

Éducation au choix visuel de couleur sur une population d'étudiants en odontologie

Antoine Darses

▶ **To cite this version:**

Antoine Darses. Éducation au choix visuel de couleur sur une population d'étudiants en odontologie. Chirurgie. 2018. dumas-01821918

HAL Id: dumas-01821918

https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-01821918

Submitted on 23 Jun 2018

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

UFR des sciences odontologiques

Année 2018 N° 33

Thèse pour l'obtention du

DIPLOME D'ETAT de DOCTEUR EN CHIRURGIE DENTAIRE

Présentée et soutenue publiquement

Par Antoine DARSES

Né le 13 août 1991 à Tulle (19)

Le 4 juin 2018 à 18 h

Education au choix visuel de couleur sur une population d'étudiants en odontologie.

Directeur de thèse :

Dr LASSERRE Jean-François

Présidente	Dr M.J. BOILEAU	Professeur des Universités
Directeur	Dr J.F. LASSERRE	Maître de Conférences des Universités
Rapporteur	Dr A. LASTRADE	Assistant Hospitalo-Universitaire
Assesseur	Dr E. D'INCAU	Maître de Conférences des Universités
Assesseur	Dr E. ARRIVE	Maître de Conférences des Universités

UNIVERSITE DE BORDEAUX

MAJ 01/09/2017

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
M.	Sylvain	CATROS	Chirurgie buccale - Pathologie et thérapeutique	57-02
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.	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	
Mme	Mathilde	FENELON	Chirurgie buccale – Pathologie et thérapeutique	57-02
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
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	Meryem	MESFIOUI	Parodontologie	57-01
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	POPELUT	Parodontologie	57-01
Mme	Charlotte	RAGUENEAU	Prothèse dentaire	58-02
Mme	Noëlla	RAJONSON	Prévention épidémiologie – Economie de la santé – Odontologie légale	56-03
M.	Clément	RIVES	Odontologie conservatrice – Endodontie	58-01
M.	Thibaut	ROULLAND	Prothèse dentaire	58-02
M.	François	ROUZÉ L'ALZIT	Prothèse dentaire	58-02
Mme	Audrey	SAY LIANG FAT	Prévention épidémiologie – Economie de la santé – Odontologie légale	56-03

Remerciements

A notre Présidente de thèse

Madame la Professeur Marie-Josée BOILEAU

Professeur des Universités – Praticien Hospitalier

Sous-section Orthopédie dento-faciale 56-02

Je vous remercie pour l'honneur que vous me faites en présidant cette thèse. Je vous remercie pour la clarté de votre enseignement et vos nombreux conseils. Vous avez fait du PQR le service où j'ai pu tout apprendre, dans la meilleure ambiance qui soit et j'ai du mal à le concevoir sans vous à sa tête.

Veuillez trouver dans ce travail le témoignage de mon profond respect.

A notre Directeur de thèse

Monsieur le Docteur Jean-François LASSERRE

Maître de Conférences des Universités –Praticien Hospitalier

Directeur Adjoint – Chargé des Relations Internationales

Sous-section Prothèse dentaire 58-02

Je vous remercie très sincèrement d'avoir accepté de diriger cette thèse. Merci pour vos encouragements et pour tout le temps que vous m'avez consacré pendant sa rédaction.
Je vous remercie également pour votre enseignement à la faculté et en stage actif. J'admire votre perfectionnisme et je mesure aujourd'hui la chance d'avoir pu apprendre avec vous pendant 2 ans.

Veuillez trouver ici le témoignage de ma sincère reconnaissance et de ma plus profonde estime.

A notre Rapporteur de thèse

Monsieur le Docteur Adrien LASTRADE

Assistant Hospitalo-universitaire

Sous-section Prothèse dentaire 58-02

Je vous remercie de votre patience, de votre disponibilité et de votre professionnalisme dans la correction de mon travail.

Soyez assuré de ma profonde gratitude.

A notre Assesseur

Madame le Docteur Elise ARRIVE

Maître de Conférences des Universités –Praticien Hospitalier

Sous-section Prévention épidémiologie – Economie de la santé – Odontologie légale 56-03

Je vous remercie de votre enseignement, de vos conseils, et de votre aide sans laquelle cette thèse n'aurait jamais vu le jour.

A notre Assesseur

Monsieur le Docteur Emmanuel D'INCAU

Maître de Conférences des Universités –Praticien Hospitalier

Sous-section Prothèse dentaire 58-02

Je vous remercie d'être présent. Je me souviendrai de votre sens de la pédagogie et de votre bienveillance au cours de ces années à la faculté et en clinique. Votre savoir, et vos conseils ont participé en majeure partie à mon apprentissage de l'exercice de l'art (et du gala) dentaire.

Soyez assuré par ce travail de ma gratitude et de ma plus profonde reconnaissance.

A mes parents, à ma famille, pour tout.

A mes amis, pour le reste

A mes binômes, parce que galérer sur une pulpite à 19h, c’est mieux à deux.

Table des matières

I. Introduction 10

II. La lumière et la couleur 11

A. Définition 11

1. Approche physique 11

2. Approche physiologique 11

3. Approche cognitive 11

B. Le spectre du visible 12

C. Synthèse lumineuse : 14

1. Synthèse additive /RVB 14

2. Synthèse soustractive (CMJ) 14

D. La trivariance de la couleur : 16

E. Les représentations spatiales de la couleur. 17

1. Le cylindre de Munsell 17

2. Classification CIE L*a*b 18

F. Indice de rendu des couleurs (IRC) et métamérisme 20

G. Température de couleur 20

III. Physiologie de la perception chez l'homme 21

A. Organisation de l'œil humain 21

B. Les photorécepteurs 22

C. Dyschromatopsies 24

1. Dyschromatopsies héréditaires : 24

2. Dyschromatopsies acquises : 25

3. Dépistage 25

IV. Les 7 dimensions de la dent naturelle : 27

A. Stratification 27
1. La pulpe : 27
2. Dentine : 27
3. Email : 27
B. Transparence 27
C. Fluorescence 28
D. Opalescence 28
E. Etat de surface 29
F. Effet nacré (Pearl effect) 29
G. Caractérisations 29
V. Quelles conditions pour un choix optimal ? 30
A. Eclairage : 30
B. Organisation 31
VI. Techniques de détermination de la couleur. 32
A. Choix visuel à l'aide de teintiers 32
1. Teintiers organisés par familles de teintes 33
2. Teintiers construits par groupe de luminosité 35
3. Teintiers complémentaires 38
4. Choix visuel assisté par caméra intra buccale : 38
B. Choix assisté par systèmes de mesure numérique. 39
1. Shofu Shade Eye 40
2. Cynovad Shadescan 40
3. Spectroshade Micro MHT (et successeurs) 41
4. Vita Easyshade compact 42
VII. Etude clinique 43
A. Matériel et méthodes 43

1. Hypothèses nulles :....43
2. Objectifs....43
3. Méthodes....43
4. Matériel....44
5. Données recueillies....45
6. Analyse....45
B. Résultats....46
1. Description de l'échantillon....46
2. Réussite de l'échantillon....47
3. Vitesse de choix de l'échantillon....48
4. Différences en fonction du sexe....49
5. Différences en fonction de l'année d'études....49
6. Répartition des erreurs L/S/T....51
C. Discussion....52
1. Dyschromatopsie :....52
2. Influence du sexe....52
3. Influence de l'année d'études....53
4. Influence de la teinte....53
5. Influence de l'intervention....53
6. Faiblesses....54
VIII. Conclusion :....55
IX. Annexe....56
X. Iconographie....66
XI. Bibliographie :....69

I. Introduction

L'objectif de cette thèse est d'évaluer cliniquement les effets d'une formation à l'utilisation du principal teintier céramique disponible à la faculté de Bordeaux : le Vita 3D Master ; tant dans la qualité que la rapidité de choix.

Alors que la majorité des restaurations effectuées en milieu hospitalier ont une visée partiellement esthétique, de la CCM aux facettes en passant par les bridges, il est malheureusement constaté que la formation des étudiants à l'usage des teintiers mis à leur disposition est le plus souvent insuffisante, et que les choix de couleur transmis au laboratoire de prothèse ont été effectués de manière empirique, voire totalement aléatoire. Il semblerait donc que la formation pré-clinique des étudiants, qui couvre la plupart des connaissances nécessaires, présente des lacunes dans cet aspect pourtant décisif de la réussite des soins.

En effet, la couleur est une composante importante de la réussite perçue par le patient, et elle joue un rôle important dans l'acceptance de la nouvelle restauration. A cet égard, plus de 80% des patients sont insatisfaits s'ils perçoivent une différence de couleur entre dent naturelle et prothèse selon une étude de Kawaragi [1], ce qui correspond à une marge de manœuvre très faible pour des patients avec une capacité de discrimination correcte. On va même jusqu'à estimer que 50% des prothèses retournées au prothésiste le sont pour une erreur liée à la couleur [2]. Le rôle du praticien est de satisfaire cette exigence esthétique en proposant un travail le plus biomimétique possible, ce qui serait impossible sans un choix de couleur précis et reproductible à communiquer au laboratoire de prothèse. [3]

II. La lumière et la couleur

A. Définition

[4] [5] [6] [7] [8] [9]

L'étude de la lumière en odontologie se fait traditionnellement à 3 niveaux :

- Physique, qui correspond à l'interaction du rayonnement avec la matière.
- Physiologique, due à la réception de ce rayonnement par notre œil.
- Psychologique, par l'interprétation psychoaffective faite de cette couleur par notre cerveau en fonction de notre vécu (culture, affect…).

Selon l'approche, la description de la couleur utilise des termes et des méthodes différentes.

1. Approche physique

La lumière est un rayonnement électromagnétique que l'on définit par son analyse spectrale, c'est-à-dire la répartition de l'intensité en fonction de la longueur d'onde. Un rayonnement monochromatique correspond à une couleur « pure », dont toute l'intensité n'est associée qu'à une seule longueur d'onde (par exemple, un rayonnement ne comprenant qu'une longueur d'onde de 700nm sera rouge « pur »).

Dualité onde/corpuscule : Notion introduite par Louis de Broglie en 1922. Dans certains cas, la lumière se comporte de manière ondulatoire (interférence/diffraction) ; dans d'autres, elle se comporte de manière corpusculaire le plus souvent lors de ses interactions avec la matière.

La couleur serait donc un attribut de la lumière, conséquence de ses interactions avec la matière.

2. Approche physiologique

La couleur est interprétée via des récepteurs nerveux spécifiques de l'œil, les cônes, que l'on retrouve sous trois formes chez l'homme. La couleur peut se définir comme l'influx nerveux transmis par ces trois types de cônes après leur filtrage de la lumière reçue. D'un point de vue physiologique, une même couleur peut être recrée par un nombre infini de combinaisons de faisceaux lumineux (par exemple, un faisceau vert peut être vert « pur », ou issu d'un mélange de faisceaux lumineux). Les couleurs perçues par l'œil humain sont souvent représentées dans des modèles à 3 dimensions comme le CIE L.a.b. ou le cylindre de Munsell.

La couleur d'un objet peut être définie comme l'ensemble des longueurs d'ondes réfléchies perçues par l'œil, après absorption d'une partie du spectre lumineux incident.

3. Approche cognitive

Aux processus naturels se produisant dans l'œil et le cerveau se rajoute des phénomènes psychiques, émotionnels et spirituels liés à la façon dont on interprète les couleurs que l'on perçoit. Ces phénomènes sont dus à une analyse consciente et inconsciente de l'information colorée perçue.

Les couleurs ont une action réelle sur le physique et la physiologie. Une expérience de J. Itten a prouvé que des sujets placés dans une pièce aux tons chauds (jaune/orange) sont moins susceptibles de ressentir le froid (vers 11/12 °c) que celles placées dans une salle aux tons froids (bleu/blanc), qui le perçoivent à un seuil bien plus haut (15°c). Une exploitation des couleurs pour leurs interactions physiques est possible via chromothérapie.

Cette approche est liée à ce que l'on appelle la Symbolique des couleurs : traditionnellement, en Europe, on a tendance à associer blanc et pureté/innocence/honnêteté, noir et deuil/menace/négativité/autorité, etc…

Ces couleurs sont aussi utilisées pour organiser et normer : rouge d'interdiction sur les panneaux, bleu pour l'autorisation, l'usage des couleurs pour donner les diamètres des limes endodontiques…

Dans le cadre dentaire, la couleur peut être envisagée comme la perception par le praticien/le patient du résultat d'une interaction entre un rayon lumineux d'une intensité variable et d'une surface/un objet.

On se retrouve donc avec 3 paramètres : [10]

- La source lumineuse (rayon incident) : en fonction de sa longueur d'onde, et de son intensité, la perception de la couleur de l'objet va varier.
- L'objet, ainsi que sa nature et son état de surface, qui vont influer sur la façon dont celui-ci va transmettre ou diffuser la lumière incidente.
- L'observateur (considéré normal)

B. Le spectre du visible

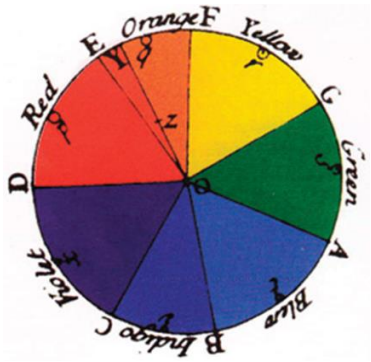


Figure 1

La lumière telle que nous la concevons est un phénomène électromagnétique, un transport d'énergie sans transport de matière. Cette onde se déplace à une vitesse avoisinant les 300 000 km/s.

Par convention, on désigne par le mot lumière le spectre visible de la lumière, mais cela ne représente qu'une partie du phénomène.

