



HAL
open science

Détermination de la couleur dentaire à l'aide de la caméra intra-buccale TRIOS® 3 Shape

Thibaud Marchat

► **To cite this version:**

Thibaud Marchat. Détermination de la couleur dentaire à l'aide de la caméra intra-buccale TRIOS® 3 Shape . Chirurgie. 2016. dumas-01445230

HAL Id: dumas-01445230

<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-01445230>

Submitted on 24 Jan 2017

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

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

Université de Bordeaux
Collège des Sciences de la Santé
U.F.R des Sciences Odontologiques

Année 2016-2017

N°86

Thèse pour l'obtention du
DIPLOME d'ETAT de DOCTEUR EN CHIRURGIE DENTAIRE

Présentée et soutenue publiquement
par Monsieur Thibaud MARCHAT
Né le 31 Mars 1989 à Pau (64)
Le 19 décembre 2016

**Détermination de la couleur dentaire à l'aide de la caméra
intra-buccale TRIOS® 3 Shape**

Directeur de thèse :
Docteur Emmanuel d'INCAU

Membres du Jury

Présidente	Mme. Marie-José BOILEAU	Professeur des Universités
Directeur	M. Emmanuel d'INCAU	Maître de conférence des Universités
Rapporteur	M. Julien BROTHIER	Ancien Assistant Hospitalo-Universitaire
Assesseur	M. Jean-Marie MARTEAU	Maître de conférence des Universités
Assesseur	M. Hubert CHAUVEAU	Assistant Hospitalo-Universitaire

UNIVERSITE DE BORDEAUX

MAJ 01/11/2016

Président M. TUNON DE LARA Manuel
Directeur de Collège des Sciences de la Santé M. PELLEGRIN Jean-Luc

COLLEGE DES SCIENCES DE LA SANTE UNITE DE FORMATION ET DE RECHERCHE DES SCIENCES ODONTOLOGIQUES

Directrice Mme BERTRAND Caroline 58-02
Directrice Adjointe – Chargée de la Formation initiale Mme ORIEZ-PONS Dominique 58-01
Directeur Adjoint – Chargé de la Recherche M. FRICAIN Jean-Christophe 57-02
Directeur Adjoint – Chargé des Relations Internationales M. LASSERRE Jean-François 58-02

ENSEIGNANTS DE L'UFR

PROFESSEURS DES UNIVERSITES

Mme Caroline BERTRAND Prothèse dentaire 58-02
Mme Marie-José BOILEAU Orthopédie dento-faciale 56-02
Mme Véronique DUPUIS Prothèse dentaire 58-02
M. Bruno ELLA NGUEMA Sciences anatomiques et physiologiques - Biomatériaux 58-03
M. Jean-Christophe FRICAIN Chirurgie buccale – Pathologie et thérapeutique 57-02

MAITRES DE CONFERENCES DES UNIVERSITES

Mme Elise ARRIVÉ Prévention épidémiologie – Economie de la santé – Odontologie légale 56-03
Mme Cécile BADET Sciences biologiques 57-03
M. Etienne BARDINET Orthopédie dento-faciale 56-02
M. Michel BARTALA Prothèse dentaire 58-02
M. Cédric BAZERT Orthopédie dento-faciale 56-02
M. Christophe BOU Prévention épidémiologie – Economie de la santé – Odontologie légale 56-03
Mme Sylvie BRUNET Chirurgie buccale – Pathologie et thérapeutique 57-02
M. Sylvain CATROS Chirurgie buccale – Pathologie et thérapeutique 57-02
M. Stéphane CHAPENOIRE Sciences anatomiques et physiologiques 58-03
M. Jacques COLAT PARROS Sciences anatomiques et physiologiques 58-03
M. Jean-Christophe COUTANT Sciences anatomiques et physiologiques 58-03
M. François DARQUE Orthopédie dento-faciale 56-02
M. François DE BRONDEAU Orthopédie dento-faciale 56-02
M. Yves DELBOS Odontologie pédiatrique 56-01
M. Raphael DEVILLARD Odontologie conservatrice- Endodontie 58-01
M. Emmanuel D'INCAU Prothèse dentaire 58-02
M. Dominique GILLET Odontologie conservatrice – Endodontie 58-01
M. Jean-François LASSERRE Prothèse dentaire 58-02
M. Yves LAUVERJAT Parodontologie 57-01
Mme Odile LAVIOLE Prothèse dentaire 58-02
M. Jean-Marie MARTEAU Chirurgie buccale – Pathologie et thérapeutique 57-02
Mme Javotte NANCY Odontologie pédiatrique 56-01
M. Adrien NAVEAU Prothèse dentaire 58-02
Mme Dominique ORIEZ Odontologie conservatrice – Endodontie 58-01
M. Jean-François PELI Odontologie conservatrice – Endodontie 58-01

M.	Philippe	POISSON	Prévention épidémiologie – Economie de la santé – Odontologie légale	56-03
M.	Patrick	ROUAS	Odontologie pédiatrique	56-01
M.	Johan	SAMOT	Sciences biologiques	57-03
Mme	Maud	SAMPEUR	Orthopédie dento-faciale	56-02
M.	Cyril	SEDARAT	Parodontologie	57-01
Mme	Noélie	THEBAUD	Sciences biologiques	57-03
M.	Eric	VACHEY	Odontologie conservatrice – Endodontie	58-01

ASSISTANTS

Mme	Audrey	AUSSEL	Sciences anatomiques et physiologiques	58-03
M.	Wallid	BOUJEMAA AZZI	Odontologie conservatrice – Endodontie	58-01
Melle	Camille	BOULÉ-MONTPEZAT	Odontologie pédiatrique	56-01
Melle	Anaïs	CAVARÉ	Orthopédie dento-faciale	56-02
M.	Hubert	CHAUVEAU	Odontologie conservatrice – Endodontie	58-01
M.	Mathieu	CONTREPOIS	Prothèse dentaire	58-02
M	Jean-Baptiste	CULOT	Sciences anatomiques et physiologiques	58-03
Mme	Clarisse	DE OLIVEIRA	Orthopédie dento-faciale	56-02
M.	Cédric	FALLA	Prévention épidémiologie – Economie de la santé – Odontologie légale	56-03
Mme	Elsa	GAROT	Odontologie pédiatrique	56-01
Mme	Agathe	GREMARE	Sciences biologiques	57-03
Mme	Olivia	KEROUREDAN	Odontologie conservatrice – Endodontie	58-01
M	Adrien	LASTRADE	Prothèse dentaire	58-02
Mme	Karine	LEVET	Prévention épidémiologie – Economie de la santé – Odontologie légale	56-03
M.	Alexandre	MARILLAS	Odontologie conservatrice – Endodontie	58-01
M.	Emmanuel	MASSON-REGNAULT	Chirurgie buccale – Pathologie et thérapeutique	57-02
Mme	Marie	MÉDIO	Orthopédie dento-faciale	56-02
Mme	Darrène	NGUYEN	Sciences biologiques	57-03
M.	Ali	NOUREDDINE	Prothèse dentaire	58-02
Mme	Chloé	PELOURDE	Orthopédie dento-faciale	56-02
M.	Mathieu	PITZ	Parodontologie	57-01
M.	Antoine	PEPELUT	Parodontologie	57-01
Mme	Charlotte	RAGUENEAU	Prothèse dentaire	58-02
M.	Clément	RIVES	Odontologie conservatrice – Endodontie	58-01

A notre Présidente de thèse

Madame le Professeur Marie-José BOILEAU
Professeur des Universités - Praticien Hospitalier
Sous-section Orthopédie dento-faciale 56-02

Tous mes remerciements et toute ma gratitude pour votre enseignement, votre accueil dans le service de l'hôpital Pellegrin et pour m'avoir fait l'honneur d'accepter de présider mon jury. Soyez assurée de ma sincère reconnaissance et de mon profond respect.

A notre Directeur de thèse

Monsieur le Docteur Emmanuel d'INCAU
Maître de Conférence des Universités – Praticien Hospitalier
Sous-section Prothèse Dentaire 58-02

Je vous remercie de m'avoir fait l'honneur d'accepter d'être mon directeur de thèse. Je veux saluer, ici, votre implication et vos conseils dans la réalisation de ma thèse, la qualité de votre enseignement et votre bonne humeur constante lors de mes trois années passées au sein de l'hôpital Pellegrin.

A notre rapporteur de thèse

Monsieur le Docteur Julien BROTHIER
Ancien Assistant Hospitalo-Universitaire et libéral

*Votre participation à l'évaluation de ce travail, vos conseils, votre écoute et votre enseignement lors de mes vacances cliniques ont été précieux.
Veuillez trouver ici le témoignage de ma sincère gratitude.*

A notre Assesseur

Monsieur le Docteur Jean-Marie MARTEAU
Maître de Conférence des Université – Praticien Hospitalier
Sous-section Chirurgie-buccale – Pathologie et Thérapeutique 57-02

*Je vous remercie d'avoir accepté de participer à ce jury de thèse.
Un grand merci, aussi, pour les conseils et l'enseignement prodigués dans le service de l'hôpital Pellegrin. Travailler à vos cotés a été très formateur. Veuillez trouver ici l'expression de ma plus sincère reconnaissance.*

A notre Assesseur

Monsieur le Docteur Hubert CHAUVEAU
Assistant hospitalo-universitaire et libéral
Sous-section Odontologie conservatrice – Endodontie 58-01

*Je te remercie pour ta participation à l'évaluation de ce travail.
Un grand merci également pour ses années passées auprès de toi sur les bancs de la faculté.*

Au Docteur Elise ARRIVÉ,

Soyez remerciée pour votre contribution à l'interprétation statistique des données recueillies dans cette étude.

A Monsieur Fabien GOUBERT

Je vous remercie pour votre gentillesse, votre générosité et le prêt du spectrophotomètre VITA Easysshade® Advance 4.0 durant de longues semaines.

