00
D-C1	69.00	3.00	14.50	17.50
D-A2	68.50	4.0	20.50	24.5
D-B3	68.50	4.00	28.00	32.00
D-D2	68.50	3.50	13.00	16.50
D-A3	67.00	4.50	23.00	27.50
D-B4	66.00	4.50	30.00	34.50
D-D3	66.00	4.00	19.00	23.00
D-D4	65.00	2.50	23.00	25.50
D-A3.5	64.00	6.00	27.00	33.00
D-C2	63.50	3.50	21.50	25.00
D-A4	61.50	6.00	27.00	33.00
D-C3	58.50	3.50	23.50	27.00
D-C4	58.50	5.00	25.00	30.00

Figure 35 : exemple de tableau d'extrapolation réalisé par les fondateurs du protocole eLAB permettant de lier des coordonnées LAB à un type de céramique

CONCLUSION

La prise de teinte dans les restaurations unitaires antérieures est un challenge pour le chirurgien dentiste et pour le céramiste. La méthode visuelle et la méthode instrumentale sont les deux grandes manières de prendre la teinte dans les cabinets dentaire. Hors ces deux manières ne permettent pas un relevé de la teinte à la fois objectif et fiable.

Sascha Hein, P. Bazos et J. T. Guadix ont mis au point un protocole ambitieux permettant un relevé de la teinte objectif et précis : le protocole eLAB.

Bien que le nombre de restaurations réalisées depuis 2016 soit restreint, une attention particulière doit être donnée à l'utilisation de ce protocole au vu de l'intégration biomimétique des restaurations qui en sont issues. Cependant, comme nous l'avons vu, nous pouvons noter que ce protocole est chronophage pour le céramiste. De plus, ce dernier doit acheter une licence à l'application de l'eLAB prime, le coût d'une restauration antérieure indirecte ne peut en être qu'impacté pour le laboratoire comme pour le praticien et in fine pour le patient.

Ce protocole récent, bien qu'à ce jour très séduisant, ne présente encore que peu d'étude permettant de conclure avec fiabilité à un intérêt significativement supérieur par rapport aux méthodes traditionnelles de prise de teinte. Cependant, il nous paraît très intéressant comme outil car il nous semble permettre à une tranche des céramistes de recréer de façon plus standardisés et donc de façon plus biomimétiques des céramiques esthétiques unitaires qui sont bien souvent très complexes.

Madame la présidente du jury :

Monsieur le directeur de thèse :

Le 25/05/2021

BIBLIOGRAPHIE

1. van der Burgt TP, ten Bosch JJ, Borsboom PCF, Kortsmit WJPM. A comparison of new and conventional methods for quantification of tooth color. J Prosthet Dent. févr 1990;63(2):155-62.
2. Ceinos R, Lasserre J-F. La couleur des dents naturelles: bases fondamentales. ID. nov 2020;102(41/42):22-34.
3. Emmanuel D, Pia J-P, PIVET J. Couleur et choix de la teinte en Odontologie. In 2014. p. 23-37.
4. Jean-François L, Sophia P, Emmanuel D. La couleur en Odontologie. Cah Prothèse. 1 sept 2006;25-39.
5. Wee A. Description of color science, color replication progress and esthetics. In 2006.
6. Klaff D. Achieving the predictable composite resin restoration : the nature of colour [Internet]. 2010 [cité 8 déc 2020]. Disponible sur: /paper/Achieving-the-predictable-composite-resin-%3A-the-of-Klaff/2034ae1b6ed20e9be40f153089cb58fe357d5391
7. Fondriest J. Shade matching in restorative dentistry: The science and strategies. Int J Periodontics Restorative Dent. 1 nov 2003;23:467-79.
8. Joiner A. Tooth colour: a review of the literature. J Dent. janv 2004;32:3-12.
9. Salehi A, Ibrahimi D, Watzki D, Etienne O. e-LAB: un nouveau système d'analyse et de contrôle chromatique. Réal Clin. 2019;30(3):206-14.
10. Baltzer A, Kaufmann-Jinoian V. La définition des teintes de dent. juill 2004 [cité 8 déc 2020];30. Disponible sur: https://docplayer.fr/15302638-La-definition-des-teintes-de-dent.html
11. VITA_Info_LinearGuide_5Spr_ML.pdf.
12. Goodkind RJ, Schwabacher WB. Use of a fiber-optic colorimeter for in vivo color measurements of 2830 anterior teeth. J Prosthet Dent. nov 1987;58(5):535-42.
13. William D.CulpepperD.D.S., M.S.D. A comparative study of shade-matching procedures. The Journal of Prosthetic Dentistry Volume 24, Issue 2. août 1970;166-73.
14. Hui Chen, Jing Huang, Xian Dong, Jielei Qian, Jiajing He, Xinhua Qu, et al. le relevé de la couleur: méthode visuelle vs méthode avec instruments. Quintessence. nov 2020;95-105.
15. Milagres V, Teixeira ML, Miranda ME, Osorio Silva CH, Ribeiro Pinto JR. Effect of gender, experience, and value on color perception. Oper Dent. juin 2012;37(3):228-33.
16. Park J-H, Lee Y-K, Lim B-S. Influence of illuminants on the color distribution of shade guides. J Prosthet Dent. déc 2006;96(6):402-11.
17. Curd FM, Jasinevicius TR, Graves A, Cox V, Sadan A. Comparison of the shade matching ability of dental students using two light sources. J Prosthet Dent. déc 2006;96(6):391-6.
18. Clinkemaillié, M. 2011.