Les longueurs d'ondes de la lumière visible s'étendent de 380 à 780 nanomètres. Le spectre est délimité par les Ultraviolets (en dessous de 380nm) et les Infrarouges (au-dessus de 780nm), ces deux types de rayonnement étant invisibles à l'œil humain (fig. 1 et 2)

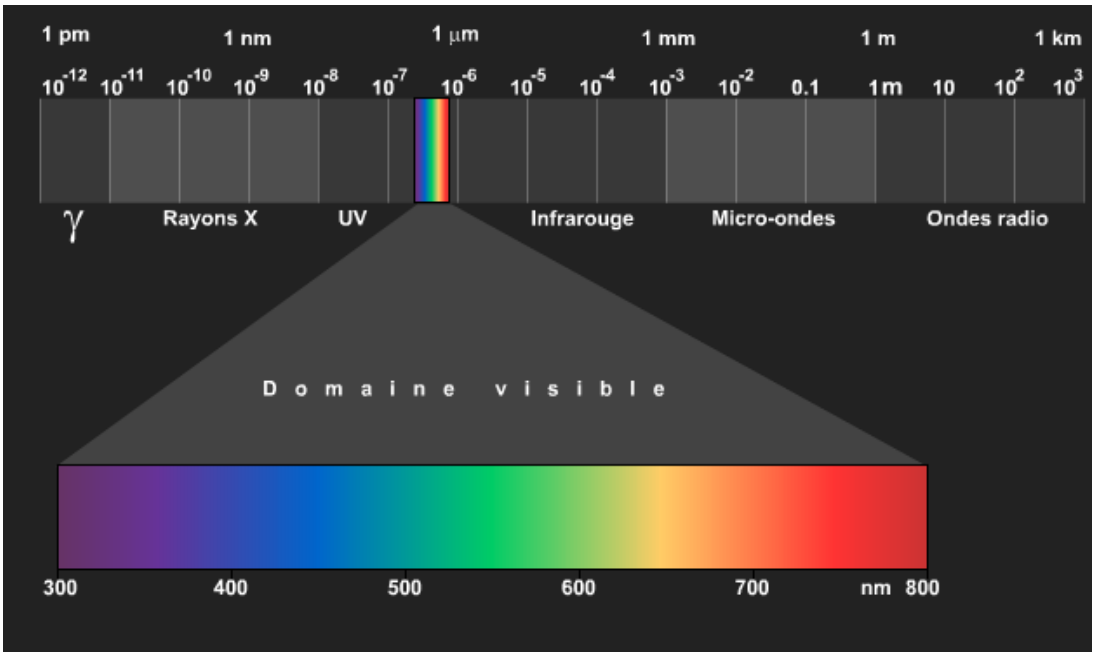


Figure 2

Ces mêmes rayonnements UV sont divisés en 3 catégories (fig 2):

- UVA : de 380 à 315nm
- UVB : de 315 à 280nm
- UVC : de 280 à 100nm

Au-dessus des 700 nm, on passe dans les rayonnements dits infrarouges, divisées en 4 groupements :

- Infrarouges proches (780-3000nm)
- Infrarouges moyens (3000-6000nm)
- Infrarouges éloignés (6000-15 000 nm)
- Infrarouges extrêmes (15 000 à 100 000 nm)

Ce spectre du visible comprend théoriquement 6 couleurs : violet, bleu, vert, jaune, orange et rouge ; en les classant par longueurs d'ondes croissantes. Toutefois, Newton en a répertorié 7, en se basant sur une théorie selon laquelle les 7 couleurs, les 7 jours de la semaine et les 7 notes de musique seraient « liées », en rajoutant l'indigo. (Fig. 1)

C. Synthèse lumineuse :

Il existe deux types de synthèse lumineuse : additive, dite RVB, et soustractive, ou CMJ. [11]

1. Synthèse additive /RVB

Selon les lois énoncées en 1953 par Grassmann, toute sensation colorée peut être reproduite par le mélange additif de 3 couleurs.

Cette synthèse est dite additive, car elle est fondée sur le mélange de différents faisceaux lumineux pour obtenir un faisceau d'une couleur différente.

Les trois couleurs primaires additives sont le rouge, le vert et le bleu. Leur mélange donne les couleurs secondaires additives : cyan (bleu et vert), magenta (bleu et rouge), et jaune (vert et rouge) (fig. 3).

Le mélange des 3 couleurs primaires additives à part égale donne systématiquement du blanc ; tout comme le mélange d'une couleur secondaire avec la couleur primaire n'ayant pas été utilisée pour l'obtenir. Ces couleurs sont alors dites complémentaires.

Il faut noter qu'en synthèse additive, le mélange de plusieurs couleurs donne systématiquement une couleur plus lumineuse (plus on rajoute de couleurs, plus on se rapproche du blanc, couleur la plus lumineuse).

Ce modèle de synthèse est celui utilisé pour tous les appareils permettant d'afficher des pixels colorés : un pixel correspond en effet à une « cellule » composée de trois sources, une verte, une rouge, et une bleue (avec parfois des variations sur les écrans haute qualité).

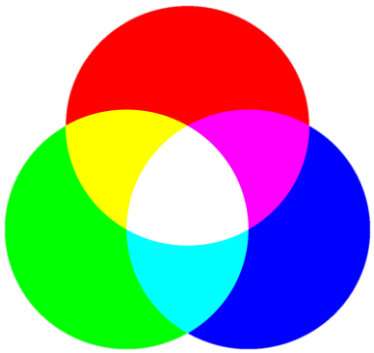


Figure 3

2. Synthèse soustractive (CMJ)

Elle résulte de l'interaction d'un rayonnement incident avec une surface/matière, par transmission (matière transparent/translucide) ou diffusion (matériau opaque). [11]

Une partie du rayonnement lumineux primaire est absorbé, et le rayon secondaire formé correspond aux longueurs d'ondes du rayon primaire moins celles absorbées par la matière, d'où le terme de synthèse « soustractive ». L'objet « absorbe » des couleurs et renvoie les autres.

La couleur dépend donc de la nature de l'objet, mais aussi de celle du rayon incident : une fraise est rouge sous lumière du jour car elle absorbe les autres couleurs et renvoie le rouge, mais sous une lumière bleue, elle semble noire, car elle n'a plus de rouge à renvoyer)

Dans le cadre de la synthèse soustractive, les trois couleurs primaires sont le rouge magenta, le jaune, et le bleu cyan. Dont le mélange va donner le vert, le bleu, et le rouge (fig. 4).

Un mélange à parts égales des 3 couleurs primaires donnera dans ce cas du noir, idem pour le mélange des couleurs complémentaires.

Dans ce système, les couleurs complémentaires s'avivent lorsqu'on les juxtapose, ce procédé est souvent utilisé dans la grande distribution ou la publicité (cyan+ rouge, bleu et jaune, magenta et vert, etc…)



Figure 4

La synthèse soustractive peut être analysée avec le cercle chromatique (ci-dessous, cercle chromatique en en 12 parties de Johannes Itten (Fig. 5), au centre duquel figure le triangle des couleurs primaires, l'hexagone figurant les couleurs secondaires, le cercle les couleurs tertiaires (variations obtenues mélangeant à parts égales les couleurs secondaires avec une des couleurs primaires les composant). [11] [12]



Figure 5

D. La trivariance de la couleur :

Ce modèle définit la couleur selon 3 dimensions, qui sont, par ordre d'importance, luminosité, saturation, et teinte. De nombreux teintiers et systèmes de mesure de la couleur en tiennent compte.

- **Luminosité [7] [10] [13]**

La luminosité, aussi connue sous les noms de « clarté, brillance, valeur », value en anglais, et correspond à la quantité de blanc contenue dans une couleur. [14]

En photométrie, cela va correspondre au ratio de la quantité de lumière renvoyée par un objet par rapport à la surface dudit objet. Plus l'objet est clair, plus la quantité de lumière renvoyée augmente. On peut l'exprimer en candela /m2. Plus un objet est lumineux, plus il paraît blanc, et moins il l'est, plus il parait terne. Cette valeur est retranscrite par l'axe blanc/noir dans les différents systèmes de représentation des couleurs.

Du fait de la physiologie de l'œil, qui perçoit de manière très fine les différences de luminosité, cette dimension est de facto l'élément le plus important dans la réussite d'un choix de couleur en odontologie.

Dans le but d'être le plus juste possible, la luminosité doit être évaluée de manière rapide et dans un milieu lumineux de faible intensité où seuls les bâtonnets rétiniens sont stimulés.

- **Saturation/chroma [7] [10] [13]**

C'est le facteur de pureté, d'intensité de la couleur. On peut réduire cette définition à la quantité de teinte pure contenue dans une couleur. Une couleur est dite pure ou saturée quand elle ne contient que le pigment principal.

Par définition, une couleur de l'axe blanc/noir est désaturée car elle ne contient aucun pigment coloré.

Une couleur désaturée par adjonction de blanc est plus lumineuse, et dite pastel. Une couleur désaturée par adjonction de noir est plus terne, et dite rabattue.

On confond souvent saturation et luminosité, toutefois, ces deux valeurs sont différentes, diminuer la saturation d'une couleur la fait tendre vers le gris, diminuer sa luminosité l'entraîne vers le noir.

La saturation prend la deuxième place parmi les facteurs de succès d'un choix de couleur.

- **Teinte [7] [10] [13]**

Aussi appelée tonalité chromatique, hue, ton. Elle caractérise la longueur d'onde dominante renvoyée par un objet. Par abus de langage, on dit pourtant très souvent « choix de teinte » pour parler de choix de couleur, ce qui n'est pas du tout similaire, la couleur correspondant à la sensation issue de la combinaison de la luminosité, la teinte, et la saturation.

C'est le facteur le moins important dans le domaine dentaire, en effet, toutes les teintes sont situées dans les jaunes/oranges très désaturés.

E. Les représentations spatiales de la couleur.

Disposer d'un moyen précis de classifier et ordonner les couleurs a toujours été nécessaire dans les métiers artistiques et dans l'industrie.

Avec l'avènement du numérique, on a vu l'apparition de logiciels, intransigeants par nature et nécessitant un langage fiable et sans ambigüités, représenté par les différents modèles colorimétriques telle la sphère colorimétrique ou le schéma de Munsell.

1. Le cylindre de Munsell

Munsell fut le premier (en 1905) à décrire le caractère tridimensionnel de la couleur. Il la représente par un espace en 3D cylindrique dans lequel chaque couleur est définie par 3 coordonnées (fig. 6). [7] [10]. Le schéma employé est du type « tsl » pour teinte, saturation, luminance. Il permet de définir toute couleur existante.

La hauteur/l'axe central de ce cylindre, appelé « noyau des gris », correspond à l'échelle de luminosité. La luminosité la plus haute correspondant à un blanc pur, et la plus basse au noir, en passant par diverses nuances de gris.

La distance par rapport à l'axe central correspond à la saturation ou chroma.

La teinte est représentée en périphérie du cylindre. Elle peut être définie comme un angle qui donne une « direction » dans laquelle s'oriente la droite associée à la saturation.

Par son organisation tridimensionnelle correspondant aux paramètres L*C*H* communément utilisés en dentisterie, c'est un des schémas les plus simples pour formuler la couleur dans l'exercice dentaire. [10] Toutefois, ce système est considéré incomplet.

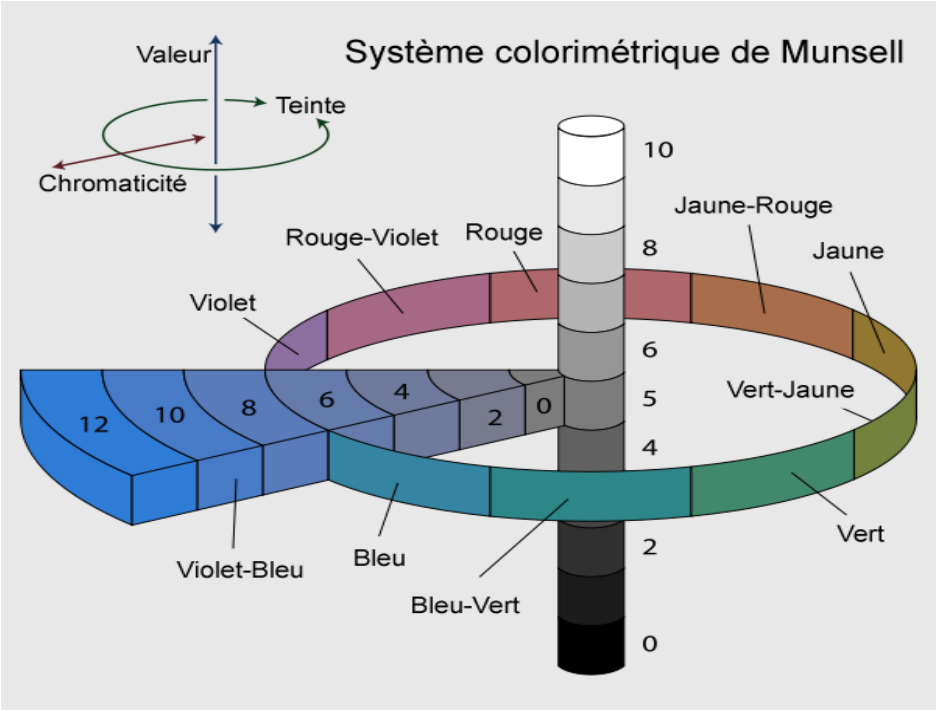


Figure 6

2. Classification CIE L*a*b

Cette classification, crée en 1976 par la commission internationale de l'éclairage, définit un espace chromatique sphérique. Ce système de perception dépend de la température de couleur de la source lumineuse, selon laquelle il est défini. Le plus souvent, on parlera de l'espace CIEL ab « D », qui correspond à l'espace Cie lab à une température de blanc de 5000° Kelvin. (Fig. 7 et 8) [7] [10] [15] [16]

Les cordonnées sont définies par L, a, et b, avec :

- L, l'axe vertical, représente la luminosité, et varie de 0 (noir) à 100(blanc).
- A, et b coordonnées chromatiques, définissant sur un plan :

  -axe -a : +a, représentant les variations du vert au rouge

  -axe -b : +b, représentant celles du bleu au jaune.