A l'ensemble du personnel du Service de l'Hôpital Saint-André,

Toute ma gratitude pour votre accueil et votre participation à cette étude. Sans vous la réalisation de ce travail n'aurait pas été possible. Je remercie tout particulièrement le Docteur Jean-Philippe PIA pour ses conseils avisés.

A ma famille, Anna, proches et amis,

Toute ma reconnaissance et ma gratitude pour votre soutien et vos encouragements constants, l'amour que vous me portez et tous les bons moments passés à vos côtés.

Table des matières

<u>Remerciements</u>	p 4
<u>Introduction</u>	p 9
I. <u>Rappels</u>	p 11
I.1. <u>Bases fondamentales</u>	p 11
I.1.1. Définition de la couleur	p 11
I.1.2. Paramètres fondamentaux de la couleur	p 12
I.1.3. Codage et comparaison des couleurs	p 14
I.2. <u>Les autres dimensions de la couleur d'une dent</u>	p 16
I.2.1. Stratification	p 16
I.2.2. Opacité et translucidité	p 17
I.2.3. Fluorescence	p 17
I.2.4. Opalescence	p 18
I.2.5. Effet nacré (ou pearl effect)	p 18
I.2.6. Etat de surface (ou texture de surface, ou micro-géographie de surface)	p 18
I.2.7. Les caractérisations	p 19
II. <u>Echantillon</u>	p 20
II.1. <u>Critères d'inclusion</u>	p 20
II.2. <u>Critères d'exclusion</u>	p 21

III.	<u>Matériels</u>	p 22
III.1.	<u>Teintier VITA Toothguide 3D-MASTER®</u>	p 22
III.2.	<u>Spectrophotomètre VITA Easyshade® Advance 4.0</u>	p 25
III.3.	<u>Caméra intra-orale TRIOS®3Shape</u>	p 27
IV.	<u>Méthode</u>	p 28
IV.1	<u>Confection des guides de repositionnement</u>	p 28
IV.2	<u>Les relevés de couleurs</u>	p 31
IV.3	<u>Coefficient de kappa</u>	p 33
V.	<u>Résultats</u>	p 35
VI.	<u>Discussion</u>	p 38
	<u>Conclusions</u>	p 45
	<u>Bibliographie</u>	p 47

Introduction

L'intégration, par le patient, de la considération esthétique est une donnée de plus en plus importante en chirurgie dentaire ces dernières années. A cet égard, le choix de la couleur, improprement appelé « choix de la teinte », est une des étapes clés de la réussite esthétique d'une prothèse dentaire, ce d'autant plus que la restauration se situe en secteur antérieur.

Le relevé de cette couleur, ainsi que sa transmission fidèle au laboratoire de prothèse, sont des actes quotidiens dans un cabinet dentaire. Cependant, force est de constater que, trop souvent, ce choix de couleur à l'importance croissante est effectué rapidement, de manière empirique et, surtout, sans réelle méthodologie, aboutissant à des résultats plus ou moins aléatoires.

De nos jours, la grande majorité des chirurgiens-dentistes a recours au seul « teintier » pour le choix de la couleur d'une dent et sa transmission au laboratoire de prothèse, la détermination de la dite couleur ne se fondant, traditionnellement et empiriquement, que sur une simple comparaison entre la teinte de la dent adjacente de celle à restaurer (qui représente la teinte idéale à reproduire) et un teintier.

Cette méthode est généralement considérée comme subjective et incomplète et des facteurs tels que l'âge, la fatigue visuelle, l'expérience du praticien, ou encore l'environnement affectent le relevé visuel de la couleur.

Aussi a-t-on pu observer le développement récent d'instruments de mesure objective de la couleur (colorimètre, spectrophotomètre, caméra intra-buccale de plus en plus fréquents au sein des cabinets dentaires) dans le but d'éliminer l'élément subjectif lors des relevés.

Le but du présent travail est d'étudier la nouvelle fonctionnalité « choix de la teinte » qui est, désormais, disponible sur la dernière version de la caméra intra-buccale TRIOS® 3 Shape (caméra destinée aux prises d'empreinte numérique en vue de la réalisation de prothèses dentaires) et de la comparer avec les deux méthodes de références actuelles, objective et subjective, à savoir, respectivement :

- le spectrophotomètre VITA Easyshade® Advance 4.0,
- la méthode conventionnelle visuelle au moyen du teintier VITA Toothguide 3D-Master®.

Notre étude se déclinera en quatre temps.

- 1) Rappel des bases physiques de la couleur et des facteurs et dimensions influençant sa perception.
- 2) Présentation du protocole mis en place dans cette étude : choix de l'échantillon, matériel et méthode.
- 3) Recueil des données et mesures effectuées.
- 4) Interprétation et discussion des résultats obtenus.

On rappellera utilement, ici, qu'aussi performant que pourra devenir le choix de la couleur des dents prothétiques, un des principaux problèmes restera sa reproduction fidèle au travers des techniques cosmétiques de laboratoire. Le prothésiste devra faire appel à son expérience, son sens artistique et son habileté pour reproduire au mieux la cartographie de couleur établie lors du relevé, ce qui constitue un véritable défi quand on connaît le grand nombre de variables intervenants sur le résultat coloré final lors de la mise en œuvre des matériaux esthétiques. [28]

I. Rappels

I.1. Bases fondamentales

I.1.1. Définition de la couleur

La couleur est une perception visuelle de la répartition spectrale de la lumière visible, qui s'étend de 390 nanomètres (violet) à 780 nanomètres (rouge).

La perception de la couleur met en jeu de nombreux éléments : la nature de la lumière qui éclaire l'objet, l'action des pigments de l'objet sur cette lumière, la détection des couleurs par l'œil et l'interprétation par le cerveau. [16]

La couleur d'un objet peut être définie comme l'ensemble des longueurs d'ondes réfléchies et perçues par l'œil, après absorption (ou non) d'une partie du spectre incident par cet objet. [25]

La couleur est une sensation qui prend son origine dans la stimulation de photorécepteurs spécialisés, les cônes et les bâtonnets, situés dans la rétine (figure 1).

Les cônes (7 millions) sont responsables de la vision des couleurs et de la vision photopique (diurne). Il en existe trois types, qui réagissent plus ou moins au rouge, vert ou bleu (figure 2). Selon les lois énoncées par Grassmann en 1853, toute sensation colorée peut être reproduite par un mélange additif de trois couleurs primaires, c'est le principe de trivariance visuelle de l'œil humain ou système Rouge-Vert-Bleu (RVB, ou RGB, red-green-blue).

Les bâtonnets (75 à 150 millions) sont quant à eux responsables de la vision de l'intensité lumineuse et de la vision scotopique (nocturne). Ils sont mille fois plus sensibles que les cônes, donc davantage utilisés dans les réflexes et dans la vision périphérique de l'œil.

Toute couleur se résume donc à une information de chromaticité codée par les cônes et d'intensité relayée par les bâtonnets.

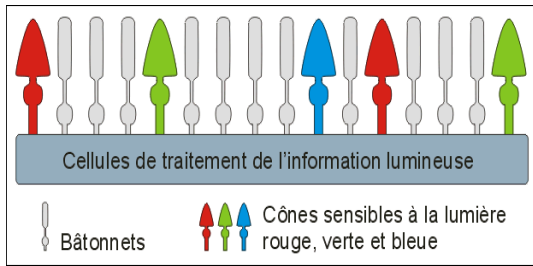


Figure 1 : Photorécepteurs rétiniens : cônes et bâtonnets

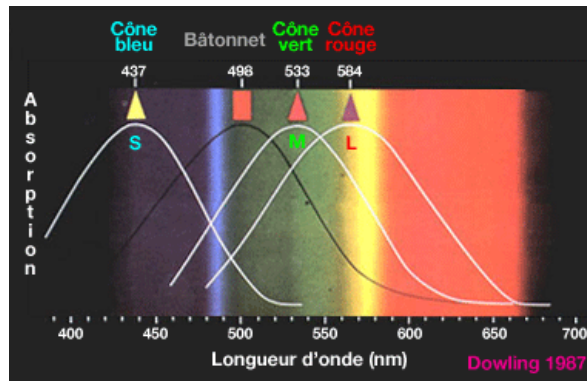
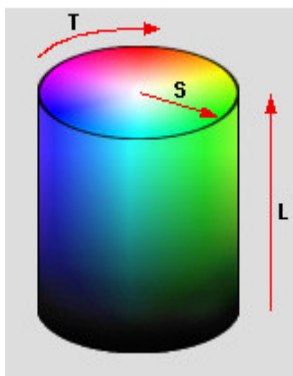


Figure 2 : courbes d'absorbances chez l'homme

I.1.2. Paramètres fondamentaux de la couleur [5]

C'est en 1905 que, pour la première fois, la couleur est définie, par A.H. Munsell, selon trois paramètres fondamentaux : la luminosité, la saturation et la teinte. La représentation complète de la gamme de couleurs se trouve ainsi représentée par un volume à trois dimensions : le cylindre de Munsell (figure 3). Chaque couleur y est définie par des coordonnées en rapport avec l'axe vertical, l'axe horizontal (le rayon) et la périphérie.



Figures 3 : Le cylindre de Munsell

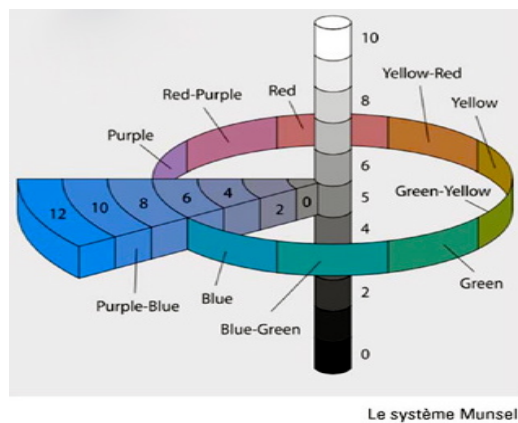


Figure 4 : Représentation de la luminosité, la saturation et la teinte dans le cylindre de Munsell

- La luminosité (ou brillance, ou luminance, ou clarté)

Elle désigne la quantité de blanc ajoutée à une teinte de base ou encore la quantité de lumière qu'elle réfléchit. Elle correspond à l'axe vertical blanc-noir du cylindre de Munsell (figure 4).