19. Hasegawa A, Ikeda I, Kawaguchi S. Color and translucency of in vivo natural central incisors. J Prosthet Dent. avr 2000;83(4):418–23.
20. Todorovic A, Todorovic A, Spadijer-Gostovic A, Lazic V, Milicic B, Djurisic S. Reliability of conventional shade guides in teeth color determination. Vojnosanit Pregl. 2013;70(10):929–34.
21. Chu SJ, Trushkowsky RD, Paravina RD. Dental color matching instruments and systems. Review of clinical and research aspects. J Dent. 2010;38 Suppl 2:e2-16.
22. Ishikawa-Nagai S, Yoshida A, Da Silva JD, Miller L. Spectrophotometric Analysis of Tooth Color Reproduction on Anterior All-Ceramic Crowns: Part 1: Analysis and Interpretation of Tooth Color. J Esthet Restor Dent. févr 2010;22(1):42–52.
23. Vafaii F, Soltani F, Kadkhodaza M, Moshiri Z, Khoshhal M. Evaluation of Color and Contour Matching Accuracy with Digital Photography and Direct Vision. Res J Med Sci. 1 févr 2012;6(2):46–50.
24. Horn DJ, Bulan-Brady J, Hicks ML. Sphere spectrophotometer versus human evaluation of tooth shade. J Endod. déc 1998;24(12):786–90.
25. Sfreddo, M., & Mason, S. Evaluation du blanchiment dentaire par spectrophotometrie et sem.
26. Browning WD, Contreras-Bulnes R, Brackett MG, Brackett WW. Color differences: Polymerized composite and corresponding Vitapan Classical shade tab. J Dent. janv 2009;37:e34–9.
27. Gehrke P, Riekeberg U, Fackler O, Dhom G. Comparison of in vivo visual, spectrophotometric and colorimetric shade determination of teeth and implant-supported crowns. Int J Comput Dent. 2009;12(3):247–63.
28. Yilmaz B, Karaagaclioglu L. In vitro evaluation of color replication of metal ceramic specimens using visual and instrumental color determinations. J Prosthet Dent. janv 2011;105(1):21–7.
29. Johnston WM. Color measurement in dentistry. J Dent. 2009;37 Suppl 1:e2-6.
30. Jarad FD, Russell MD, Moss BW. The use of digital imaging for colour matching and communication in restorative dentistry. Br Dent J. juill 2005;199(1):43–9.
31. Lecerf J, Plard H, Tirlet G. La photographie en odontologie: des bases fondamentales à la clinique : objectifs, matériels et conseils pratiques (Guide clinique). Malakoff: Editions CdP. 2017.
32. Benero S. Le choix d'un appareil photo numérique au cabinet dentaire [Internet]. LEFILDENTAIRE magazine dentaire. 2006 [cité 2 févr 2021]. Disponible sur: https://www.lefildentaire.com/articles/pratique/technofil/le-choix-dun-appareil-photo-numerique-au-cabinet-dentaire/
33. Barthélémy H. La photographie numérique dentaire. 2011;(156):16.
34. Zagzoule M. Données actuelles sur la photographie au cabinet dentaire. Toulouse; 2016.
35. Stevenson B. Current methods of shade matching in dentistry: a review of the supporting literature. Dent Update. juin 2009;36(5):270–2, 274–6.