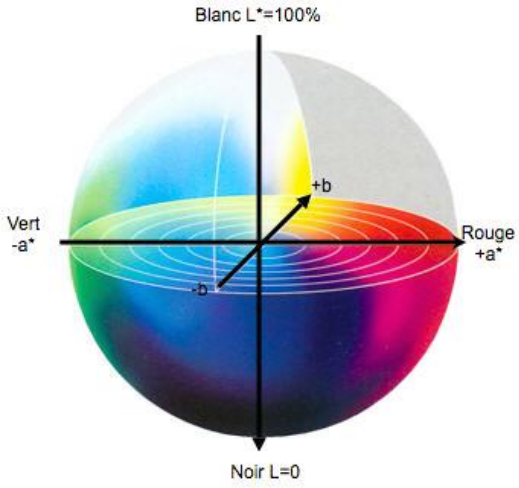


Figure 7

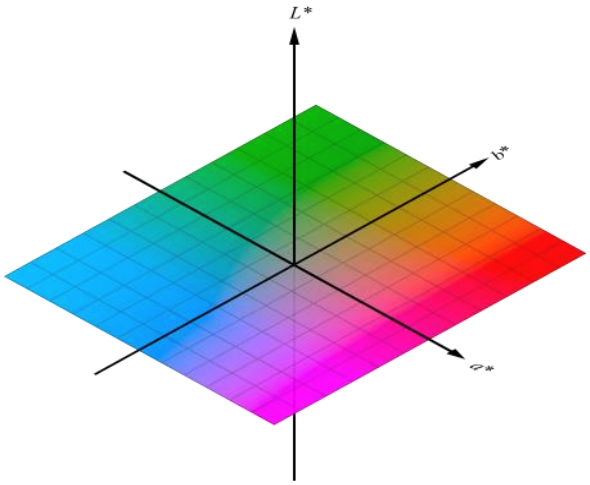


Figure 8

Les 3 axes se coupent perpendiculairement en leur centre.

Le CIE Lab a pour avantage de prendre en compte la différence de perception entre les couleurs, ce qui signifie que, si deux couleurs semblent proches à un observateur, la différence $_{\Delta E}$ (delta E) entre deux couleurs qui caractérise l'écart avec leurs coordonnées dans l'espace de la sphère chromatique sera faible. Toutefois, ce Delta E ne précise pas en quoi les deux couleurs diffèrent, seulement leur écart dans un espace tridimensionnel.

Le Delta e est calculé à partir des coordonnés triaxiales de la couleur (L, A, B), et permet de définir un seuil de discernement, soit une valeur de Delta E au-dessus de laquelle on identifie deux couleurs comme « différentes » dans 50% des cas. Pour l'observateur moyen, ce seuil se situe au-delà de 1, vers 1,2 voire plus en fonction d'éventuels troubles visuels. En dentaire, on rajoute un « seuil d'acceptabilité », pour lequel le travail est jugé « à refaire » dans 50% des cas. Il est compris entre 2.5 et 3 pour le praticien, plus pour les patients. [10] [17] [18]

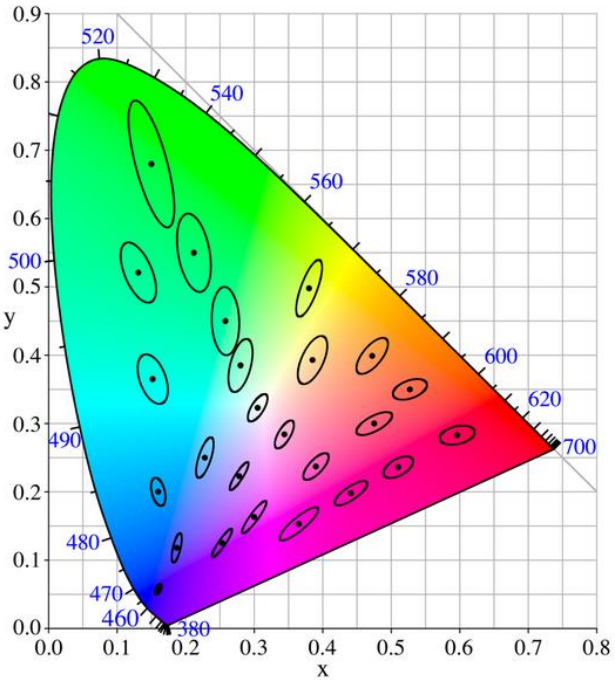


Figure 9

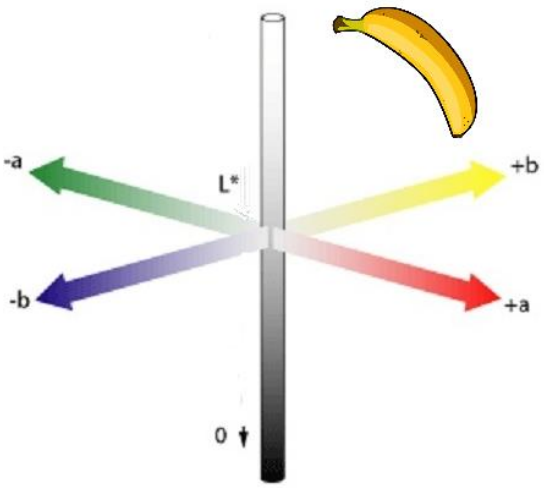


Figure 10

Ce tableau (fig. 9) dit tableau des couleurs normalisés a été créé par la CIE en 1931. Il s'organise autour du point central, blanc absolu, appelé point incolore. La saturation est maximale à l'extérieur de la figure en fer à cheval. Si l'on prend deux points de couleur au hasard sur cette figure, on peur recréer chaque couleur sur le segment les séparant en les mélangeant.

Les ellipses présentées sur le schéma sont des ellipses de tolérance dites de « McAdam » [7], et englobent un panel de couleurs dont les différences sont situées sous le seuil de discernement, et sont donc perçues comme une seule et même couleur par la plupart des observateurs.

Dans ce système, l'espace représentant la couleur dentaire prend la forme d'un rhomboïde, appelé « banane chromatique ». Il se situe entre les axes +a et +b, et est située haut sur l'axe L. On a donc des couleurs jaune orangé, très désaturées, et très lumineuses. (Fig.10)

La « banane » étant très étendue dans le sens vertical, on constate de grandes variations de luminosité dans la couleur dentaire. Les teintes situées les plus « haut » correspondent aux dents « jeunes », plus lumineuses, et celles situées le plus bas aux dents « âgées », plus foncées.

Les teintes les plus saturées sont situées sur la courbe extérieure de la « banane », les tons rouges plus proches de l'axe a, celles aux tons jaunes proches de l'axe b. La « pointe supérieure » de la banane est très lumineuse, désaturée, et très proche de l'axe des jaunes. La pointe inférieure est moins lumineuse, 3 fois plus saturée [10], et se rapproche de l'axe des rouges.

On retrouve une notion, établie depuis longtemps, pour les prothésistes : plus une dent est claire, moins elle est saturée et plus elle est jaune ; et vice-versa, plus une dent est sombre, plus elle est rouge et saturée [10]

Dans le sens transversal, le rhomboïde est assez étroit, la saturation étant assez constante, et la pigmentation moyenne. [10]

F. Indice de rendu des couleurs (IRC) et métamérisme

L'indice de rendu des couleurs correspond à la capacité d'une source lumineuse à restituer correctement les couleurs du milieu qu'elle éclaire à une température de couleur donnée. La lumière naturelle, capable de restituer avec fidélité toutes les couleurs, a un IRC maximal de 100. [19] [20]

Une source ayant un IRC de 0 ne permettrait de reconnaitre aucune couleur.

L'IRC et la continuité du spectre lumineux sont liés : plus une lampe émet de longueurs d'ondes différentes, plus son IRC est fort.

On peut trouver des IRC très faibles dans les usines /bâtiments de stockage. Les néons à bas coût que l'on y trouve produisent une lumière avec un IRC se rapprochant de 20, avec un spectre non continu ce qui fait que les produits semblent de couleur différente une fois mis à la lumière du jour.

Un humain « normal » est capable de percevoir une différence d'IRC de 5 points. Il est donc important lors du choix de teinte de se trouver dans un environnement éclairé par des sources dont l'IRC est de 95+.

LIRC des ampoules à incandescence est très haut malgré le fait qu'elles tirent sur le jaune (90+), celui des LEDs standard est situé autour de 80, mais va jusqu'à 98 pour celles de très haute qualité.

Notion de métamérisme :

On parle de métamérisme lorsque deux objets placés sous le même faisceau lumineux de spectre « a » apparaissent de même couleur, mais que, une fois placés sous un faisceau spectre « b » différent du premier dans sa composition, leurs couleurs semblent différentes. [21]

Ce même métamérisme peut se produire lors du choix d'une couleur sous scialytique, qui produit trop de lux avec un IRC insuffisant qui interfère avec le choix.

G. Température de couleur

Elle a été définie par Lord Kelvin, en comparant des variations de lumière du jour (fig. 11) avec celles d'un corps chauffé à haute température, ce qui définit un intervalle allant du rouge au bleu en passant par le jaune puis le blanc. [7]

Cette température est exprimée en °K, correspondant à la température en degré Celsius+273.15 degrés.

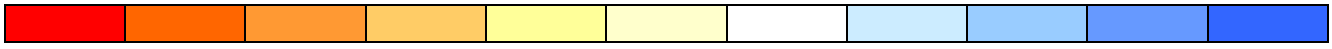


Figure 11

III. Physiologie de la perception chez l'homme

A. Organisation de l'œil humain

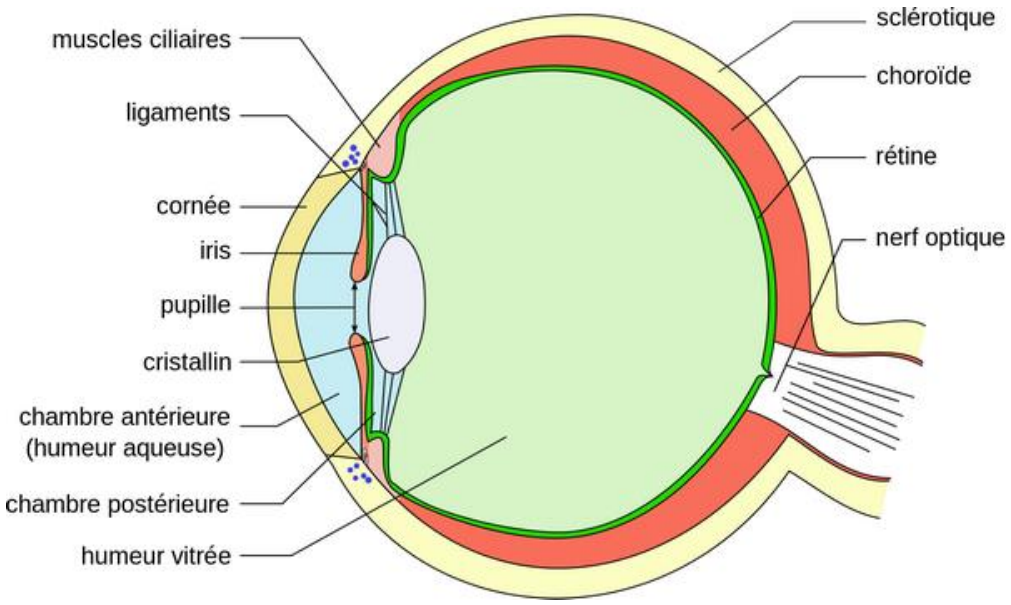


Figure 12

L'œil humain est une sphère remplie de liquide, contenant deux chambres que protègent 3 couches (Fig. 12). [22]

La couche superficielle, aussi appelée sclère ou sclérotique, est de couleur blanche, composée en majorité de tissu conjonctif, elle assure un rôle protecteur. Elle constitue le blanc des yeux et recouvre tout le globe oculaire sauf au niveau antérieur, où se trouve la cornée.

La cornée, transparente, laisse passer la lumière. Elle est continuellement nettoyée et protégée par les larmes et le clignement des paupières.

Sous la sclère se trouve la choroïde, dont la pigmentation est sombre, et dont le rôle consiste à absorber les rayonnements lumineux dans la partie postérieure du globe oculaire.

La partie antérieure est, elle, spécialisée en Iris, dont le pigment détermine la couleur des yeux. L'Iris comporte des fibres musculaires qui se dilatent ou se contractent en fonction de la quantité de lumière reçue, faisant ainsi varier le diamètre de la pupille, par laquelle le rayonnement entre dans l'œil.

Les deux chambres de l'œil sont séparées par le cristallin, qui sert à ajuster les images perçues. La zone entre cornée et iris se nomme chambre antérieure, et est remplie d'humeur aqueuse. La chambre postérieure, entre cristallin et rétine, est remplie d'un liquide visqueux, l'humeur vitrée.

Dans la chambre postérieure se trouve la 3e couche recouvrant la choroïde, appelée rétine. C'est cette couche qui assure la perception sensorielle à proprement dit, le reste de l'œil n'étant présent que pour assurer une perception optimale de l'information lumineuse sur les récepteurs tapissant sa surface.

Sur la rétine se trouve la Macula, une tache focale où la qualité de perception est maximale et dont le centre est marqué par une dépression, la fovéa.

B. Les photorécepteurs

Ils se présentent sous deux formes : les cônes, servant à la perception des couleurs, sont au nombre de 6millions par œil, alors que les bâtonnets sont présents en une centaine de millions d'exemplaires par globe oculaire. [8] [22]

Les bâtonnets sont situés en périphérie de la macula. La fovéa, située au centre, ne contient que des cônes. Ces récepteurs sont dirigés vers l'extérieur, de manière centrifuge, ce qui signifie que, pour les atteindre, la lumière doit traverser toutes les structures internes. [22]

On distingue les deux récepteurs par leur fonction et par la morphologie de leur « segment externe » qui contient ce qu'on appelle les disques et correspond à la partie photosensible du récepteur. (Fig. 13). Ces disques comportent des substances chimiques réagissant à la lumière, les photo pigments. Sur les cônes, ils sont agencés en une forme conique, tandis qu'ils ont une forme rectiligne sur les bâtonnets.