Son estimation doit s'effectuer dans une ambiance lumineuse de faible intensité afin de stimuler au mieux les bâtonnets rétiniens. Rappelons que ceux-ci sont extrêmement sensibles et nombreux, ce qui explique le fait que la luminosité soit le facteur le plus influent dans la réussite de la couleur d'une prothèse dentaire et qu'il faille donc l'évaluer en premier lors d'un relevé de couleur.

- La saturation (ou pureté, ou densité, ou intensité) d'une couleur

Elle correspond à la quantité de pigment pur contenue dans une couleur et varie selon l'axe horizontal (rayon) sur le cylindre de Munsell (figure 4). Plus une couleur se rapproche du périmètre du cercle, plus elle est saturée (la saturation est de 100% (pure) lorsqu'elle le touche).

Lorsqu'une couleur est désaturée par excès de luminosité (adjonction de blanc) elle s'éclaircit et donne une teinte pastel. A l'inverse, lorsqu'elle est désaturée par manque de luminosité (adjonction de noir), elle est dite rabattue et donne une teinte terne.

La saturation est le deuxième facteur à prendre en considération lors du relevé de la couleur d'une dent.

- La teinte (ou tonalité chromatique, ou ton, ou chromaticité)

Elle caractérise la longueur d'onde majoritairement réfléchiée par un objet et correspond aux sensations colorées que l'œil perçoit grâce aux cônes rétiniens, comme le rouge, le vert, le bleu, le jaune, l'orange et le violet. Sur le cylindre de Munsell, les différentes tonalités chromatiques sont réparties tout autour de l'axe central (figure 4).

Contrairement à l'idée préconçue, la teinte est le facteur le moins important dans la réussite de la couleur d'une dent artificielle. Néanmoins, il est à noter que les teintiers les plus répandus, tel que le VITA Classical® (encore utilisé par plus de 60% des cabinets dentaires du monde) [25] et le chromascop® d'Ivoclar Vivadent, sont construits par familles de tonalité chromatique et non de luminosité.

I.1.3. Codage et comparaison des couleurs

Le codage le plus universel est l'espace CIE, $L^*a^*b^*$ mis au point par la Commission Internationale de l'Eclairage (CIE) (figure 5). Chaque couleur y est déterminée par trois coordonnées :

- L'axe vertical L^* , représente la luminosité. Il varie de 0 (noir) à 100 (blanc).
- Les axes a^* et b^* , expriment le caractère coloré du flux lumineux, de rouge à vert pour l'axe $[-a^*, +a^*]$ et de bleu à jaune pour l'axe $[-b^*, +b^*]$. En théorie, l'échelle des valeurs disponibles est illimitée, mais le plus souvent, comprend 256 niveaux répartis de - 127 à + 128.

L'espace chromatique des dents naturelles correspond à un volume de faible taille en forme de rhomboïde, appelé « banane chromatique » (figure 5). Il s'étire de manière importante selon l'axe L^* , dans l'hémisphère supérieur de l'espace CIE $L^*a^*b^*$, traduisant le fait que la luminosité dentaire varie de façon importante mais reste globalement élevée. Dans le sens transversal, l'espace est étroit ce qui signifie que les variations de saturation sont assez faibles, alors que dans le sens horizontal la banane chromatique se situe entre l'axe des jaunes ($+b^*$) et des rouges ($+a^*$), mais reste plus proche de l'axe des jaunes. La teinte des dents est donc plutôt uniforme, jaune orangée.

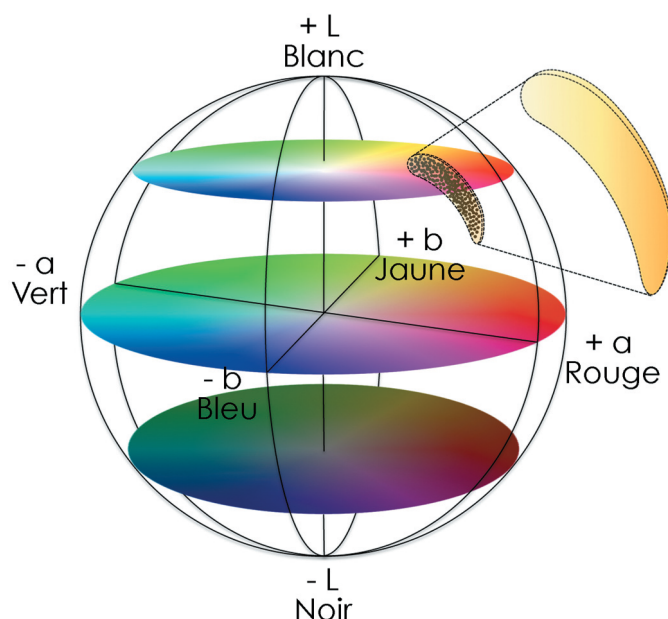


Figure 5 : Représentation de la banane chromatique dentaire au sein de l'espace CIE L,a*,b*

Ainsi « la couleur des dents naturelles se caractérise par une luminosité élevée et une tonalité chromatique jaune orangé désaturée. Le choix de la teinte des dents naturelles est un faux problème, toutes les dents étant jaune orangé avec des nuances plus jaunes ou plus rouges suivant les cas. La luminosité reste toujours le facteur le plus important de la réussite esthétique ». [27]

Enfin, notons que l'interprétation de la banane chromatique confirme l'importance de la luminosité dans le relevé de la couleur et la réussite esthétique.

Si la connaissance des trois dimensions de la couleur (luminosité, saturation, teinte) est fondamentale, elle ne garantit pas la réussite esthétique de nos restaurations. En effet, la dent n'est pas un objet plat, homogène, de structure uniforme. Bien au contraire les effets colorés de transmission liés à la nature de l'émail, s'opposent à la réflexion colorée du noyau dentinaire, et les surfaces convexes des dents naturelles modifient les axes de réflexion par rapport aux surfaces planes rendant complexe et délicate la mesure de la couleur d'une dent.

I.2. Les autres dimensions de la couleur d'une dent

I.2.1. Stratification [26] [27]

L'aspect visuel d'une dent est avant tout lié à sa nature stratifiée. Les dents naturelles sont constituées de couches superposées de tissus, responsables de variations colorées. L'épaisseur, la structure et la composition de l'émail, la dentine et la pulpe, interviennent sur la couleur d'une dent en raison des divers paramètres optiques entrant en jeu (figure 6).



Figure 6 : structure stratifiée de la dent

- la pulpe :

Situé au centre de la dent, ce tissu conjonctif contenant nerfs et vaisseaux est de couleur rouge. Du fait de la formation de dentine tout au cours de la vie, la cavité pulpaire se réduit avec l'âge rendant ainsi la pulpe de moins en moins visible.

- la dentine

Constituée de 70% de minéraux, 20% de substances organiques et 10% d'eau, la dentine, qui enveloppe la pulpe, est responsable en grande partie de la couleur des dents. Son faible degré de minéralisation par rapport à l'émail, et sa forte proportion de substance organique rendent la dentine opaque. Le noyau dentinaire donne la tonalité chromatique et la saturation de la dent.

- l'émail

Tissu superficiel de la dent, le plus dur et minéralisé de l'organisme, l'émail est dit inerte car il n'est ni innervé ni vascularisé. Cette coque semi-translucide est responsable des effets de luminosité de la dent [4]. La zone du collet est moins recouverte d'émail, donc moins lumineuse mais la teinte y est plus facilement discernable. [28]

1.2.2. Opacité et translucidité [26] [27]

L'opacité et la translucidité sont des propriétés qui caractérisent un corps, respectivement capable d'empêcher ou de permettre le passage de la lumière. D'une manière générale, l'opacité d'une dent est tributaire de la visibilité du noyau dentinaire, qui varie selon le type de dents sur l'arcade, la localisation au sein même de la dent et l'âge des individus. En allant vers le collet, l'épaisseur d'émail s'affine, créant une impression de dégradé de plus en plus opaque. A l'inverse, du côté du bord libre, l'émail n'est généralement plus soutenu par la dentine ce qui augmente la translucidité ; la luminosité quant à elle diminue, car une part importante de la lumière incidente pénètre donc la dent.

La translucidité de la dentine est de 40% alors que celle de l'émail est de 70%. De ce fait, une dent jeune possède une translucidité de l'émail importante alors que la dentine est très opaque. Dans une dent âgée, l'émail est plus usé, plus translucide (voire transparent) et la dentine devient moins opaque mais plus saturée.

1.2.3 Fluorescence [26] [27]

La fluorescence est la capacité d'un matériau soumis à un rayonnement ultra-violet de restituer rapidement cette lumière sous forme d'un rayonnement visible de longueur d'onde courte. Cet aspect blanc bleuté est sous la responsabilité de la dentine au niveau des dents naturelles et a tendance à s'estomper avec l'âge, en raison de l'hyperminéralisation induite au cours du vieillissement. L'adjonction de terre rare dans les poudres de céramiques permet d'obtenir cet effet.

1.2.4. Opalescence [26] [27] [34]

C'est la propriété optique d'un matériau transparent ou translucide (émail) qui lui donne un aspect ou une teinte laiteuse, avec des effets irisés rappelant ceux de la pierre d'opale. Sa composition cristalline rappelle celle de l'émail. L'opale réfléchit les longueurs d'ondes courtes en réflexion lumineuse et prend alors un aspect bleuté. En transmission lumineuse, elle laisse passer les longueurs d'ondes les plus hautes et prend ainsi un aspect rouge-orangé.