36. Tin-Oo MM, Saddki N, Hassan N. Factors influencing patient satisfaction with dental appearance and treatments they desire to improve aesthetics. BMC Oral Health. déc 2011;11(1):6.
37. Sampaio CS, Atria PJ, Hirata R, Jorquera G. Variability of color matching with different digital photography techniques and a gray reference card. J Prosthet Dent. 1 févr 2019;121(2):333-9.
38. Azogui A, Derman D, Ibrahimi D, Pomès B. Le procole eLAB dans la réalisation d'une restauration unitaire antérieure. Réal Clin. 2019;30(1):82-5.
39. Hein S, Tapia J, Bazos P. eLABor_aid: a new approach to digital shade management. Int J Esthet Dent. 2017;12(2):186-202.
40. Fariza E, O'Day T, Jalkh AE, Medina A. Use of Cross-Polarized Light in Anterior Segment Photography. Arch Ophthalmol. 1 avr 1989;107(4):608-10.
41. Muccini JA, Kollias N, Phillips SB, Anderson RR, Sober AJ, Stiller MJ, et al. Polarized light photography in the evaluation of photoaging. J Am Acad Dermatol. nov 1995;33(5 Pt 1):765-9.
42. Kim E, Son T, Lee Y, Jung B. Development of polarization dental imaging modality and evaluation of its clinical feasibility. J Dent. juill 2012;40:e18-25.
43. Edwards N. Cross-Polarisation, Making it Practical. J Vis Commun Med. déc 2011;34(4):165-72.
44. Casaglia A, DE Dominicis P, Arcuri L, Gargari M, Ottria L. Dental photography today. Part 1: basic concepts. ORAL Implantol. déc 2015;8(4):122-9.
45. Hein S. 4 practical application [Internet]. 2016 [Internet]. Disponible sur: https://www.youtube.com/watch?v=n96-GfCTi18
46. Richard A, Ibraimi D. Le protocole e_LAB : les étapes clés. BioMatériaux Cliniques. mars 2021;6(1):97-103.

TABLE DES ILLUSTRATIONS

Figure 1 : relevé visuel de la couleur à l'aide d'un teintier. *Source : image libre de droits internet.*

Figure 2 : cylindre de Munsell illustrant les trois paramètres distincts de la couleur, classés par ordre d'importance (1). *Source : A comparison of new and conventional methods for quantification of tooth color. The Journal of Prosthetic Dentistry.*

Figure 3 : coupe longitudinale d'une incisive centrale montrant la relation entre la dentine et l'émail CHERCHER SOURCE

Figure 4 : cercle des teintes du cylindre de Munsell. CHERCHER SOURCE

Figure 5 : sphère représentant l'espace colorimétrique CIE L*a*b*

Figure 6 : premier teintier et présentation publicitaire du Lumin Vacuum (1956). Documentation VITA. *Source : prise de teintes des techniques conventionnelles aux techniques électroniques ADF 2010.*

Figure 7 : le teintier Chromascop. *Source : prise de teintes des techniques conventionnelles aux techniques électroniques ADF 2010.*

Figure 8 : le teintier VITA 3D. *Source : prise de teintes des techniques conventionnelles aux techniques électroniques ADF 2010.*

Figure 9 : l'expérience d'Adelson. *Source : Image libres de droits internet.*

Figure 10 : relevé de la couleur à l'aide d'un spectrophotomètre. *Source : Image libres de droits internet.*

Figure 11 : illustration des trois facteurs contrôlant l'exposition. *Source : Manuel de photographie dentaire Emmanuel D., novembre 2016.*

Figure 12 : photographie extra-buccale, vue frontale. *Source : cabinet dentaire du Dr Romain Ducassé.*

Figure 13 : photographie extra-buccale, portrait à visée esthétique. *Source : cabinet dentaire du Dr Romain Ducassé.*

Figure 14 : photographie intra-buccale, vue frontale. *Source : Manuel de photographie dentaire, Dr Emmanuel d'Incau.*

Figure 15 : diagramme montrant les appareils reflex les plus utilisés et indiquant la longueur focale et le type de flash utilisé, le système eLAB a été conçu à l'origine en tenant compte de ces chiffres. Résultat d'une étude de

la société Bioémulation. *Source : La photographie en odontologie: des bases fondamentales à la clinique : objectifs, matériels et conseils pratiques (Guide clinique), J.Lecerf.*

Figure 16 : image présentant le filtre polar eyes vendu par la société Emulation. *Source : image libre de droits internet.*

Figure 17 : photographies prises avec et sans filtre de polarisation croisée. *Source : eLABor_aid: a new approach to digital shade management, Hein S, Tapia J, Bazos P.*

Figure 18 : carte de gris proposé par la société Emulation, référence dans le protocole eLAB. *Source : image libre de droits internet.*

Figure 19 : positionnement correct de la carte de gris (image *a*). *Source : Hein S. practical application, 2016 [Internet]. Disponible sur:* https://www.youtube.com/watch?v=n96-GfCTi18

Figure 20 : tableau exposant les distances de mise au point variant selon le capteur et l'objectif utilisés. *Source : e-LAB: un nouveau système d'analyse et de contrôle chromatique. Réalités Cliniques, 2019, Salehi A, Ibrahimi D, Watzki D, Etienne O.*

Figure 21 : image illustrant la distance de prise de vue classique à adopter lors des clichés photographiques dans le cadre du protocole eLAB. *Source : Photo Protocol, eLAB Prime [Internet]. Disponible sur:* https://elabprime.com/photo-protocol

Figure 22 : images obtenues avec les standards du protocole eLAB. *Source : cabinet dentaire du Dr Romain Ducassé.*

Figure 23 : mesure des valeurs L*a*b* sur la carte des gris.