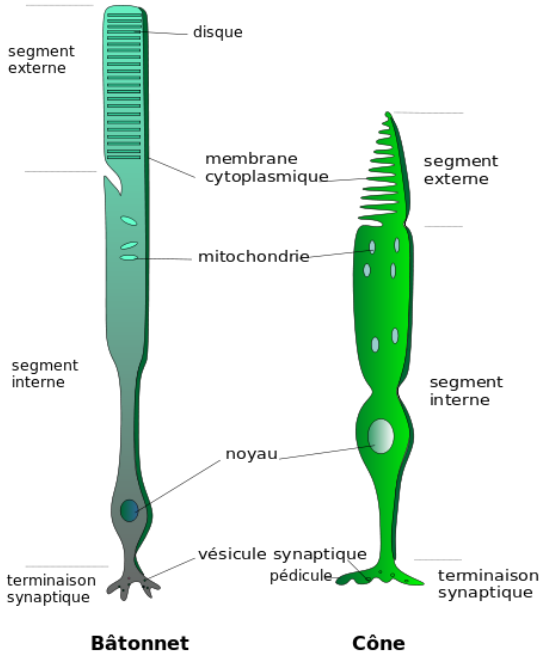


Figure 13

Les cônes sont de 3 types qui présentent chacun un photo pigment de nature différente, les bâtonnets, eux, n'en présentent qu'un, la rhodopsine.

Les bâtonnets sont les récepteurs de l'intensité lumineuse, et sont incapables de percevoir la longueur d'onde de la lumière. Ils apportent donc une perception en niveaux de gris. Ils sont en revanche beaucoup plus sensibles que les cônes, permettant une perception à des intensités lumineuses bien plus faibles et une vision « périphérique ». [22]

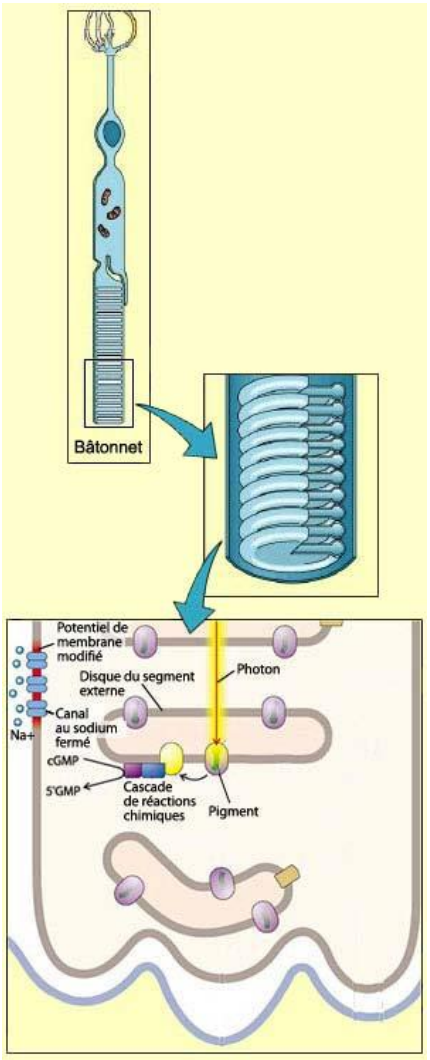


Figure 14

On a donc une perception en noir et blanc lorsque la lumière est trop faible pour activer les cônes. Cette sensibilité supérieure s'explique par le fait que plusieurs bâtonnets sont reliés à une même cellule, chaque cône étant relié à une cellule individuelle.

Les bâtonnets peuvent être sensibles au point de pouvoir détecter un unique photon (l'unité minimum de lumière). Ils nous permettent également de détecter une source lumineuse qui est plus d'un milliard de fois plus faible que ce que l'on voit dehors par une journée ensoleillée.

En contrepartie, cette sensibilité se paie au prix d'une image imprécise et sans couleur.

La vision des couleurs passe par l'activation du photo pigment contenu dans les cônes, différent selon les 3 types de récepteurs. [23] (Fig. 15)

- Les cônes « rouges » répondent de façon optimale à des longueurs d'ondes élevées, soit autour des 565 nanomètres.
- Les cônes répondant aux longueurs d'ondes « moyennes » sont les verts, répondant mieux autour des 530 nm.
- Les cônes restants, dits « bleus », sont destinés à répondre aux faibles longueurs d'onde, autour de 420 nm.

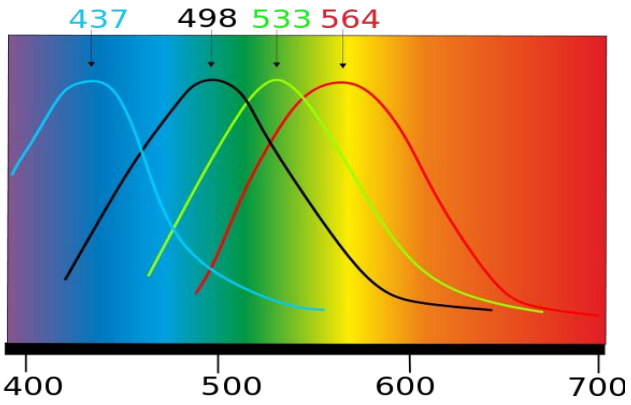


Figure 15

Chaque type de cône répond préférentiellement à une longueur d'onde, mais il répond aussi à un large éventail d'autres longueurs d'ondes. Donc, pour une couleur donnée, les 3 types de cônes sont excités, mais leurs degrés d'excitation sont différents, ce qui permet de distinguer toutes les couleurs du spectre visible et les très nombreuses nuances.[8]

La transduction du signal lumineux correspond à sa transformation par les récepteurs oculaires en un signal électrique interprétable par le cerveau. Quand la lumière frappe le pigment, celui-ci change de forme, ce qui provoque une cascade de réactions chimiques dans le photorécepteur. [24] (Fig. 14)

Ces réactions vont rendre la membrane des photorécepteurs moins perméable à certains ions comme le sodium. Et c'est ce changement de perméabilité qui va modifier le potentiel de membrane du

photorécepteur et permettre l'émission d'un signal nerveux aux cellules de la couche suivante dans la rétine. [24]

Après l'activation par la lumière, le récepteur passe dans un état insensible/inactivable pendant un certain temps pour reconstituer sa réserve de pigment. Tant que la concentration de pigment dans la cellule n'a pas été rétablie au-delà d'un certain seuil, la stimulation du neurone lié au récepteur se poursuit. [22]

Cette persistance de stimulus est à l'origine des phénomènes de persistance rétinienne. Il faut en tenir compte lors du choix de teinte, si possible en reposant ses yeux en regardant un support neutre (gris) entre deux échantillons de couleur.

En passant soudainement de la lumière à l'obscurité (en entrant dans une cave obscure par exemple), cela nous prend un certain temps avant d'y voir. C'est que la lumière, pour être transformée en influx nerveux, doit d'abord briser une molécule appelée rhodopsine. Or le stock de cette molécule se renouvelle assez lentement. [22]

Lorsque l'on vient d'un milieu très éclairé, il ne nous reste tout simplement plus assez de rhodopsine pour voir efficacement dans la pénombre. Il faut donc attendre que la rhodopsine se renouvelle. Pendant cette période de transition, on dit que nos yeux s'adaptent à l'obscurité.

De la même façon, lorsque l'on met une paire de lunettes de soleil, tout semble teinté de la couleur des lentilles. Mais après quelques temps on ne remarque plus cette couleur. L'œil subit une autre forme d'adaptation, l'adaptation chromatique.

Lors du vieillissement, on observe une diminution de l'acuité visuelle, et un besoin grandissant de suppléer cette perte grâce à des appareils de mesure.

C. Dyschromatopsies

Les dyschromatopsies sont des défauts de perception des couleurs, pouvant être héréditaires ou acquis, expliquant le fait que deux observateurs peuvent percevoir la même couleur de façon très différente [12] [25] [26] [27] [28]. On considère les dyschromatopsies comme des déficiences visuelles, qui touchent 8% des hommes et 0,5 à 1% des femmes.

Cette différence peut être expliquée par le fait que la majorité des dyschromatopsies héréditaires sont récessives et liées au chromosome X (déficit protan et deutan) et au chromosome 7. Ne possédant qu'un X, ils sont donc plus à risque que les femmes.

1. Dyschromatopsies héréditaires :

Aussi connues sous le nom de Daltonisme, en référence à John Dalton, qui a décrit ces pathologies. Elles présentent des caractéristiques communes : elles sont permanentes, bilatérales, et symétriques. Isolées sur le plan pathologique, elles sont toutefois incurables pour le moment. [12] [25]

On en distingue 3 catégories :

1. La vision trichromatique anormale, qui correspond à une dégradation partielle de la perception d'un pigment.

- Protanomalie : altération partielle du gène codant pour le pigment rétinien sensible au rouge.

- Deutéranomalie : idem pour le pigment sensible au vert.
- Tritanomalie : idem, pour le pigment sensible au bleu.

2. La vision dichromatique correspond à l'absence totale de vision d'un pigment coloré.

On a, par ordre de prévalence :

- Le protanopisme : difficulté à différencier rouge et vert, par déficit de perception du rouge. (1% des hommes)
- La Deutéranopie concerne elle la déficience de perception du pigment vert
- La Tritanopie, celle du pigment bleu

3. La vision monochromatique est un défaut de perception colorée total : le sujet ne voit qu'en nuances de gris, de façon floue, en percevant seulement la luminosité et la saturation. On peut aussi parler d'achromatisme. Ce défaut touche 0.003% de la population

2. Dyschromatopsies acquises :

Elles apparaissent typiquement à la suite des maladies de l'œil et des voies optiques. [12] [25]

A la différence des dyschromatopsies héréditaires/innées, les troubles sont bilatéraux asymétriques (ou unilatéraux), conscients et évolutifs. Elles sont souvent accompagnées d'autres signes oculaires.

Les causes les plus fréquentes de dyschromatopsies sont la prise prolongée de certains médicaments susceptibles d'altérer le fonctionnement optimal de l'oeil, l'alcool, le diabète, et la cataracte (dégradation du cristallin liée à l'âge).

Certaines substances sont aussi capables d'altérer la perception colorée pendant leur consommation/période d'action, comme les drogues, les médicaments (viagra, contraceptifs) ou de hautes doses de caféine.

3. Dépistage

Le dépistage des dyschromatopsies passe par l'usage d'un test de confusion pigmentaire, dont le but est de présenter des ensembles de couleurs spécialement assortis pour troubler et induire en erreur un sujet atteint de dyschromatopsies.

a) Le test d'Ishihara :

L'un des tests de vision les plus répandus, et permettant un dépistage rapide et fiable (98%). [12] [25] [26]

Il s'agit d'un test employant une table de 38 planches pseudo-isochromatiques. Il est constitué de tuiles recouvertes de disques imprimés de spots de différentes couleurs, dont la mosaïque représente un chiffre ou un dessin que le sujet doit reconnaître.

La teinte de ces figures est choisie de façon à rendre impossible leur lecture par un œil souffrant d'une dyschromatopsie spécifique à chaque planche. Les dyschromatopsies détectées sont de type deutan et protan, les dyschromatopsies tritan étant surtout liées aux facteurs non héréditaires.

L'image ci-contre (fig. 16) représente la perception d'une planche d'Ishihara et d'une montgolfière par, de gauche à droite, un sujet normal, protanope, puis deutéranope. Un sujet souffrant d'achromatisme ne voit qu'une planche recouverte de points d'un gris varié, qui correspond à la luminosité de chacun des spots colorés.

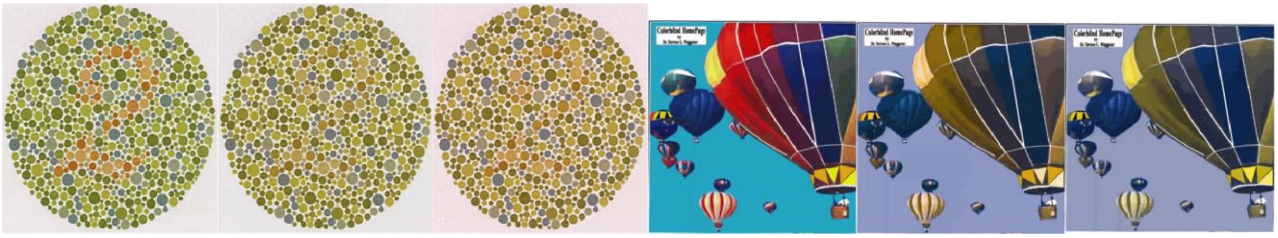


Figure 16

A l'inverse, certaines planches du test d'Ishihara ne présentent aucun nombre pour le normochromate, mais en présentent un pour le dyschromate. Ce test de dépistage est considéré fiable à 98%.

b) Le test des 100 Hue :

Le Farnsworth 100 Hue est le plus exhaustif des tests portant sur la vision des couleurs. Il se compose de 100 pastilles, réparties en 4 boîtes de 25, que le sujet doit remettre en ordre. La différence de couleur entre les pastilles successives est très faible (delta E approximativement de 1-1,5), ce qui rend ce test difficile. [26] [27]

Le recueil des résultats se fait en affectant à chaque pion un score, d'autant plus élevé que l'erreur est considérée importante. En reportant les résultats obtenus sur des diagrammes, on pourra à la fois de quantifier l'erreur de reconnaissance visuelle, et identifier le type de dyschromatopsie présenté par le sujet.

c) 15 hue désaturé de Lanthony



Figure 17

Il s'agit d'une séquence de 15 pions de couleur (Fig. 17) que le patient doit classer dans l'ordre de proche en proche à partir d'une pastille P de référence, pour obtenir un dégradé arc en ciel. Ces pions sont de couleurs désaturés, et leur classement permet de détecter les dyschromatopsies acquises ou congénitales, et de connaître la nature de l'axe de confusion (protan, deutan, tritan). [12] [25]

Il pourrait être pertinent de proposer ce type de test à l'entrée en faculté dentaire, afin que les futurs dentistes atteints de dyschromatopsies puissent compenser leurs défauts dès le début de leur cursus.