1.2.5. Effet nacré (ou pearl effect) [26] [27]

C'est un effet de surface brillant, légèrement métallique, comparable à l'aspect de la nacre, que présentent certaines dents jeunes.

1.2.6. Etat de surface (ou texture de surface, ou micro-géographie de surface) [26] [27]

La micro-géographie de surface (stries horizontales de croissance, fossettes) des dents naturelles influence directement leur perception colorée. En effet, elle conditionne le pourcentage de flux lumineux réfléchi par rapport au pourcentage de flux lumineux transmis ou absorbé par la dent. Plus une dent est jeune, donc rugueuse, plus la lumière est réfléchie dans un grand nombre de directions. Cette réflexion spéculaire entraîne alors un état de surface brillant et lumineux. En revanche, plus une dent est âgée, plus le rayon incident donne naissance à un rayon réfléchi unique. La réflexion diffuse prévaut alors, la luminosité de la dent diminue et elle prend un aspect lisse « émoussé luisant ».

1.2.7. Les caractérisations [26] [27]

Elles correspondent à des aspects colorés particuliers et localisés. Elles peuvent être acquises ou structurelles et prendre la forme de tâches blanches opaques de déminéralisation, d'effets nuageux et laiteux (hypominéralisation des molaires et incisives, MIH), de fissures, fractures de l'émail, qui peuvent être infiltrées ou non. Il est important d'en tenir compte et de les reproduire afin d'améliorer l'intégration esthétique de nos restaurations, bien que les patients soient peu demandeurs, voire réticents, lorsque l'on évoque l'intégration de taches ou marques de vieillissement sur leurs « nouvelles » prothèses.

La notion de « couleur d'une dent » est donc complexe et multifactorielle. Sa détermination est influencée par la composition, la structure stratifiée de la dent ou encore ses effets sur la lumière, mais également par la méthode utilisée pour son relevé. Cette dernière peut être subjective et se faire classiquement par l'intermédiaire d'un des multiples teintiers disponibles sur le marché, ou bien, suite aux avancées technologiques de ces dernières décennies, être objectivée en faisant appel à des colorimètres, des spectrophotomètres ou des caméras numériques.

Il a été décidé, dans cette étude, de comparer les couleurs d'incisives centrales maxillaires obtenues après relevé par l'intermédiaire d'un teintier (VITA Toothguide 3D-Master), du spectrophotomètre VITA Easyshade® Advance 4.0 et de la caméra optique TRIOS® 3 Shape, afin d'évaluer sa dernière fonctionnalité « choix de la teinte ».

II. Echantillon

L'étude a été réalisée auprès de vingt sujets volontaires (étudiants ou personnels du service d'odontologie de l'hôpital Saint André de Bordeaux) dont l'âge moyen était de 23,5 ans (variant entre 21 et 40 ans).

L'échantillon comportait sept hommes et treize femmes.

Les relevés de la couleur ont été effectués sur vingt incisives centrales maxillaire droites (11) et vingt incisives centrales maxillaires gauches (21), soit un total de quarante dents.

II.1. Critères d'inclusion

Les incisives centrales maxillaires naturelles des personnes sélectionnées doivent :

- être vitales.
- ne pas être restaurées.
- ne pas avoir subi de traumatismes.
- ne pas avoir subi de blanchiment.
- ne pas avoir reçu de traitement orthodontique de type multibagues.

II.2. Critères d'exclusion

Toute personne dont l'une des incisives centrales maxillaires possède:

- un traitement endodontique
- des restaurations conservatrices (composites, ciment verre ionomère) ou prothétiques (facette, couronne, bridge, chips de céramique).
- des brackets, résidus de colle (antécédent de traitement orthodontique).
- des usures pathologiques.
- des anomalies de structure (MIH (Hypominéralisation Molaires Incisives), amélogénèse imparfaite, dentinogénèse imparfaite, fluorose).
- des caractérisations marquées.

Les patients possédant une mauvaise hygiène bucco-dentaire (présence de plaque et/ou tartre en quantité importante) ont également été écartés du protocole expérimental.

III. Matériel : les systèmes de détermination colorimétrique

Afin de réaliser cette étude, nous avons eu recours à différents instruments de révélation de la couleur dentaire :

- le teintier VITA Toothguide 3D-Master®
- le spectrophotomètre VITA Easyshade® Advance 4.0
- la caméra intra-buccale TRIOS® 3 Shape

III.1. Teintier VITA Toothguide 3D-MASTER®



Figure 7: Teintier VITA Toothguide 3D-Master®

Ce teintier comporte un échantillonnage de 26 nuances colorées (figure 7). Il permet un relevé visuel, subjectif, de la couleur. Il est l'un des teintiers les plus évolués du marché (avec le VITA Linearguide 3D-MASTER®). En effet, contrairement à la plupart des autres produits disponibles, il tient compte de la nature tridimensionnelle de la couleur et donne la priorité à la luminosité, qui rappelons le, est le facteur le plus important de la réussite de la couleur, devant la saturation et enfin, la teinte.

Ainsi, chaque couleur relevée est caractérisée par : un chiffre + une lettre + un chiffre (ex : 2M1), déterminés lors des 3 étapes de ce relevé visuel de la couleur de la dent naturelle : [33]

1- La détermination de la luminosité (figure 8) : elle varie de 1 (groupe le plus lumineux) à 5 (groupe le plus sombre). La société VITA Zahnfabrik conseille de prendre la majeure de chaque famille, c'est à dire l'échantillon se trouvant au sommet du groupe, soit le plus lumineux, le moins saturé et de teinte M (1M1, 2M1, 3M1, 4M1, 5M1).

Elle s'effectue en partant du groupe le plus foncé vers le plus clair (de la droite vers la gauche) et doit être rapide, inférieure à 10 secondes, afin d'éviter de saturer les bâtonnets, ce qui biaiserait le résultat.

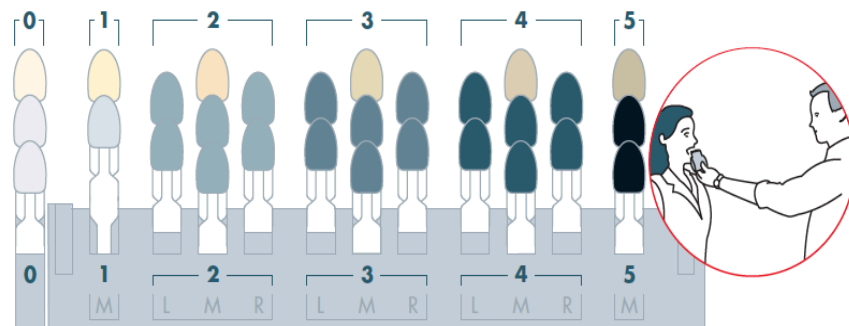


Figure 8 : Détermination de la luminosité avec le teintier VITA Toothguide 3D-Master®

2- La détermination de la saturation (figure 9) : en prenant comme point de départ la barrette échantillon notée M (middle) de la luminosité sélectionnée précédemment, on relève la saturation. Elle varie de 1 (la moins saturée) à 3 (la plus saturée) dans le sens vertical, de haut en bas.

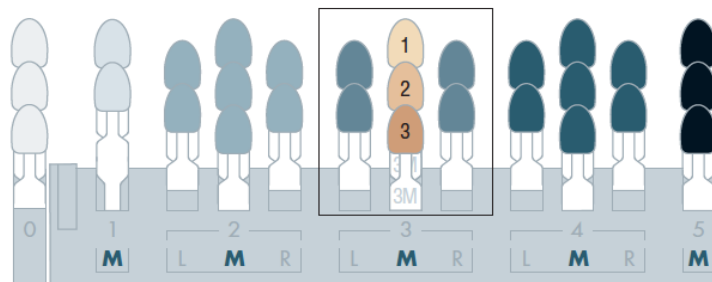


Figure 9 : Détermination de la saturation avec le teintier VITA Toothguide 3D-Master®

3- La détermination de la teinte (figure 10) : le choix de ce dernier facteur s'établit entre les sous-groupes L (Left) pour les teintes jaunâtres, R (Right) pour les tendances chromatiques rougeâtres et M (Middle) pour les tonalités chromatiques équilibrées.

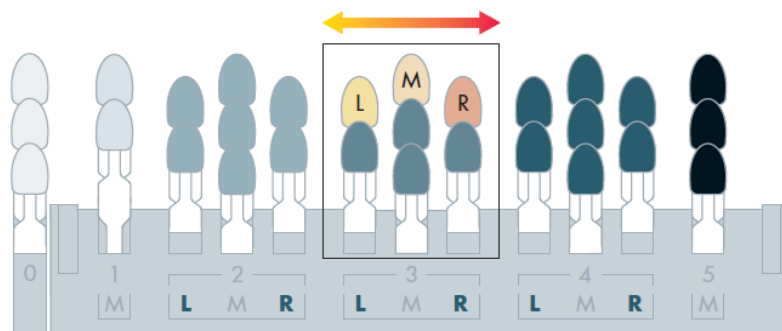


Figure 10 : Détermination de la teinte avec le teintier VITA Toothguide 3D-Master®

III.2. Spectrophotomètre VITA Easyshade® Advance 4.0 (figure 11) [32]



Figure 11: Le spectrophotomètre VITA Easyshade® Advance 4.0

Un spectrophotomètre effectue une mesure spectrale du flux lumineux réfléchi sous sa propre source lumineuse qui est une lumière incidente polychromatique visible et non influencée par l'éclairage environnant. La dent naturelle à analyser est « frappée » par la lumière émise par le spectrophotomètre et devient complètement saturée de lumière. Le spectre réfléchi capturé par la sonde de l'appareil est mesuré en de nombreux points et comparé à une base de données pour exprimer la couleur selon le codage international CIE L^* , a^* , b^* .

Il est nécessaire d'étalonner le VITA Easyshade® Advance 4.0 sur un échantillon céramique de référence avant chaque mesure.