Figure 24 : images présentant les applications disponibles sur Mac et sur PC permettant les mesures colorimétriques avec des valeurs L*a*b*. *Source : image libre de droits internet.*

Figure 25: image illustrant les trois colorants IPS Ivocolor Essence (Ivoclar Vivadent) utilisés dans le cadre du protocole. *Source : illustration prise lors du symposium eLAB, Marseille (FR), octobre 2019.*

Figure 26 : spectres d'absorption des trois colorants IPS Ivocolor Essence (Ivoclar Vivadent) utilisés dans le protocole eLAB, S.Hein. *Source : image libre de droits internet.*

Figure 27 : images représentant le mélange des colorants selon les proportions indiquées par le logiciel. Les colorants sont mélangés au liquide

glazure, puis la masse dentine est ajoutée selon la recette donnée. *Source : Le protocole eLAB : les étapes clés. BioMatériaux Cliniques. mars 2021, Richard A, Ibraimi D.*

Figure 28 : image illustrant le teintier Natural Die Material pouvant être utilisé pour la prise de teinte du substrat. *Source : image libre de droits du site internet d'Ivoclar.*

Figure 29 : illustration représentant la réalisation du modèle de travail. *Source : e LAB simulation model instructions, S. Hein.*

Figure 30 : essai virtuel d'une restauration unitaire antérieure. *Source : Sascha Hein. One Minute Tutorial: The eLAB digital try-in in Photoshop [Internet]. Disponible sur:* https://www.youtube.com/watch?v=R6HJTfCYMTI

Figure 31 : le ΔE. *Source : image prise lors du symposium eLAB, Marseille (FR), octobre 2019.*

Figure 32 : tableau de correction. *Source : image prise lors du symposium eLAB, Marseille (FR), octobre 2019.*

Figure 33 : résumé du protocole eLAB. *Source : [Internet]. Disponible sur :* https://elabprime.com/photo-protocol

Figure 34 : arbre synthétique illustrant les différentes étapes à réaliser au cabinet et au laboratoire dans le cadre du protocole eLAB. *Source : Hein S, Tapia J, Bazos P. eLABor_aid: a new approach to digital shade management.*

Figure 35 : exemple de tableau d'extrapolation réalisé par les fondateurs du protocole eLAB permettant de lier des coordonnées LAB à un type de céramique. *Source : image libre de droits Internet.*

ZEITOUN Mehdi TOU3 2021 3034

RESUME :

eLAB : LA PRISE DE TEINTE DANS LES RESTAURATIONS UNITAIRES INDIRECTES ANTERIEURES - CHANGEMENT DE PARADIGME

Le relevé de la couleur dans les restaurations indirectes antérieures est un véritable défi. Le protocole eLAB élaboré en 2016 par S.Hein, P. Bazos et J. T. Guadix standardise la prise de teinte et la rend prédictible. Ce protocole répond à un double enjeu, il facilite la conception des restaurations par le céramiste -du point de vue colorimétrique- et il permet surtout d'anticiper le résultat biomimétique de nos restaurations. Ce travail débute par un historique des méthodes utilisées pour relever la couleur ; il se poursuit par une partie évoquant la place cruciale de l'appareil photo au cabinet et se termine par la présentation du protocole eLAB.

---

eLAB : COLOR TAKING IN PREVIOUS INDIRECT UNIT RESTORATIONS - A CHANGE OF PARADIGM

Tracing color in anterior indirect restorations is a real challenge. The eLAB protocol developed in 2016 by S. Hein, P. Bazos and J. T. Guadix standardizes tooth shade taking and makes it predictable. This protocol responds to a double challenge, it standardizes the design of restorations made by the ceramist and above all it makes it possible to anticipate the aesthetic result of our restorations. This work begins with a reminder of the different methods used up until now to pick up color; it continues with a part which mentions the place of the camera in the dental practice and it ends with the explanation of the eLAB protocol.

DISCIPLINE ADMINISTRATIVE : Chirurgie dentaire

MOTS CLES : prise de teinte, eLAB, standardisation, photographie, couleur, esthétique

INTITULE ET ADRESSE DE L'UFR :

Université Toulouse III- Paul Sabatier, Faculté de chirurgie dentaire, 3 chemin des maraichers 31062 Toulouse Cedex

DIRECTEUR DE THESE : Dr Romain Ducassé