IV. Les 7 dimensions de la dent naturelle :

[4] [7] [12] [29]

A. Stratification

La structure naturelle de la dent est composée de plusieurs couches de natures différentes, qui interagissent avec la lumière. L'organisation de ces structures, leur épaisseur, et leur composition vont jouer sur la façon dont la dent renvoie la lumière. [4] [7] [12] [29]

1. La pulpe :

Située au cœur de la dent, il s'agit du tissu conjonctif contenant le paquet vasculonerveux de la dent, d'où sa couleur rouge. Du fait de la sénescence, le volume de la cavité pulpaire se réduit avec l'âge, car la formation de dentine se poursuit toute la vie. L'influence de la pulpe dans la couleur dentaire est donc maximale chez l'enfant, et diminue progressivement. [4] [7] [12]

2. Dentine :

Elle compose la plus grande partie de la dent, et s'interpose entre émail et pulpe. Elle se compose à 70% de minéraux, avec 20% de matériaux organiques complétés par 10% d'eau. Sa structure est parcourue de centaines de tubulii dentinaires, qui sont de petits canaux perpendiculaires au grand axe de la dent. Le noyau dentinaire, opaque, donne à la dent sa teinte. [12]

3. Email :

Il s'agit de la couche la plus superficielle de la couronne dentaire. Il s'agit du tissu le plus dur et le plus minéralisé du corps humain, capable de résister à de forts traumas et une usure prolongée. Il contient approximativement 95% de minéraux, et aucune cellule. C'est donc un tissu « inerte », sans vascularisation ni innervation.

L'émail a la particularité d'être translucide et de couleur plus claire que la dentine. C'est lui qui définit la luminosité de la dent. Dans la zones où il est le plus fin, le collet ; on voit la teinte de la dentine ressortir avec plus d'intensité. Du fait de sa minéralisation, il est le tissu le plus radio opaque du corps humain. [12] [29]

B. Transparence

La translucidité / transparence d'un matériau traduit le fait qu'une partie (translucidité) ou que toute la lumière incidente (transparence) traverse ce matériau.

Plus une dent est translucide plus sa luminosité baisse, car une grande partie de lumière la pénètre. La translucidité de la dentine (calibrée en échantillons d'1mm d'épaisseur) est de 40% alors que celle de l'émail est quasiment double. On voit surtout ce phénomène sur les dents jeunes, au niveau du bord libre.

C. Fluorescence

Phénomène pour la première fois remarqué dans la nature sur la Fluorine, caractérise la capacité d'un corps à absorber une émission lumineuse avant d'en émettre une de longueur d'onde différente. [7] [12] [25]

Cela correspond le plus couramment à la capacité d'un objet à émettre un rayonnement compris dans les limites du visible en réaction à une exposition à un rayonnement UV invisible. On a donc un décalage entre les longueurs d'ondes du rayonnement émis et celles du rayonnement reçu par l'objet. Ce phénomène implique une restitution de l'énergie du rayonnement reçu quasi immédiate et sur une durée très courte, à la différence des phénomènes de phosphorescence qui restituent l'énergie reçue sur la durée.

Il faut aussi noter que les objets fluorescents apparaissent plus lumineux que les objets non fluorescents (cas des diamants de grande qualité par ex), surtout dans le cas d'exposition forte aux U.V.

Dans le cas des dents naturelles, c'est la dentine [30] qui permet une émission dans les tons blanc/bleuté, sa fluorescence étant d'intensité 3 fois supérieure à celle de l'émail. Ce phénomène s'explique par la faible concentration (3%) de matières organiques dans l'émail. Or, les principaux fluorophores de la dentine sont organiques, associés à la trame de collagène : tryptophane, pyridinoline, et hydroxypyridinum sont des acides aminés composant la molécule de collagène dentinaire.

Avec le vieillissement, on observe une augmentation de la fluorescence dentinaire, qui pourrait être lié à une augmentation de la réticulation (cross-linking) du collagène dentinaire avec l'âge. Cependant, ce phénomène se produit aussi post extraction ou avec des variations de température, et n'a pas encore été totalement expliqué [30].

Dans le cadre de la prothèse, on additionne des luminophores fluorescents (terres rares) aux poudres de céramique pour que les prothèses n'apparaissent pas noires dans les milieux chargés en rayonnement UV (flash boite de nuit par ex). En effet, la différence de composition biochimique entre prothèse et dent naturelle doit être compensée. On a remplacé l'oxyde radioactif d'uranium utilisé au début par des oxydes à durée de vie courte, pour éviter les phénomènes de phosphorescence. Ces oxydes sont connus sous le nom de lanthanides ou terres rares, sont mélangés en proportions spécifiques

C'est une illustration des phénomènes de métamérisme, des dents prothétiques et des dents naturelles apparaissent semblables sous la lumière calibrée du cabinet, mais sont dissemblables quand les conditions d'illumination diffèrent.

D. Opalescence

Ce terme désigne les effets bleuté et orangés que l'on peut remarquer au niveau du bord libre des dents, majoritairement composé d'émail. Ceci s'explique par deux phénomènes : [4] [7] [12] [31]

- En Réflexion lumineuse, l'émail va réfléchir préférentiellement les longueurs d'onde courtes (partie bleue du spectre visible), lui donnant un aspect bleuté.
- En Transmission lumineuse, l'émail, qui réfléchit les longueurs d'ondes courtes, laisse passer les longueurs longues, faisant apparaître une teinte rouge-orangée.

On fait donc une analogie avec les opales, pierres précieuses multicolores bleutées avec des reflets multicolores (fig. 18). Ce comportement particulier est lié à la taille très faible des particules d'hydroxyapatite d'émail (0.15 à 0.05 microns) qui ont un effet similaire à celui des molécules de dioxyde de silicium des opales. On trouve donc des poudres de céramiques feldspathiques avec effets d'opalescence.

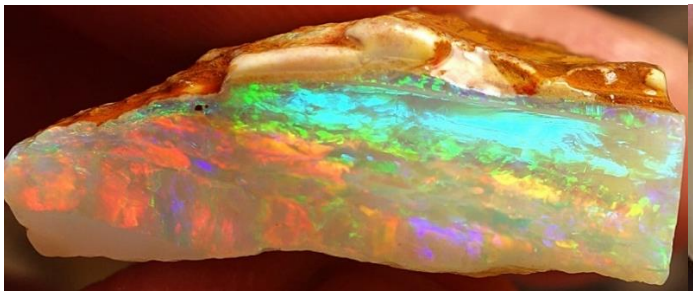


Figure 18



Figure 19

E. Etat de surface

La surface des dents naturelles est très variable et influence considérablement la perception des couleurs. (Fig. 19) [12]

Les dents jeunes, dont la micro-géographie de surface est très marquée ; avec de nombreuses stries de croissance horizontales et fossettes, et un état de surface plus brillant. Ces reliefs ont tendance à s'effacer avec l'âge, pour laisser place à une surface lisse, plus uniforme, que l'on qualifie parfois d'« émoussé luisant ».

Une surface de ce type favorise les phénomènes de réflexion dite spéculaire, avec une transmission lumineuse à travers la dent plus forte, ce qui va en diminuer la luminosité.

A l'inverse, les dents jeunes au relief fort sont plus favorables à une réflexion dite en « halo », qui renvoie plus de lumière par micro diffusion et fait apparaître la dent plus claire. [12]

F. Effet nacré (Pearl effect)

Cet effet correspond à un effet de surface rencontré sur les dents jeunes. Il implique une opacité et une brillance presque métallique comparable à la nacre/les perles.

G. Caractérisations

Il s'agit d'effets colorés particuliers localisés, par exemple des taches blanches opaques dues à une déminéralisation, des effets nuageux laiteux de surface, ou des fissures de l'émail, qu'elles soient infiltrées ou non. [12]

On peut y rajouter les colorations dorées de la lame dentinaire apparaissant par transparence, ou les infiltrations colorées des sillons. Il existe des teintiers pour ces caractérisations, mais le mieux reste d'envoyer une photo au prothésiste.

V. Quelles conditions pour un choix optimal ?

A. Eclairage :

La lumière du jour est théoriquement le meilleur des éclairages, malheureusement,elle n'est pas fiable : l'intensité lumineuse fluctue grandement (au cours de la journée,en fonction de la météo,de la saison,etc) ce qui ne permet pas d'avoir un environnement stable pour faire un choix reproductible. [4]

La lumière idéale serait celle du jour,avec un ciel peu nuageux, dans les 5500°k [32] . Mais la lumière naturelle peut varirer énormément,de 2000°k au lever/coucher de soleil à 27000°k à la pleine lune.

La lumière doît être apportée par le plafonnier,spécialement calibré pour délivrer une intensité de +/- 2000 lux à une température de couleur de 5500° à 6500°K [32] [33] .

Il est aussi important que l'IRC,ou Indice de Rendu des Couleurs,soit élevé (au dessus de 90,100 si possible). L'éclairage doit apporter toutes les longueurs d'ondes du spectre visible (380 à 780nm).

Il est important d'éteindre le scialytique, car sa trop forte intensité lumineuse cause un éblouissement des bâtonnets (intensité approchant parfois les 8000 Lux). De plus ,la lumière du scyalitique est souvent inadaptée (spectre non continu).

Pour cela ,on a 3 source classiques de lumière : [19] [20]

1. Les lumières incandescentes

L'ampoule à filament de tungstène la plus classique,retrouvée partout (de moins en moins avec l'appartition des leds et ampoules à économie d'énergie). Elles ont un IRC de 90-100,mais malheureusement,une température de couleur trop faible,aux alentours de 3000°k,ce qui les rend très pauvres en bleus et violets et de facto inadaptées à un usage dentaire si on ne compense pas ce défaut.

2. Les Halogènes

Inadaptées elles aussi, elles fonctionnent par l'incandescence d'un gaz halogène contenu dans l'ampoule. La température de couleur est plus élevée,autour de 4000°k, mais reste trop « chaude » (jaune-orangée). Typiquement,les halogènes sont utilisées dans les phares, le projecteurs ce cinéma (à pellicules),certains scialytiques d'ancienne génération.

3. Les lampes fluorescentes

Aussi appelées néons ou lampes fluocompactes, que l'on retrouve de plus en plus dans les foyers en raison des mesures de transition énergétique. Elles s'approchent de la température adéquate de 5500°k ,avec un IRC de 97% pour les lampes de haute qualité et de prix élevés. Leur seul défaut est d'avoir un spectre non continu,quasiment dépourvu de rouge.

4. LEDs

Les diodes electroluminescentes sont la dernière innovation que l'on peut trouver en éclairage. Les versions petit budget sont souvent de mauvaise qualité, avec un pic d'émission dans les bleus pouvant être dangereux sur le long terme et un irc tournant autour de 80. Les diodes de haute qualité modernes se rapprochent de la perfection avec un spectre homogène et un IRC de 98+.

Les seuls appareils reproduisant exactement un specre lumineux complet sont ceux répondant à la norme d65 (65 pour 6500°k). Les plus connus sont proposés par la marque Gamain,et sont composés de tubes néons,tungstène,et de lumière noire, la lumière obtenue donnant un spectre continu et adapté.

B. Organisation

Idéalement, le choix se fait au fauteuil, patient relevé, avec la bouche à hauteur de vue du praticien et la tête en appui sur la têtière. Le patient doit être recouvert d'un champ neutre et ne pas porter de maquillage, les couleurs vives pouvant fausser l'appréciation de la couleur. Il est déconseillé d'aménager le cabinet avec des meubles de couleurs vives ou un revêtement mural « flashy », surtout dans les teintes se rapprochant du rouge et du jaune. [13] [34]

Note : l'utilisation de couleurs vives, du maquillage, ou d'un miroir richement décoré peut être utile lors de la remise de la prothèse, en limitant volontairement la perception du patient pour faciliter son acceptation.

Il faut aussi noter que, si un blanchiment est souhaité par le patient ou prévu dans le plan de traitement, il doît avoir lieu avant tout choix de teinte pour la prothèse définitive. En effet, il est imposssible de prévoir la réaction des dents naturelles au blanchiment, et donc de prévoir la future teinte adéquate.

Prise de teinte :

Si possible, il faut réaliser la prise de teinte au début de séance, car on peut observer un phénomène de déshydratation due à une ouverture buccale prolongée lors de l'examen buccal. Une dent déshydratée aura tendance à paraître plus crayeuse, plus claire et opaque qu'elle ne l'est réellement dans son état normal/hydraté. Il est important de s'assurer que les dents sont propres, exemptes de colorations dues à des substances exogènes (café,taches de tabac). Un détartrage poussé avec brossette/pâte de polissage ou aéropolissage suffit généralement à les enlever. [13] [34]

Afin de s'affranchir des effets de perspective (qui rendent les objets proches plus lumineux), il est important de positionner les échantillons issus de teintiers sur le même plan que la dent de référence, bord à bord. Par réciprocité, on pourra utiliser des teintes plus lumineuses sur les centrales pour mettre en avant un sourire. Les tons froids ont tendance à « reculer » les dents, et les chauds à les avancer.

Pour assister les choix visuels, on trouve sur le marché de nombreuses aides :

- Appareil photo : Ils peuvent être d'une grande aide, mais toutefois, la balance des blancs de l'appareil doit être exacte, sous peine d'avoir des photos qui tirent vers le jaune. Il est essentiel que l'appareil ait un objectif et un éclairage adapté à la prise de vue dentaire (macro avec flash annulaire par exemple).

- Lampes calibrées : elles permettent de s'affranchir de l'éclairage du cabinet si celui-ci n'est pas adapté. Elles permettent de délimiter un champ d'observation, éclairé par une lumière dont la température varie de 5000 à 6500°K. On trouve par exemple le Smile Lite de Smile Line [35], ou le Demetron Trueshade.