Le VITA Easyshade ® Advance 4.0 est portable, léger et ergonomique. Son utilisation est simple et rapide. La mesure se fait à l'aide de fibres optiques, par un spot central (pointe de la sonde) de 5mm de diamètre. Il est nécessaire de le positionner correctement sur la surface dentaire à analyser. La lumière source est émise par des LED blanches hautes puissances de type D65 à une température de couleur d'environ 6500°K, les plages de longueurs d'ondes émises s'étendent de 400 à 700 nm ; sa résolution spectrale est de 25 nm.

Cet appareil convertit les données reçues en code référence des teintiers VITA Classical® et VITA Toothguide 3D-Master® (utilisé dans cette étude). Il fournit également les valeurs L^* a^* b^* , C, h. Les mesures peuvent être ponctuelles ou en 3 points de la dent (zones cervicale, médiane et incisale). Dans notre étude, des mesures ponctuelles au centre de la dent, délimitée par la gouttière de diamètre correspondant à la sonde de l'appareil (5 mm), ont été privilégiées pour une bonne reproductibilité.

Les performances de cet instrument de mesure ont été évaluées par Kim-Pusateri en 2009 selon 2 paramètres (figure 12) : [22]

- La fidélité (*precision* ou *reliability*) correspond à l'étroitesse de l'accord entre les valeurs mesurées obtenues par des relevés répétés d'un même objet. Un instrument de grande fidélité donne des mesures faiblement dispersées mais qui peuvent être éloignées de la valeur vraie.

- La justesse (*accuracy*) représente la faculté d'un instrument à donner des mesures dont la moyenne est proche de la valeur vraie. Cependant les mesures peuvent être dispersées entre elles.

La combinaison de la fidélité et de la justesse définit l'exactitude de l'instrument.

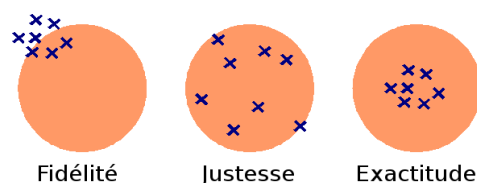


Figure 12 : Schéma représentant « fidélité », « justesse » et « exactitude »

Le VITA Easyshade® est, d'après la littérature, l'un des systèmes les plus fiables (96,4%) et les plus justes (92,6%) parmi l'ensemble des dispositifs spectrophotométriques de mesure de la couleur des dents. [7] [22].

III.3. Caméra intra-orale TRIOS® 3 Shape



Figure 13 : Caméra TRIOS® 3 SHAPE

La caméra intra orale 3 shape de TRIOS® (figure 13) est destinée à la prise d'empreintes numériques pour prothèse dentaire. Sa source lumineuse pour le scannage des dents est une LED couvrant l'ensemble du spectre de la lumière visible.

La caméra est désormais munie d'une fonctionnalité de relevé de la couleur dentaire.

TRIOS® 3 Shape mesure automatiquement la couleur au cours du scannage des dents. Elle combine les informations colorimétriques en image 3D, enregistrées à partir d'angles multiples. Cette information de la couleur est traitée intelligemment en usant les connaissances de la géométrie 3D des dents et de leur angle de scannage. [11]

IV. Méthode

Lors de la première séance, le protocole d'étude est expliqué aux candidats et un consentement éclairé oral a été obtenu.

Le protocole s'est déroulé en trois parties :

- la réalisation d'un guide de repositionnement.
- les relevés de couleurs au moyen des différents instruments.
- Une analyse statistique des résultats obtenus

IV.1. Confection des guides de repositionnement

Les guides de repositionnement ont pour rôle de permettre un positionnement fiable et reproductible du spectrophotomètre VITA Easyshade® Advance 4.0, ainsi que de relever la couleur avec la caméra intra-buccale 3Shape TRIOS® sur la même portion de dent que celle enregistrée par le VITA Easyshade® Advance 4.0.

Afin de les réaliser, une empreinte du maxillaire de chaque patient a été effectuée, à l'alginat, avec un porte-empreinte perforé du commerce (figure 14).



Figure 14 : Empreinte à l'alginat

L'empreinte est ensuite coulée avec du plâtre de type 4 (GC FUJIROCK®, EP) (figure 15) sur lequel sera fabriqué un guide de repositionnement transparent en résine polyacrylique DURAN® de 0,75 mm d'épaisseur (figure 16).



Figure 15 : Modèle en plâtre GC FUJIROCK



Figure 16 : Gouttière en résine polyacrylique

La gouttière englobera les deux dents concernées, 11 et 21, ainsi que les incisives latérales et les canines maxillaires afin d'apporter une plus grande stabilité. Au centre des faces vestibulaires de la gouttière, en regard de 11 et 21, a été perforée une fenêtre circulaire de 5mm de diamètre (correspondant au diamètre de la sonde du spectrophotomètre VITA Easyshade® Advance 4.0) (figure 18 et 19) à l'aide d'une fraise boule en carbure de tungstène montée sur pièce à main (figure 17).

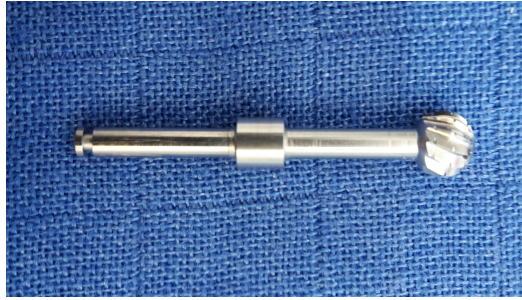


Figure 17 : Fraise carbure de tungstène



Figure 18 : Gouttière après perforation (5mm)



Figure 19 : Vérification du passage aisé
de la sonde du VITA Easyshade® Advance 4.0.

IV.2. Les relevés de couleurs

Une fois les guides de positionnement réalisés, les relevés de couleur dentaire ont été effectués. Ils ont été enregistrés à deux reprises avec chaque instrument, dans le but de vérifier la fidélité de chaque système pris indépendamment (par analyse statistique d'un coefficient kappa) avant de confronter les résultats des différents systèmes entre eux.

Le relevé de la couleur est toujours réalisé, dans un premier temps, avec le teintier VITA Toohtguide 3D-Master® afin que qu'il ne puisse pas être influencé par le résultat annoncé par le spectrophotomètre ou la caméra intra-orale. Cette mesure est réalisée à la lumière du jour, en respectant le protocole d'utilisation proposé par la société Vita Zahnfabrik

Les volontaires ne doivent pas porter de vêtements avec des couleurs trop prononcées. Ils sont vêtus d'une blouse bleu-grise d'hôpital et ne sont pas maquillés (en particulier, absence de rouge à lèvres).

Le spectrophotomètre VITA Easyshade® Advance 4.0 et la caméra intra-orale TRIOS® 3 Shape sont systématiquement étalonnés avant chaque nouveau relevé (figure 20). Ces derniers sont réalisés au niveau du centre des incisives centrales maxillaires, à travers la fenêtre de la gouttière calibrée au diamètre de la sonde du VITA Easyshade® Advance 4.0 (figure 21).



Figure 20 : Etalonnage du VITA Easyshade Advance 4.0.



Figure 21 : Relevé de la couleur avec le VITA Easyshade® Advance 4.0

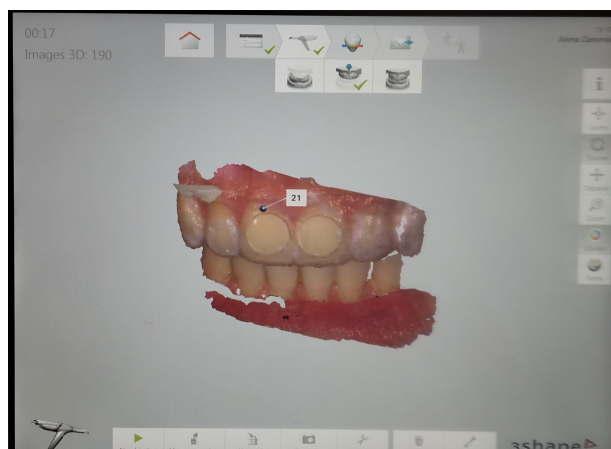


Figure 22 : Résultat obtenu après enregistrement numérique (gouttière perforée en place) avec la caméra TRIOS® 3 Shape

Ainsi pour chaque volontaire, un total de douze relevés de couleur est effectué. Deux relevés visuels classiques au moyen du teintier VITA Toothguide 3D-Master®, deux avec le spectrophotomètre VITA Easyshade® Advance 4.0 et enfin deux avec la caméra intra orale 3 Shape de chez TRIOS® sont réalisés (figure 22), sur les incisives centrales maxillaires droites et gauches (six mesures par dents). 240 relevés de couleur sont donc finalement effectués au cours de cette étude auprès de vingt candidats volontaires.

Il a été décidé de n'inclure que des incisives centrales pour des raisons pratiques, mais aussi afin de garantir la meilleure reproductibilité des relevés. En effet, les canines et toutes les dents leur étant postérieures sont davantage bombées, ainsi la sonde du VITA Easyshade® Advance 4.0 (dont la surface est plane) ne peut être parfaitement plaquée contre la face vestibulaire de la dent. Ceci entraîne une perte de la réflexion lumineuse au niveau des bords de la sonde, se traduisant par une diminution de l'enregistrement de la valeur de la luminosité L^* , et un repositionnement de la sonde de façon plus aléatoire entre les deux relevés (la sonde « patine » légèrement lors du relevé). [14] [20]

IV.3. Le coefficient kappa

La valeur exacte (vraie) de la couleur des dents étudiées ne pouvant pas être connue, la justesse de la détermination de la couleur a du être quantifiée indirectement. Nous avons par conséquent décidé dans cette étude de confronter les résultats obtenus avec les différents systèmes afin de quantifier leur degré de concordance.