VI. Techniques de détermination de la couleur.

Parmi les méthodes de choix de couleur, on référence 3 types de techniques : [4]

- Choix visuel via teintiers
- Choix visuel assisté par caméra intra buccale
- Choix instrumental par colorimètres ou spectrophotomètres.

A. Choix visuel à l'aide de teintiers

Il s'agit de la méthode la plus ancienne, et la plus largement employée. En effet, certains teintiers ont à ce jour plus de 60 ans, et on peut en trouver divers exemplaires dans tous les cabinets. [7]

Chaque teintier a sa propre méthodologie, déterminée lors de sa création par les fabricants. Il faut une pratique régulière et une formation spécifique pour en utiliser un à son plein potentiel. [33]

Le but d'une prise de teinte manuelle est d'obtenir une cartographie complète de la dent à renvoyer au prothésiste, comprenant :

- Teinte bord libre
- Teinte collet
- Teinte du corps de la dent
- Caractérisations et géographie de surface
- Age du patient
- Typologie dentaire du patient (dent carrées, ovales, triangulaires.)

Les choix effectués au teintier sont subjectifs et opérateur-dépendant, avec une précision variable en fonction de la perception (âge, dyschromatopsies, fatigue visuelle), de l'éducation visuelle, et de la qualité de la lumière environnante (cf. métamérisme). [33]

On peut différencier deux types de teintiers : ceux classés par familles de teintes, et ceux, plus récents, classés par luminosité.

1. Teintiers organisés par familles de teintes

a) VITApan Classical

Ce teintier est le tout premier sorti par VITA zahnfabrik, en 1956. D'abord appelé Vita lumin Vacuum, il a été renommé VITApan classical en 1998. (Fig. 20) [36] [37]

Du fait de son ancienneté et de sa simplicité d'utilisation, on le retrouve dans la plupart des cabinets, et il sert de référentiel de teinte à de nombreuses marques de composites ou de poudres céramiques.

Ce teintier se compose de 16 échantillons répartis en 4 groupes de 4 teintes : A, B, C, D.

- Brun rougeâtre -A
- Jaune rougeâtre-B
- Gris-C
- Gris rougeâtre-D

A chaque lettre est associé un chiffre, correspondant au niveau de saturation et luminosité de l'échantillon. Ces deux paramètres sont donc malheureusement indissociables. Plus on a un nombre élevé (ex : d4) plus la saturation est forte et la luminosité faible.

L'ordre classique «de a1 à d4 » tient compte des familles de teintes, pas de la luminosité.

Le fabricant propose aussi un ordre spécifique « B1-A1-B2-D2-A2-C1-C2-D4-A3-D3-B3-A3.5-B4-C3-A4-C4 » ; mais ce teintier ne reste toujours pas adapté à une évaluation de luminosité précise et est considéré « dépassé ».

Son autre défaut est de ne pas être représentatif des couleurs plus saturées présentes chez les personnes âgées.

Il a été démontré que les échantillons de ce teintier ne sont pas distribués de façon régulière dans l'espace chromatique des dents humaines, et que certaines se superposent carrément (delta E trop faible, causant des erreurs de différenciation). On trouve également plus d'écarts inter-teintiers dus à des aléas de fabrication que pour les teintiers plus complexes de chez Vita. [37] [38]



Figure 20

b) Chromascop (ivoclar vivadent)

Le teintier chromascop d'ivoclar vivadent, de 1990, comporte 20 échantillons classés en 5 « familles ». (Fig. 21)

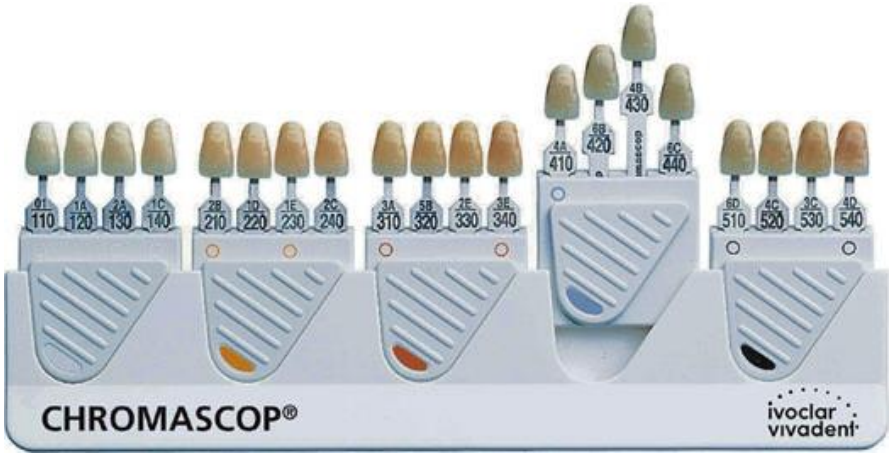


Figure 21

Chaque échantillon possède un numéro à trois chiffres :

Le chiffre des centaines correspond à la famille chromatique de l'échantillon :

- 100 : Clair
- 200 : Jaune orangé
- 300 : Brun
- 400 : Gris
- 500 : Brun foncé

Le chiffre des dizaines (10.20.30.40) correspond au niveau de saturation de l'échantillon. Ce teintier est donc bi-dimensionnel et ne prend en compte que la teinte et la saturation, en laissant au prothésiste la tâche ardue de reproduire la luminosité au laboratoire. Il présente tout de même l'avantage de présenter une grande variété d'échantillons de saturation élevée, ce qui facilite le choix de couleur chez les personnes âgées.

2. Teintiers construits par groupe de luminosité

a) Teintier 3D Master (Vita)

[4] [10] [39] [40]

Il s'agit du teintier VITApan 3D master (fig. 22), commercialisé par la firme Vita depuis 1998.



Figure 22

Le teintier comporte 26 échantillons, répartis en 5 familles de luminosité croissante, correspondant aux numéros de groupe : 1-2-3-4-5.

La Saturation s'évalue dans le groupe central M par un chiffre allant de1 à 3. Exception faite du groupe « 1 » qui n'a que 2 niveaux de saturation. Le choix de teinte est restreint à 3 par groupe pour les groupes 2, 3, 4, avec une version soit plus rouge ou plus jaune de la couleur centrale. Les groupes 1 et 5 n'ont en revanche qu'une seule teinte.

Ce teintier donne la priorité au choix de luminosité, qui est le facteur le plus important de la réussite. Ensuite viennent la saturation puis la tonalité chromatique.

Il a pour avantage de présenter une gamme étendue d'échantillons, tant dans les couleurs claires (possibilité de rajouter un groupe « 0 » pour représenter les dents éclaircies/bleached portant à 29 le nombre d'échantillons) que dans les couleurs saturées.

De plus, les intervalles Delta E entre les couleurs des différents échantillons sont plus réguliers. Il permet donc un choix de teinte plus scientifique et plus précis que les autres teintiers, constituant ainsi une avancée réelle dans la prise de teinte.

- **Principe d'utilisation du teintier 3d Master :**

Le choix de teinte au 3D Master se fait en 3 grandes étapes [10] :

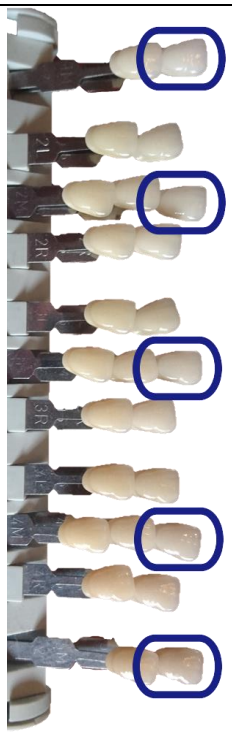


Figure 23

Choix de la Luminosité :

Pour choisir la luminosité, la société Vita conseille de se baser sur les « Majeures » de chaque groupe. Ces teintes correspondent à l'échantillon « m » le moins saturé, donc à 0M1, 1M1, 2M1, 3M1, 4M1, et 5M1. [10]

On doit donc comparer la majeure de chaque groupe à la dent de référence, en commençant par 3M1, et en allant vers les échantillons plus ternes. Si la majeure choisie est plus claire que celle du patient, il faut passer à la suivante. Certains auteurs conseillent de ne pas se référer aux majeures mais aux teintes centrales des « grappes » correspondant aux échantillons M2[10]. Pour être efficace, il faut alors isoler les échantillons m2 des autres échantillons.

Il est important d'effectuer ce choix rapidement, de manière instinctive, et d'éviter d'y revenir pour ne pas douter. En effet, une fatigue visuelle s'installe vite et diminue l'acuité de perception de la luminosité. Certains auteurs recommandent de se reposer les yeux en regardant un support neutre, gris.



Figure 24

Choix de la Saturation :

Une fois la luminosité choisie, on écarte les barrettes des autres groupes. On prend ensuite uniquement la barrette centrale, associée à la majeure du groupe de luminosité choisi. Cette barrette contient 3 échantillons : m1, m2, et m3. On détermine alors la saturation en comparant l'échantillon M2 à la dent de référence. Si M2 est trop clair, les 3 pièces de l'arc « supérieur » du groupe sont éliminées. Et inversement s'il est trop saturé. Il est conseillé de déplier les teintes de la barrette en « éventail » plutôt que de les laisser en ligne.

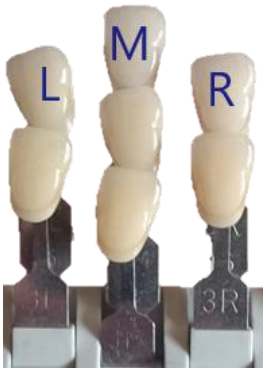


Figure 25

Choix de la teinte :

Une fois luminosité et saturation déterminées, il faut vérifier l'adéquation de la teinte avec celle de la dent de référence. Ce teintier laisse trois possibilités : Plus rouge (Redder/Right) correspondant à la barrette « R » du groupe de luminosité, M correspondant à la barrette médiane, et plus jaune (Less red/Left) correspondant à la barrette de gauche. Il est à noter que si l'on se retrouve avec une teinte plus rouge ou jaune que l'échantillon, on peut revenir sur le choix de saturation, qui n'est pas définitif.

Malgré ses nombreux atouts, ce teintier ne s'avère pas populaire, car difficile à appréhender. Vita a donc sorti un autre teintier, basé sur les mêmes échantillons, le Vita Linearguide.

b) Vita Linearguide 3d master

[7] [41]



Figure 26

Ce teintier (fig. 26) correspond exactement au 3D master d'origine pour ce qui est des échantillons, et change seulement en termes d'organisation. Par souci de simplification, les majeures ont été isolées sur un teintier « Value guide » regroupant tous les échantillons « xM2 ».

Ce teintier permet de choisir la luminosité, et renvoie ensuite à 5 autres groupes, les Hue/chroma guides. Ces 5 groupes organisés de façon linéaire (fig. 27) correspondent aux groupes de luminosité 1-2-3-4-5 retrouvés sur le 3dmaster, seule leur présentation diffère, passant des grappes du 3D Master aux lignes, plus consensuelles.

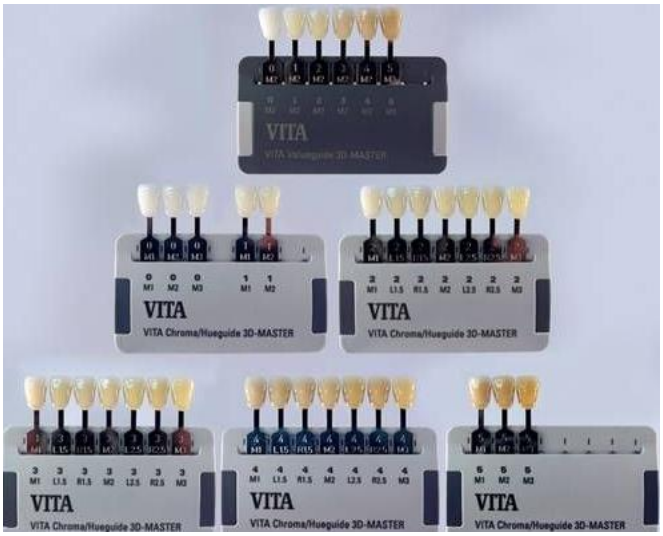


Figure 27

L'utilisation est en fait similaire au 3D Master : on effectue un choix de luminosité sur les majeurs, puis on isole le groupe de luminosité choisi. On détermine la saturation sur les éléments « M », puis la teinte en allant vers R ou L.

3. Teintiers complémentaires

En supplément des teintiers classiques, on trouve dans le commerce des teintiers spécialisés, adaptés à la prise de teintes de moignons prothétiques pour permettre au prothésiste de travailler sur un masquage. [7]

On trouve aussi des teintiers spécifiques aux caractérisations que l'on peut trouver à la surface de la dent, des taches « nuageuses » aux colorations noires/marron des sillons et puits. Il se présente sous forme de pastilles colorées. Cette catégorie comprend le teintier Mosaïc, ou le teintier Akzent de Vita.

4. Choix visuel assisté par caméra intra buccale :

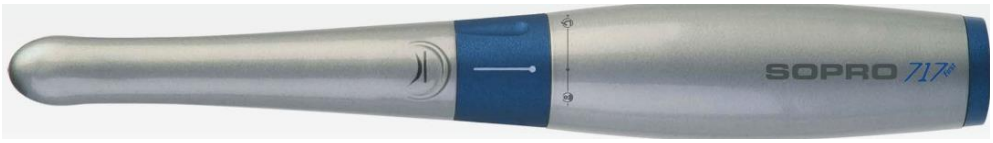


Figure 28

Il s'agit d'un intermédiaire entre choix visuel par teintier et les choix via instruments de mesure. En effet le choix reste visuel, la caméra ne faisant qu'assister le praticien. [13]

La caméra intrabuccale Sopro de la société Actéon (fig. 28), comme la 3shape Trios, possède une fonction « choix de teinte » qui permet toujours de faire un choix visuel par comparaison avec des échantillons standardisés, mais l'image est agrandie et reportée sur un moniteur de grande taille, ce qui facilite la comparaison. De plus, la tête de la caméra comporte ses propres LEDs, ce qui permet de s'affranchir de l'éclairage du cabinet pour les choix de teinte.

La Sopro ne nécessite pas d'étalonnage sur le blanc : la dent et les échantillons étant comparés avec une lumière similaire, on a une reproductibilité de choix même lorsque les LEDs sont usées ou mal calibrées.

Le logiciel Sopro imagin fourni avec la caméra permet de réaliser une fiche pour le technicien de laboratoire très détaillée, avec des photographies macro de bonne qualité de la dent ayant servi de support de teinte.

Les nombreuses fonctions d'une caméra Sopro permettent de réduire le coût relatif du dispositif par rapport aux instruments de type colorimètre/spectrophotomètre.

a) Protocole de choix de couleur

Au préalable, il faudra avoir installé sur la tête de la caméra Sopro un embout spécifique, pour isoler le capteur et ses LEDs de l'éclairage ambiant.

- Etape 1 : Positionner la caméra au contact de la dent, pour centrer le 1/3 médian de la dent à l'image sur le moniteur

- Etape 2 : figer l'image sur l'écran et l'enregistrer. L'image de la dent de référence est alors « coupée » dans le sens proximal, et seule sa partie gauche reste mémorisée à l'écran. La partie droite de l'écran va retransmettre les images prises par la caméra.

- Etape 3 : On utilise la caméra pour comparer les échantillons d'un teintier (en respectant le protocole intrinsèque de ce teintier) à la moitié d'image figée sur l'écran. Le but est d'atteindre une correspondance entre le tiers médian de l'image et l'échantillon du teintier.

- Etape 4 : On enregistre l'image pour fixer le choix de teinte.

B. Choix assisté par systèmes de mesure numérique.

[4] [7] [42]

Les techniques de choix précédemment exposées sont basées sur une évaluation visuelle subjective de la part d'un praticien. Depuis les années 90, on voit apparaître des instruments de mesure plus scientifiques qui ont l'avantage d'être objectifs, rendant les erreurs de prise de teinte théoriquement impossibles. On peut différencier deux grandes familles d 'appareils, en fonction de leur mode de fonctionnement : les colorimètres, et les spectrophotomètres.

Les spectrophotomètres sont programmés pour analyser les longueurs d'ondes réfléchies d'une lumière incidente polychromatique visible. Le spectre de la lumière analysée est comparé en de nombreux points rapprochés d'une faible surface de la dent, puis comparé à une base de données pour en déduire la couleur. La mesure optique typique mesure plusieurs millions de points.

Actuellement, ces appareils présentent la plus grande précision, et l'avantage de ne pas poser de problèmes liés au vieillissement des capteurs ou de la source lumineuse. [43] Une étude leur attribue un taux de réussite supérieur de 33% à celui obtenu avec des teintiers conventionnels [44], mais ce résultat est contrebalancé par d'autres études ne trouvant aucune différence significative

Les colorimètres, eux, analysent la couleur par rapport à la réflexion d'une lumière source filtrée par 3 filtres : rouge, bleu, et vert. Le filtre « rvb » permet donc de déterminer ses coordonnées trichromatiques. Du fait de leur conception, ces appareils sont moins précis, et plus sensibles à un vieillissement de la lumière source ou des différents filtres.

Les méthodes d'analyse instrumentales, en plus de s'affranchir en grande partie de la technique et du sens artistique du praticien sont utiles pour l'analyse de teinte au laboratoire de prothèse.

La prise de teinte instrumentale étant très rapide, elle permet d'éviter tout dessèchement de la surface des dents lors de la prise de teinte, et donc les erreurs de choix par éclaircissement.

Ces appareils sont plus rapides et plus précis que l'œil humain dans la détermination des couleurs, et ne dépendent pas de la lumière ambiante. La source interne d'éclairage doit être étalonnée sur le blanc avant chaque utilisation pour garantir fiabilité et reproductibilité des résultats.

Ils nécessitent toutefois une formation spécifique pour en tirer le plein potentiel et éviter les erreurs de manipulation. Ce sont des outils de communication praticien/prothésiste très utiles, surtout dans le cas des modèles perfectionnés, capable de créer une cartographie dentaire.

1. Shofu Shade Eye

Le premier colorimètre dentaire, issu d'une collaboration entre Shofu (société de production de poudres céramique/composites) et Minolta (photographie), est le ShadeEye Chroma meter (fig. 29), mis sur le marché en 1998. Etant adapté aux poudres Shofu, il peut donner la composition exacte à avoir pour reproduire une couleur.



Figure 29

Le problème majeur de cet appareil était son faible champ d'application, n'étant calibré optimalement que pour les poudres de céramique Shofu. Des mises à jour ultérieures ont étendu ce calibrage aux poudres de céramique les plus populaires. Son système d'analyse est aussi limité, ne prenant en compte que l'analyse du spectre de la réflexion lumineuse en un seul point à 1.5 mm du collet.

2. Cynovad Shadescan

Le Shadescan de Cynovad (fig. 30) est un autre colorimètre, plus performant et polyvalent. Il fonctionne par comparaison automatique de prises de vues avec une banque d'image comportant les échantillons des principaux teintiers du marché. Cet appareil permet de faire une cartographie en trois dimensions de la dent, mais aussi une cartographie de translucidité, qui peuvent être regroupés dans une fiche de communication numérique à destination du prothésiste.



Figure 30



Figure 31

3. Spectroshade Micro MHT (et successeurs)

Le Spectro Shade de MHT international (2001) (fig. 31) est pour sa part un spectrophotomètre, analysant les longueurs d'ondes réfléchies en un très grand nombre de points, pour composer une cartographie de la surface dentaire, de manière similaire au Shade scan et au ZFX Shade présentés ci-après. [45]

a) Dégudent Shadepilot

Le Shadepilot de la firme Dégudent est un spectrophotomètre, couplé à un appareil photo numérique. Le fabricant conseille de ne faire qu'une prise de vue, jugées suffisante pour un choix de couleur détaillé et précis. Le système possède un écran intégré, ce qui le rend massif mais permet de visualiser les prises de vue (fig. 32). Il s'agit en fait d'une re commercialisation du Spectrosahde micro MHT.



Figure 32

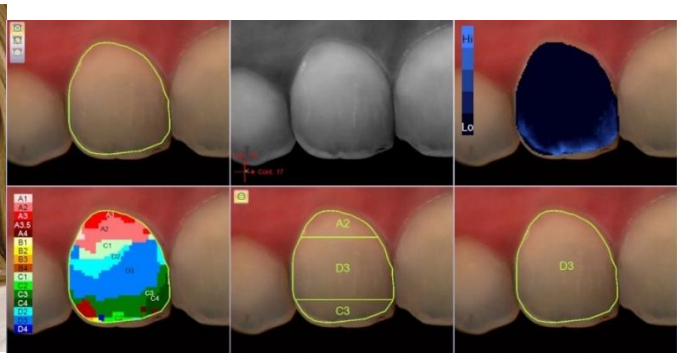


Figure 33

Comme illustré sur l'image (fig. 33), les différents modes de vue permettent de réaliser une cartographie de couleur, une analyse 3 points ou globale, mais aussi la translucidité et la luminosité via des filtres spéciaux, ce qui facilite fortement la communication avec un prothésiste formé à cet appareil.

b) ZFX Shade



Figure 34

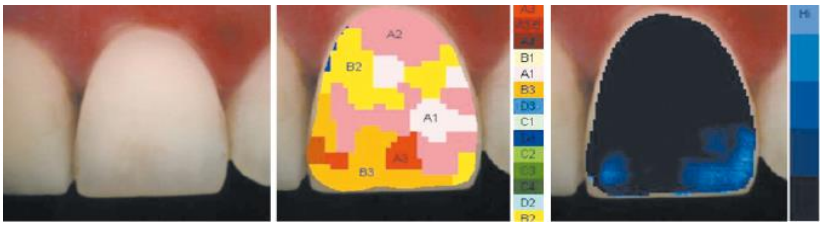


Figure 35

Le ZFX Shade (fig. 34) est la dernière version du Spectroshade mise sur le marché, associant photographie et spectrophotométrie. Le spectrophotomètre comprend un éclairage LED ; un autre type de LED est mis en œuvre pour chaque longueur d'onde mesurée.

Quand on appuie sur le bouton de mesure, la source lumineuse éclaire à courts intervalles le spectre complet de la lumière visible. Les teintes sont guidées le long d'un conducteur optique qui se divise en deux conducteurs pour permettre la convergence de la lumière symétrique sur le sujet mesuré.

L'image du sujet mesuré, éclairée par la lumière de teinte, est ensuite réfléchie sur un capteur CCD spécial noir et blanc placé à l'extrémité de l'optique. Ce capteur CCD mesure les informations dans un spectre visible de 400 à 700nm. Cet appareil produit une cartographie de teinte, transparence, et luminosité de la dent qui peut être transmise telle quelle au prothésiste. (Fig. 35) [46]

A chaque prise d'image, l'ordinateur interne analyse plus de 2 millions de points de référence. Pour la prise de teinte, le détail de l'image sélectionné s'affiche en teinte sur l'écran LCD haute définition. Ceci permet le bon positionnement et la meilleure qualité de mesure.

4. Vita Easyshade compact



Figure 36

Le plus connu des spectrophotomètres est sans doute le Vita Easyshade [47] (fig. 36), commercialisé depuis 2002 (nouveau design en 2009 et 2015). C'est un appareil autonome fonctionnant sans l'aide d'un ordinateur en se basant sur les référentiels Vita (VITApan Classical et 3D Master/Linearguide), mais on peut aussi effectuer un relevé selon les coordonnées CIE L*a*b* et LCH.

L'appareil effectue plusieurs mesures, comprises dans un spot central de 8 mm, que l'on place dans le 1/3 médian de la dent de référence. On peut aussi l'utiliser pour des analyses en 3 points (bord libre, corps, et partie cervicale de la dent).

Son 3^{e} mode permet de vérifier l'adéquation entre pièce prothétique et teinte demandée, avant l'essayage en bouche.

Selon une étude de 2007, il s'avèrerait être l'instrument le plus fiable in vivo et in vitro pour le relevé numérique de la couleur [48].

VII. Etude clinique

[49] [50]

A. Matériel et méthodes

1. Hypothèses nulles :

1 : Former les étudiants au choix de couleur n'influe pas sur la vitesse et la qualité de leur choix de couleur.

2 : Le sexe des étudiants ne joue pas dans leur capacité à réussir le choix de couleur.

3 : L'année d'études n'influe pas sur la capacité des étudiants à effectuer ce même choix

2. Objectifs

Objectif principal : Améliorer la qualité et la rapidité de choix des étudiants via une formation simple à l'usage du teintier 3D Master.

Objectif secondaire : Identifier les paramètres qui influent sur le résultat du choix (luminosité, saturation, teinte, sexe, expérience…)

3. Méthodes

a) Population d'étude

Les sujets étaient des étudiants inscrits à l'UFR d'odontologie de Bordeaux de 4^{e}, 5^{e}, et 6^{e} années, répartis sur les trois services d'odontologie. Ils se sont présentés à l'étude volontairement.

La population étudiante est intéressante pour les études concernant la perception visuelle, car la prévalence des troubles liés à la fatigue visuelle, la prise de médicaments, et l'âge y est très faible, ce qui limite l'impact de certains biais [51]

b) Déroulement de l'étude

1. Questionnaire à remplir (Test d'Ishihara en 10 planches avec chiffres en annexes).
2. Choix de couleur sur le modèle numéro 1.
3. Formation individuelle sur le choix de la couleur par présentation du mode d'emploi du teintier Vita 3D Master à partir de fiches avec photos (Annexe 1)
4. Choix de couleur sur le modèle numéro 2.

Les deux choix de teinte sont chronométrés et supervisés pour évaluer la conformité au protocole.

Un test d'Ishihara simplifié en 10 « planches » a été réalisé au préalable pour déceler d'éventuelles dyschromatopsies et pouvoir isoler les résultats des étudiants visuellement déficients si jugé nécessaire. [16] [35] [52] [53] [54]

Une évaluation avant-après formation a été faite, avec les quatre choix de couleur et le temps mis pour faire ces choix sur deux modèles de test à l'aide du teintier Vita 3D Master et d'une lampe calibrée.

L'évaluation avant formation fut effectuée sans instructions ni entraînement, avec néanmoins tout le matériel à disposition. La deuxième série de 4 choix de couleur a eu lieu après une formation standardisée à l'usage du Vita 3D Master.

Les évaluations ont été réalisées en aveugle, les étudiants n'étant pas au courant de la couleur des dents présentées sur les modèles.

L'étude s'est déroulée dans une salle isolée des cabinets de soin et éclairée par une lumière naturelle + artificielle (néons).

4. Matériel

Le matériel fourni lors du choix de couleur se composait d'un teintier 3D Master de Vita, d'un éclairage calibré portatif Smile Lite (5500k) [16] [33] [35], d'un fond blanc et 2 modèles présentant 4 dents en résine.

Le choix du teintier s'était porté sur le Vita 3D Master pour des raisons logistiques (disponible dans les 3 pôles hospitaliers) et pratiques (utiliser un teintier familier augmenterait les performances [33], on aura donc un impact maximal de la formation sur les pratiques des étudiants, qui s'en serviront régulièrement).

La lampe calibrée permet de standardiser les paramètres de luminosité ambiante (5500K). [16] [33] [35] [51] Il a de plus été démontré que l'éclairage était un paramètre fondamental dans la réussite de l'exercice, et que plus grande était sa qualité et sa régularité, meilleurs étaient les résultats, surtout chez les personnes commettant le plus d'erreurs [55].

Le choix de couleur a été effectué sur un fond blanc pour des raisons de reproductibilité.