L'accord observé entre des jugements résulte de la somme d'une composante aléatoire et d'une composante d'accord véritable, réel. Le coefficient κ propose de chiffrer l'intensité (ou qualité) de l'accord réel entre des jugements qualitatifs appariés. C'est un nombre réel, sans dimension, compris entre -1 et 1.

L'accord sera d'autant plus élevé que la valeur kappa est proche de 1 (accord maximal pour $\kappa=1$). Le tableau 1 permet de corréler le coefficient κ avec le degré d'accord attribuer entre deux jugements. [8] [19]

kappa (κ)	Degré d'accord
$k > 0,8$	excellent
$0,61 < k < 0,8$	bon
$0,41 < k < 0,6$	modéré
$0,21 < k < 0,4$	médiocre
$k < 0,2$	mauvais
$k = 0$	indépendance

Tableau 1 : degré d'accord associé au coefficient kappa

Ainsi, dans un premier temps, chaque système a été confronté à ses propres résultats (rappelons que deux relevés par dent et par système étudiés ont été effectués) afin de déterminer sa fidélité, c'est à dire sa capacité à fournir des valeurs faiblement dispersées (sans toutefois savoir si celles-ci sont proches de la valeur vraie).

Dans un second temps, les résultats obtenus par les différents systèmes ont été confrontés les uns aux autres afin de déterminer la présence ou l'absence de concordance.

V. Résultats

Résultats obtenus par les différents systèmes.

			coefficient de kappa		
			simple	pondéré	degré d'accord
méthode objective	VITA Easyshade® Advance 4.0.	luminosité	0,74	0,76	bon
		saturation	0,86	0,9	excellent
		Teinte	0,85	0,87	excellent
	Trios3shape	luminosité	0,96	0,96	excellent
		saturation	0,74	0,77	bon
		Teinte	0,73	0,75	bon
méthode subjective	VITA3DMaster	luminosité	0,63	0,64	bon
		saturation	0,41	0,43	modéré
		Teinte	0,56	0,59	modéré

Tableau 2 : Degré d'accord traduisant la fidélité des trois systèmes étudiés

Il ressort du tableau numéro 2 que la fidélité des mesures des méthodes objectives (VITA Easyshade® Advance 4.0 et TRIOS® 3 shape) est plus élevée que celle de la méthode subjective de relevé visuel au moyen d'un teintier VITA Toothguide 3D-Master® pour la détermination de la couleur.

La caméra TRIOS® 3 shape démontre un excellent degré d'accord en ce qui concerne les relevés de la luminosité (avec un kappa de 0,96) tandis que le VITA Easyshade® Advance 4.0 présente le meilleur accord des trois méthodes dans la détermination de la saturation ainsi que de la teinte (également avec un accord excellent ; kappa > 0,8).

Concernant les autres valeurs des méthodes objectives, les valeurs des coefficients de kappa démontrent un bon accord au sujet de la luminosité pour le VITA Easyshade® Advance 4.0. Il en est de même concernant la détermination de la saturation et la teinte avec la caméra TRIOS® 3 Shape.

La méthode subjective, utilisant le teintier VITA Toothguide 3D-Master®, présente quant à elle un bon degré d'accord concernant la luminosité (élément le plus important dans le relevé de la couleur dentaire) et modéré pour la détermination de la saturation et de la teinte, bien que les valeurs soient très proches d'un kappa de 0,6 (associé à un bon degré d'accord) pour cette dernière.

Résultats obtenus entre les différentes méthodes de détermination de la couleur (valeur de kappa pondéré)

		luminosité	saturation	teinte
Vita3DMaster vs Vita Easyshade advance 4.0	série de relevés 1	0,48	0,31	0,51
	série de relevés 2	0,54	0,37	0,36
	moyenne	0,51 (modéré)	0,34 (médiocre)	0,435 (modéré)
vita3DMaster vs Trios 3 Shape	série de relevés 1	0,65	0,24	0,22
	série de relevés 2	0,54	0,42	0,27
	moyenne	0,595 (modéré)	0,33 (médiocre)	0,245 (médiocre)
Vita Easyshade advance 4.0 vs Trios 3 Shape	série de relevés 1	0,48	0,3	0,22
	série de relevés 2	0,51	0,41	0,12
	moyenne	0,495 (modéré)	0,355 (médiocre)	0,17 (mauvais)

Tableau 3 : degré d'accord entre les différents systèmes étudiés

Les coefficients de kappa pondérés du tableau n°3 montrent, lorsque nous confrontons les trois méthodes les unes aux autres, des résultats relativement similaires, excepté concernant la teinte. En effet, pour cette dernière on note un plus haut degré d'accord (modéré) entre le teintier VITA Toothguide 3D-Master® et le spectrophotomètre VITA Easyshade® advance 4.0, qu'entre le VITA Toothguide 3D-Master® et la caméra TRIOS® 3 Shape (accord médiocre), lui même supérieur aux (mauvais) degré d'accord entre les deux méthode objectives.

En revanche concernant la luminosité chaque comparaison révèle un accord modéré, et, concernant la saturation, un accord médiocre.

VI. Discussion

Tout d'abord, il est nécessaire de rappeler que toutes les études récentes confirment la complexité du relevé de la couleur d'une dent, de par la structure de cette dernière et de l'effet que chaque couche la constituant peut avoir sur la lumière.

Nous soulignerons la facilité d'utilisation ainsi que la reproductibilité dans la détermination de la couleur du spectrophotomètre VITA Easyshade® Advance 4.0 et de la caméra intra-orale TRIOS® 3 Shape par rapport à l'utilisation du teintier VITA Toothguide 3D-Master®. [2]

De plus, notons que les images numériques obtenues par l'intermédiaire des caméras intra-orales peuvent être stockées de façons permanentes et transmises facilement grâce à internet simplifiant considérablement la communication avec le laboratoire de prothèse. [9]

Deux aspects fondamentaux peuvent influencer la précision d'une mesure de couleur : [15]

- La capacité de l'observateur ou de l'instrument à produire un relevé reproductible, ce qui est le cas avec chacune des trois méthodes étudiées, à noter que cette capacité est meilleure dans le cas de l'utilisation des méthodes objectives de relevé de la couleur dentaire.
- La cohérence de chaque étape du protocole mis en place pour le relevé, incluant la stabilité de l'environnement et la capacité de relever la teinte au niveau d'une même portion de dent.

En effet, si concernant les méthodes objectives, les conditions lumineuses environnantes n'influent pas le relevé de la couleur, celles-ci disposant de leur propre source lumineuse émettrice intégrée au sein du dispositif, la méthode visuelle au moyen d'un teintier classique est, quant à elle, en partie tributaire de l'éclairage environnant (matin, soir, ciel nuageux, ensoleillement, etc.).

Ainsi, bien que des dispositions aient été prises afin d'en limiter l'influence, notamment en relevant la teinte des dents avec le scialityque éteint (*car son éclairage trop intense (20000 lux) lave les couleurs et sa température (4000 à 5000 °k) dévie les couleurs vers l'orange*) [24], à la lumière du jour, toujours dans la même pièce, orienté de la même façon par rapport à la fenêtre du cabinet (non directement face à la lumière du soleil), il était impossible de maintenir un éclairage environnant constant, stable.

Concernant la capacité de relever la teinte au niveau d'une même portion de dent, la réalisation d'une gouttière de repositionnement pour chaque personne a permis de cibler une zone centrale de 5mm de diamètre sur la face vestibulaire de 11 et 21. Néanmoins, les relevés visuels ont été effectués en regardant la dent dans sa globalité.

De plus, la gouttière de repositionnement a été élaborée par rapport au diamètre de la pointe de la sonde du spectrophotomètre VITA Easyshade® Advance 4.0 et est donc constituée d'une fenêtre de 5 mm de diamètre. Cependant, le curseur relevant la couleur de la dent avec la caméra intra-buccale TRIOS® 3 shape est d'un diamètre inférieur (figure 23). De ce fait, selon le positionnement de ce dernier dans l'espace délimité par la fenêtre, la valeur relevé peut être modifiée, la caméra établissant une cartographie détaillée de la dent point par point, tandis que le VITA Easyshade® Advance 4.0 fait une moyenne de la zone analysée.

Notons que lors du protocole, le curseur a été systématiquement positionné au centre de l'espace de mesure délimité par la fenêtre, mais qu'existe toutefois la possibilité d'un biais de repositionnement entre les deux relevés avec la caméra TRIOS® 3 Shape.

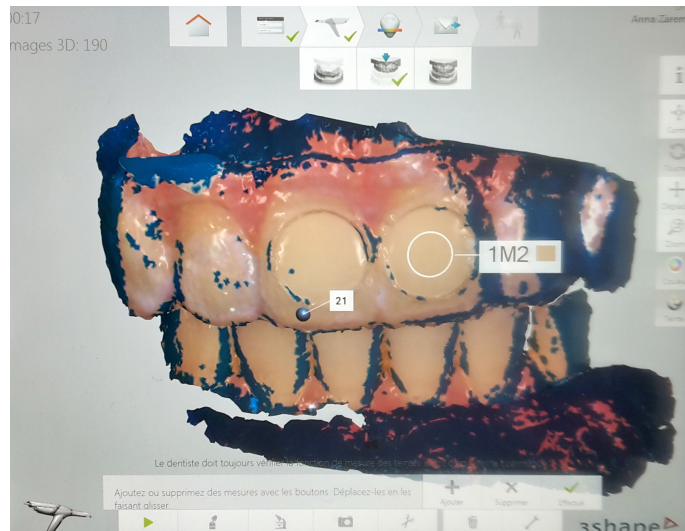


Figure n°23 : le diamètre du pointeur de la caméra TRIOS® 3 Shape est inférieur à celui du VITA l'Easysshade® Advance 4.0

Notons également que les capacités visuelles du praticien, son état de fatigue mais aussi son application dans le respect strict des protocoles et son expérience ont une influence quant aux résultats obtenus, notamment en ce qui concerne la méthode subjective visuelle au moyen d'un teintier classique.

Quand la reproduction exacte de la couleur de la dent n'est pas nécessaire, la méthode visuelle peut être utilisée car elle reste convenable et économique. [2]

Les auteurs recommandent néanmoins de joindre des images numériques comme méthode auxiliaire à la méthode visuelle lorsqu'on ne dispose pas d'un colorimètre ou spectrophotomètre. [31]

Ils recommandent également l'utilisation d'un instrument de mesure qui enregistre la totalité de la surface de la dent lorsqu'un haut niveau d'intégration esthétique est requis. [31]

Des études comparatives [31] ont montré que les spectrophotomètres offraient une augmentation de 33% de la reproductibilité des relevés par rapport aux observations faites par l'œil humain ou les techniques conventionnelles au moyen d'un teintier, constatation qui va dans le sens des résultats obtenus dans le cadre de notre étude.

Il existe aujourd'hui une multitude de teintiers sur le marché. Cependant notre étude a été réalisée en utilisant le VITA Toothguide 3D-Master® car il est d'utilisation fréquente au sein des cabinets dentaires et présente une reproductibilité des relevés acceptable [12].

Bien que l'augmentation du nombre de nuances proposées (26, contre 14 pour le Vita Classical Shade Guide) pût laisser imaginer une diminution dans la fidélité des mesures, le spectrophotomètre VITA Easyshade® Advance 4.0 et la camera intra buccale de chez TRIOS ont démontré un haut niveau de fidélité en étant programmé sur le système du VITA Toohguide 3D-Master®. Un autre avantage de ce teintier est, rappelons le, qu'il inclue les éléments constitutifs de la couleur à savoir la luminosité, la saturation et la teinte, qui ont été décrits comme l'ordre idéal pour optimiser les capacités de l'œil humain à déterminer une couleur. [10]

Dans cette étude, chacun des outils étudiés se montre fidèle dans ses relevés, avec une supériorité concernant les méthodes objectives par rapport à la méthode visuelle classique. En revanche, bien que chaque instrument affiche une faible dispersion quant aux résultats qu'il annonce, ceux-ci ne se correspondent pas d'une méthode à l'autre, ne nous permettant pas de savoir lequel affiche les valeurs les plus « justes », les plus proches de la valeur vraie et donc par conséquent de les transmettre au laboratoire de prothèse dentaire.

Ces résultats vont dans le sens de l'étude de Hugo B et ses collaborateurs [13], qui ont comparé trois instruments de dernière génération (MHT SpectroShade, X-Rite Shade Vision et Rieth DSG4) et la méthode visuelle, étude dans laquelle un faible degré d'accord a été retrouvé entre les instruments.

A l'inverse l'étude de Gofredsen K, Gram M, Ben Brahem E [11] sur le VITA 3D-Master, le MHT Spectroshade et la caméra TRIOS® 3 Shape a démontré un degré d'accord sensiblement plus élevé entre le MHT spectroshade et la caméra qu'entre ces derniers et le teintier VITA Toothguide 3D-Master®.

Améliorations éventuelles à apporter à cette étude

- Garantir des conditions de luminosité optimale et stable

La lumière optimale pour enregistrer la couleur d'une dent correspond à la lumière du jour, entre midi et 15h, avec un ciel légèrement couvert. Elle doit être aux alentours de 5500°K et avoir un IRC (Indice de rendu des couleurs) supérieur à 90%.

La lumière du jour n'étant évidemment pas constante au cours des journées, mois, saisons, elle correspond rarement à la norme établie. Si la source lumineuse est modifiée, la lumière réfléchie l'est également et une couleur différente peut être perçue.

Il serait donc préférable d'utiliser un éclairage artificiel, l'idéal étant qu'il soit d'un éclairement de 2000 lux, contienne l'ensemble des longueurs d'onde du spectre visible (380 à 780 nm), une température entre 5500°K et 6500°K et ait un IRC supérieur à 90. [3]

- Faire les relevés sur les trois zones de la dent : bord incisif, tiers médian, et région du collet.

En effet, selon plusieurs études, évaluer la totalité de la couleur dans chaque tiers de la dent permettrait un relevé sensiblement plus cohérent (sans toutefois qu'aucune conclusion statistiquement significative ne puisse être tirée de ces évaluations) [32].

Cette fonction existe déjà sur le VITA Easyshade® Advance 4.0 qui peut soit donner une valeur moyenne de la couleur de la dent ou bien trois valeurs, une pour chaque zone [2].

Il serait pour cela nécessaire de réaliser trois gouttières différentes par personne, ce qui pour des raisons de coût évidentes n'a pas pu être réalisé dans cette étude.

- Relever la couleur avec les coordonnées L^*, a^*, b^* du système international. [5]

En effet, à partir des coordonnées tri-axiales définies par l'espace CIE $L^*a^*b^*$, il est possible de quantifier arithmétiquement la différence entre deux couleurs par le calcul d'une valeur appelée ΔE . Cela apporterait davantage de précision en terme de concordance (ou discordance) des accords du test statistique entre les différents systèmes étudiés.

Le seuil de discernement entre deux couleurs peut être défini par cette même valeur ΔE qu'il est possible d'obtenir sur la plupart des colorimètres et spectrophotomètres. [15]

Mac Adam a généralisé l'étude de l'acceptabilité visuelle à l'ensemble du volume des couleurs et a déterminé un graphique. [2]

Les ellipses représentées déterminent des zones au sein desquelles les couleurs ne sont pas discernables par l'œil humain (figure 24).

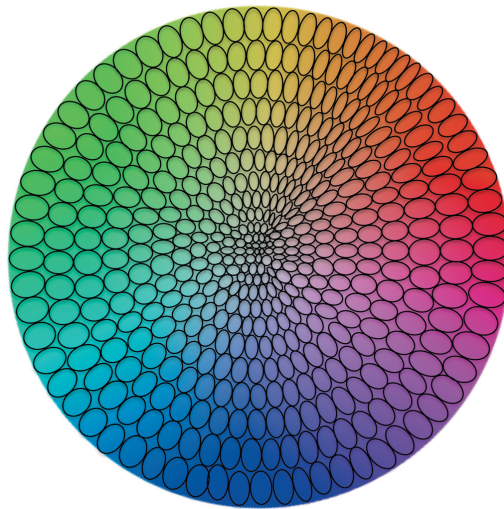


Figure 24 : Ellipses de tolérance de Mac Adam (d'après *Couleur et choix de la teinte en Odontologie*, d'Incau E, Pia JP, Pivet J ;)

Aussi, lors d'un essayage prothétique, deux dents peuvent présenter une même couleur apparente bien que leurs coordonnées tridimensionnelles soient différentes. C'est pourquoi, les valeurs relevées avec le spectrophotomètre VITA Easyshade® Advance 4.0 et la caméra intra-buccale TRIOS® 3 Shape, si elles ne sont pas similaires, peuvent néanmoins être considérées comme justes et permettent une bonne intégration esthétique avec les deux outils.

Cette tolérance varie selon de nombreux facteurs (conditions opératoires, l'expérience de l'observateur, nature des matériaux). Dans des conditions de colorimétrie expérimentale, la valeur ΔE la plus communément admise est égale à 1 et, pour un observateur expérimenté, elle peut être égale à 0,5 [21]. Selon certains experts, une valeur $\Delta E=2$ reste cependant acceptable. En odontologie, où les conditions de vision sont médiocres et la composition des matériaux à analyser complexe, l'interprétation de la valeur ΔE varie selon les auteurs :

- pour Kuehni et Marcus [23], la moitié des observateurs ne perçoivent pas un ΔE inférieur ou égal à 1 lorsque l'échantillon est opaque, monochromatique et qu'il est observé dans des conditions de luminosité optimales. En revanche, avec un $\Delta E=2$, tous les observateurs font la différence entre deux couleurs.

- pour Johnston et Kao, [16] pour qu'une différence clinique soit retrouvée entre la couleur d'une dent et celle d'un échantillon de teintier, le seuil de tolérance $\Delta E=3,7$ doit être dépassé.

- pour Douglas et al. [6] qui mesurent cliniquement les différences de couleur entre des dents en résine, un seuil $\Delta E = 5,5$ correspond à une différence de couleur telle que 50% des observateurs décident de refaire la restauration.

Il n'a cependant pas été possible de réaliser cette étude en utilisant les coordonnées L^*, a^*, b^* de la couleur car, si le spectrophotomètre VITA Easyshade® Advance 4.0 affiche ces dernières, nous ne sommes pas parvenus à récupérer ces données avec la caméra TRIOS® 3 Shape, données dont seul le fabricant dispose (la caméra ne fournit que des informations colorimétriques en valeur de teintier).

Conclusion

La couleur est une perception visuelle complexe, une sensation dont la composante est multifactorielle. Le recours aux prothèses dentaires, acte quotidien du cabinet dentaire, nécessite une détermination précise de la couleur dentaire et sa reproduction aussi fidèle que possible. Cette exigence esthétique, déjà bien réelle, ne cessera, à n'en pas douter, de s'amplifier dans les années à venir.

On rappellera, bien sur, le rôle important du technicien de laboratoire dans ce travail de réalisation d'une prothèse esthétique, technicien dont l'habileté, le sens artistique et la maîtrise des techniques cosmétiques sont essentiels.

N'en demeure pas moins que la détermination, effectuée au cabinet dentaire par le praticien, de la couleur qui sera à reproduire est une étape clé, inaugurale et décisive pour assurer le succès esthétique de la démarche.

Pour aider les chirurgiens-dentistes dans la délicate tâche d'obtenir le meilleur rendu possible de la couleur dentaire des prothèses, différents moyens de détermination de cette couleur ont été mis à la disposition des praticiens.

Notre travail a consisté en

→ *L'évaluation de la nouvelle fonctionnalité de détermination de la couleur de la caméra numérique 3 Shape de chez TRIOS®*

→ En comparaison de deux méthodes plus classiques et régulièrement utilisées en pratique quotidienne, à savoir la détermination visuelle classique au moyen du teintier VITA Toohguide 3D-Master® et l'utilisation du spectrophotomètre VITA Easyshade® Advance 4.0.

Après une première étape de recueil de mesures aussi précises que possibles de la couleur dentaire à reproduire, notre travail a consisté à comparer celles-ci avec les données classiques de la littérature concernant les deux techniques de référence.

La comparaison et l'interprétation de ces résultats amènent à conclure que les trois méthodes aboutissent à des résultats convenables et comparables.

Néanmoins, il est à souligner que les méthodes objectives présentent quelques avantages :

- Elimination des facteurs subjectifs qui, dans certaines conditions d'exercice (fatigue, mauvais éclairage, manque de temps, etc.) peuvent nuire à la fiabilité de la procédure par détermination visuelle.
- Une reproductibilité des mesures significativement améliorée.
- Une communication facilitée avec le technicien de laboratoire. En effet, s'il est évident que la détermination de la couleur est une étape clé dans l'intégration esthétique d'une prothèse dentaire, la transmission fidèle de cette information au laboratoire de prothèse est, elle aussi, un élément important. Le recours à la caméra intra-buccale TRIOS 3 Shape est, à ce titre, particulièrement intéressante puisqu'aucune perte d'information n'est à craindre lors de la transmission et que le prothésiste peut, ensuite, parcourir la cartographie colorimétrique de la dent.

Enfin, cette première version de la nouvelle fonctionnalité de détermination de la couleur de la caméra intra-buccale TRIOS 3 Shape ne manquera vraisemblablement pas d'être améliorée et optimisée. L'affichage de la couleur en coordonnées L^*, a^*, b^* permettant le calcul du ΔE serait particulièrement intéressant afin de comparer les relevés à ceux du spectrophotomètre VITA Easyshade® Advance 4.0 avec davantage de précision.

Nous espérons que notre travail contribuera, modestement, à fournir une première évaluation des performances actuelles de cette fonctionnalité en vue d'une optimisation à venir.

Bibliographie

- 1- Bouillot R. Cours de traitement numérique de l'image. Paris : Dunod, 2005.
- 2- Chen Hui, Jing Huang, Xien Dong, Jielei Qian, Jiajing He, Xinhua Qu, Eryi Lu, A systematic review of visual and instrumental measurements for tooth shade matching, Quintessence international, Septembre 2012, Vol 43, Issue 8 : pp649-659.
- 3- Dagg H, O'Connell B, Claffey N, Byrne D. & Gorman C ; The influence of some different factors on the accuracy of shade sélection ; Journal of Oral Rehabilitation 2004, 31 : pp900–904.
- 4- Daries C. Relevé de la couleur au cabinet dentaire : connaissances et moyens d'optimisation actuels ; Thèse ; Toulouse : 2013.
- 5- d'Incau E, Pia J-P, Pivet J; Couleur et choix de la teinte en odontologie ; livre *Esthétique en Odontologie* ; 2014 ; pp25-39.
- 6- Douglas RD, Steinhauer TJ, Wee AG. Intraoral determination of the tolerance of dentists for perceptibility and acceptability of shade mismatch. J Prosthet Dent 2007 ; 97 : pp200-208.
- 7- Dozić A, Kleverlaan CJ, El-Zohairy A, Feilzer AJ, Khashayar G. Performance of five commercially available tooth color-measuring devices. J Prosthodont Off J Am Coll Prosthodont. avril 2007 ; 16(2) : pp93-100.
- 8- Fermanian J. : Mesure de l'accord entre deux juges. Cas qualitatif, *Rev. Epidém. et Santé Publ.*, 1984, 32, pp140-147.

- 9- Gary D. Hack, DDS and Sebastian B.M. Patzelt, DMD, Dr med dent, Evaluation of the accuracy of six intraoral scanning devices : An in-vitro Investigation ; American Dental Association ; 2015 ; volume 10, issue 4.
- 10-Gomez-Polo C, Gomez-Polo M, Celemin-Vinuela A : Difference between the human eye and the spectrophotometer in the shade matching of tooth color. 2014 : J Dent 42 : pp742-745.
- 11-Gotfredsen K ; Gram M ; Ben Brahem E ; and Al ; effectiveness of shade measurements using a scanning and computer software system : a pilot study ; International journal of oral and dental health ; 2015, 1:2 ; pp25-28.
- 12-Hammad, Intrarater repeatability of shade sélections with two shade guides. J Prosthet Dent 2003 ; 89 : pp50-53.
- 13-Hugo B, Witzel T, Klaiber B : Comparaison of in vivo visual and computeraided tooth shade détermination, Clin Oral Investig 9 : 2005 : pp244-250.
- 14-Ioana-Sofia Pop-Ciutrita ; Horatiu Alexandru Colosi ; Diana Ducea ; Mandra Eugenia Badea ; Spectrophotometric color évaluation of permanent incisors, canines and molars. A cross-sectional clinical study ; Clujul Medical ; 2015 : 88(4) : pp537-544.
- 15- Johnston WM. Color measurement in dentistry. J Dent 2009 ; 37 (suppl 1) : pp2-6.
- 16-Johnston WM, Kao EC. Assessment of appearance match by visual observation and clinical colorimetry. J Dent Res 1989 ; 68 : pp819-822.
- 17-Joiner A. Tooth colour: a review of the literature. J Dent. 2004 ; 32 Suppl.1 : pp3-12.

- 18-Joiner A, Hopkinson I, Deng Y, Westland S. A review of tooth colour and whiteness. *J Dent* 2008 ; 36 (suppl 1) : S2-S7.
- 19-kappa.chez-alice.fr/kappa_accord. (internet)
- 20-Kazuki Shimada, Yoshiyuki Kakehashi, Hideo Matsumura, Naomi Tanoue ; In vivo quantitative evaluation of tooth color with hand-held colorimeter and custom template ; *The journal of prosthetic dentistry*, 2004 : vol 91 : pp389-391.
- 21-Khashayar G, Bain PA, Salari S, Dozic A, Kleverlaan CJ, Feilzer AJ. Perceptibility and acceptability thresholds for colour differences in dentistry. *J Dent* 2014 ; 42 : pp637-644.
- 22-Kim-Pusateri S, Brewer JD, Davis EL, Wee AG. Reliability and accuracy of four dental shade-matching devices. *J Prosthet Dent.* mars 2009 ; 101(3) : 193-9.
- 23-Kuehni RG, Marcus RT. An experiment in visual scaling of Small color differences. *Color Res Appl* 1979 ; 4 : pp83-91
- 24-Lasserre J, Pineau S. Le relevé de la couleur: quelles sont les évolutions instrumentales? *Fil Dent.* nov 2008 (37) : pp30-32.
- 25-Lasserre J, Pineau S. Les fondamentaux de la couleur. In: *Prise de teinte Des techniques conventionnelles aux techniques électroniques.* Paris ADF 2010. pp5-30.
- 26-Lasserre JF ; Les sept dimensions de la couleur ; *Clinic*, juillet 2007 ; Cahier 1 ; vol 28 : pp417-430.
- 27-Lasserre J, POP I, d'Incau E ; La couleur en odontologie : Déterminations visuelles et instrumentales ; 1ère partie ; *Cah Prothèse.* 2006;(135) : pp 25-39.

- 28-Margossian P, Laborde G, Koubi S ; Propriétés optiques des systèmes céramocéramiques : implications cliniques ; Réalités cliniques, 2010, vol 21, N°3 : pp 41-51.
- 29-Ortet S, Humeau A, Monleau J, Lucci D, Etienne J, Faucher A. Le relevé de couleur : techniques avancées partie I. Inf Dent. 21 sept 2005;(32) : 1929-33.
- 30-Paul S, Peter A, Pietrobon N, and al. Visual and spectrophotométric shade analysis of human teeth. Journal of dental research 2002 ; 81 : pp578-582.
- 31-Stephen J. Chu, Richard D. Thrushkowsky, Rade D. Paravina ; Dental color matching instruments and systems. Review of clinical and research aspects ; Journal of dentistry : 2010 : volume 38, supplément 2 : pp2-16.
- 32- www.vita-zahnfabrik.com/fr/VITA-Easyshade- (internet)
- 33- www.vita-zahnfabrik.com/fr/VITA-Toothguide-3D-MASTER - (internet)
- 34-Zyman P, Jonas P. Le choix de la teinte...vers un protocole rationnel. Réal Clin. 2003 : 14(4) : pp 379-92.

Vu, La Présidente du Jury,
Date, Signature :

Vu, la Directrice de l'UFR des Sciences Odontologiques,
Date, Signature :

Vu, le Président de l'Université de Bordeaux,
Date, Signature :

Collège des Sciences de la Santé

UFR des Sciences Odontologiques

Serment

En présence de mes Maîtres et de mes condisciples, je promets et je jure d'être fidèle aux lois de l'honneur et de la probité dans l'exercice de l'art dentaire.

Je donnerai mes soins gratuits à l'indigent et n'exigerai jamais un honoraire au-dessus de mon travail. Ma langue taira les secrets qui me seront confiés. Admis à l'intérieur des maisons, mes yeux ne verront pas ce qui s'y passe.

Mes connaissances et mon état ne serviront ni à diffuser des propos non avérés, ni à corrompre les mœurs, ni à favoriser le crime.

Je ne permettrai pas que des conditions de croyance, de nation et de race viennent s'interposer entre mon devoir et mon patient.

Je promets et je jure de conformer strictement ma conduite professionnelle aux principes et aux règles prescrites par le code de déontologie.

Si je remplis ce serment sans l'enfreindre, qu'il me soit donné de jouir heureusement de la vie et de ma profession, honoré à jamais parmi les hommes. Si je le viole et que je me parjure, puissé-je avoir un sort contraire.