Les modèles de tests étaient des modèles en plâtre de couleur neutre, dans lesquels ont été incluses 4 dents (12, 11, 21 et 23) en résine pour prothèse de marque Vita, chacune de couleur différente et dont l'ordre a été déterminé aléatoirement.

Les dents prothétiques étant fabriquées selon le teintier VITApan classical, on se retrouve donc dans un cas de « best match sélection » signifiant qu'il n'y a pas de correspondance parfaite. On demande donc aux étudiants de choisir la teinte la plus adéquate, et non exacte.

Chacun des deux modèles inclut les teintes 4 r2.5, 2m2,3m2,4m3. Les couleurs étaient les mêmes entre les deux modèles mais réparties sur des dents différentes. Les couleurs jugées « correctes » ont été déterminées de manière visuelle et par usage du Vita Easyshade avec l'aide du Dr. Lasserre.

5. Données recueillies

Les données réunies sont :

- Sexe et âge
- Année d'étude
- Expérience d'utilisation du teintier
- Expérience de remplacement
- Score au test d'Ishihara (cf. test annexe)
- Couleur pour chaque dent (luminosité, teinte et saturation).
- Temps de choix pour chaque dent

Elles ont été compilées sur une fiche standardisée. (Cf. annexe)

6. Analyse

Un score a été calculé par étudiant : par dent, sur 10 points et par modèle, sur 40 points.

Le score global par essai est la somme des scores par dent.

Le score par dent se calcule de la manière suivante :

- 6 pour la luminosité correcte
- 3 pour la saturation correcte
- 1 pour la teinte correcte

Toute erreur sur l'un de ces paramètres se traduit par la perte de tous les points associés à ce même paramètre.

En l'absence d'études similaires préalables à partir desquelles nous pourrions calculer une taille d'échantillon, une taille d'échantillon minimale a été fixée à 90 (30 sujets par année d'étude en moyenne)

Les données ont été compilées sur un fichier Excel. Les calculs ont été effectués avec ce même logiciel, sauf les tests statistiques spécifiques (p-value), déterminés par le Dr Elise Arrivé via un test des rangs de Wilcoxon pour tester les différences entre les choix 1 et 2 et le test de Kruskal-Wallis pour tester les différences entre les groupes (M/F, années).

B. Résultats

1. Description de l'échantillon

Le groupe de test sur lequel se porte l'étude se compose de 91 étudiants, âgés de 21 à 35 ans. On dénombre 56 femmes et 35 hommes, soit respectivement 38.5 et 61.5% du groupe (cf. tableau 1). La moyenne d'âge est de 24.3 ans.

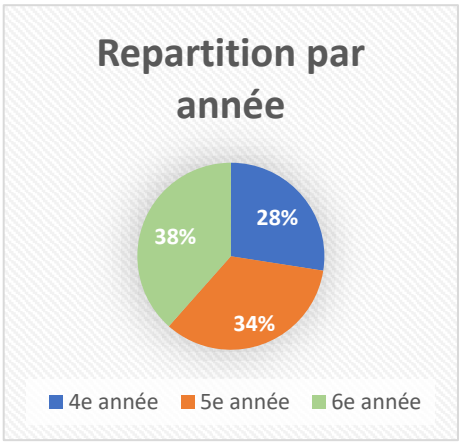
Les étudiants de ce groupe sont tous étudiants à la faculté d'odontologie de Bordeaux, de la 4e à la 6e année. L'échantillon interrogé regroupe 25 (27.47%) étudiants de 4e année, 31 (34.07%) de 5e, et 35 (38.46%) de 6e année. CF tableau1 / graphique 1

Parmi ces étudiants, 28, répartis entre 5e et 6e année déclarent avoir suivi une formation à l'usage des teintiers au cours de leur cursus à l'université, soit 30.76% de l'effectif total. La proportion d'hommes se déclarant comme ayant des notions sur l'usage du 3D Master est supérieure de près de 40% à celle des femmes. 94.28% des étudiants de 6e année (33) avaient déjà effectué un remplacement dans un cabinet libéral au cours de leurs études.

Sur l'ensemble de l'effectif, un seul sujet (1.1%, soit moins que la moyenne rencontrée en population générale) présentait une dyschromatopsie, dont il était déjà conscient avant le dépistage. Ses scores de réussite ont été faibles, respectivement 21 au premier et 23 au deuxième essai, mais sans être les plus bas ou ressortir de façon franche de l'écart-type calculé, et ont donc été incorporés à l'étude.

Tableau 1 : Spécificités de la population d'étudiants

	Global		4ème		5ème		6ème		Masculin		Féminin	
	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%
Total	91	100	25	27,5	31	34,1	35	38,5	35	38,5	56	61,6
Expérience d'usage du 3dM	28	30,8	0	0	9	29,0	19	54,3	13	42,9	15	26,8
Expérience de remplacement	33	36,3	0	0	0	0	33	94,3	12	34,3	21	37,5
Dyschromatopsie suspectée	1	1,1	0	0	0	0	1	2,9	1	2,9	0	0



Graphique 1

2. Réussite de l'échantillon

Concernant la réussite des étudiants, avant et après entraînement, on remarque une amélioration dans la qualité du choix de couleur pour 3 teintes sur 4 ($p<0.0001$), avec pour exception la teinte « 4r2.5 », qui présente les plus faibles scores de réussite avant et après (cf. tableau 2).

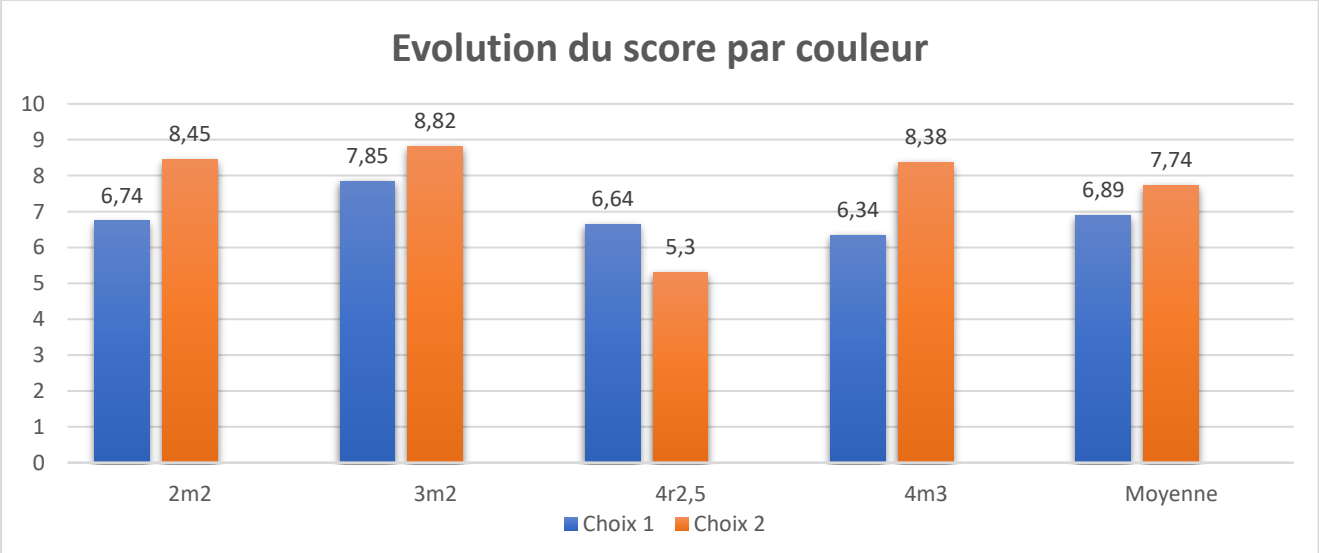
Le score moyen par essai progresse de 27.57 à 30.96 sur un total possible de 40 points, soit 12.29% d'amélioration. Par dent, on passe donc de 6.89 à 7.74 points.

Les choix effectués lors du deuxième essai sur les teintes 2m2,3m2, et 4m3 voient leurs scores de réussite tous supérieurs à 8 sur 10, soit plus de 80% d'adéquation à la couleur proposée. La progression la plus importante est remarquée pour la teinte « 4m3 », avec plus de 2 points supplémentaires.

Les calculs valident une amélioration du score de réussite total à l'étape 2 par rapport à l'étape 1 ($P<0.0001$).

Tableau 2 : Scores moyens de réussite par teinte lors des choix 1 et 2.

	Choix 1		Choix 2		Différence		P-value
	Moyenne	Ecart-type	Moyenne	Ecart-type	Moyenne	Ecart-type	
Score 4r2,5	6,64	2,46	5,30	2,87	+1,34	3,76	0,002
Score 2m2	6,74	1,97	8,45	1,59	-1,71	2,13	<0,0001
Score 3m2	7,85	1,47	8,82	1,23	-0,97	1,89	<0,0001
Score 4m3	6,34	2,71	8,38	1,59	-2,04	2,92	<0,0001
Score global moyen sur 40	27,57	5,76	30,96	7,91	-3,39	9,84	<0,0001



Graphique 2

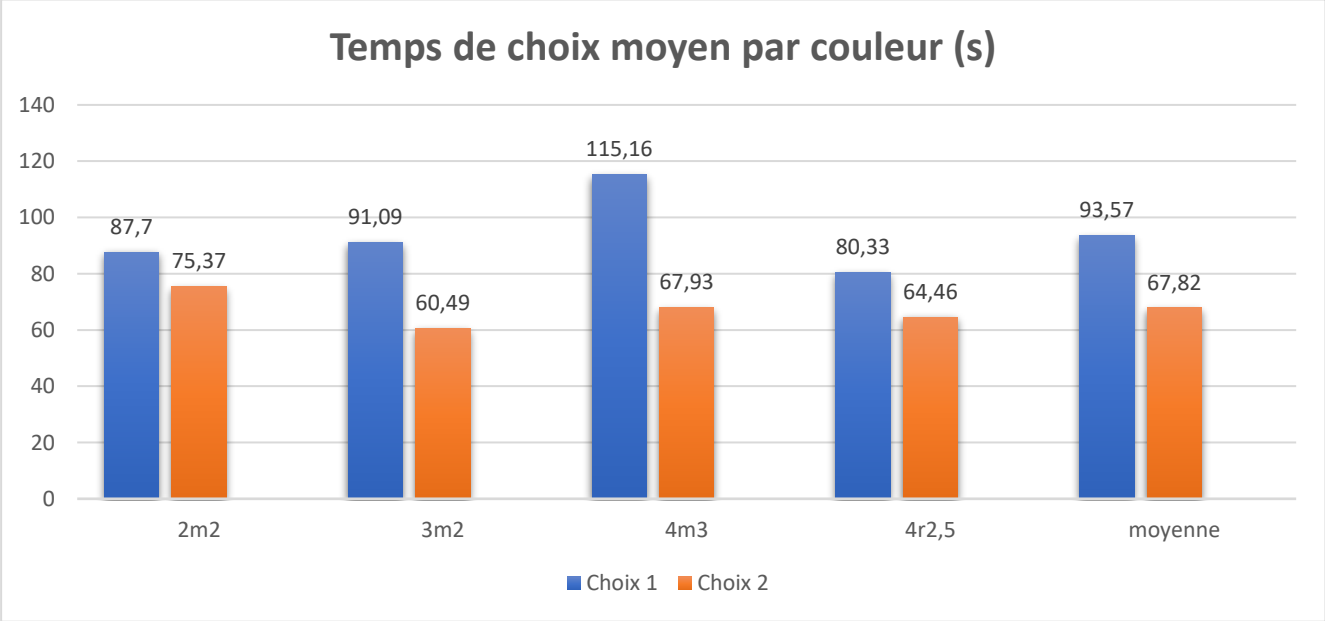
3. Vitesse de choix de l'échantillon

On remarque que le temps moyen de choix par dent diminue avec l'entraînement, passant de 93.57 à 67.82 secondes, soit 27.5% d'amélioration ($p<0.0001$).

La progression est plus importante pour les 3 couleurs dont la luminosité est plus faible et la saturation plus forte et la différence la plus marquée est retrouvée sur la teinte 4m3 avec 47.23secondes d'amélioration. Cette teinte était aussi celle sur laquelle les étudiants passaient le plus de temps lors de l'essai 1. La plus faible progression est sur la teinte 2m2, avec 12,33 secondes, qui devient la teinte pour laquelle le choix est le plus long lors de l'essai 2.

Tableau 3 : Temps de choix par essai et par dent (Secondes)

	Choix 1		Choix 2		Différence		Moyenne	P-value
	Moyenne	Ecart-type	Moyenne	Ecart-type	Moyenne	Ecart-type		
Temps4r2,5	80,33	24,89	64,46	21,74	15,87	24,30	72,40	<0,0001
Temps 2m2	87,70	29,27	75,37	23,28	11,63	24,68	81,54	<0,0001
Temps 3m2	91,09	25,30	60,49	20,80	30,60	20,04	77,29	<0,0001
Temps 4m3	115,16	27,14	67,93	22,66	47,23	27,02	91,55	<0,0001
Temps moyen par essai	93,57	20,31	67,82	17,95	25,75	13,50	80,69	<0.0001



Graphique 3

4. Différences en fonction du sexe

On peut remarquer dans le tableau 4 que cet exercice a été mieux réussi par les étudiantes de sexe féminin lors du premier essai($p<0.02$). L'écart entre les deux sexes se réduit au 2e essai et n'est plus significatif ($p=0.238$). On enregistre une progression du score inter-essais supérieure chez les hommes (non validée statistiquement).

Tableau 4 : Différences de score homme/femme aux essais 1 et 2

	Hommes		Femmes		P-value
	Moyenne	Ecart-type	Moyenne	Ecart-type	
Score global choix 1	25,83	5,39	29,04	5,82	0,017
Score global choix 2	29,66	3,22	32,58	9,72	0.238
Différence	-3,83	+2,17	-3,54	-3,90	0.133

On retrouve dans le tableau 5 (temps homme/femmes) un écart constant entre les 2 essais, qui se creuse au 2e essai. En effet, les femmes sont en moyenne plus rapides de 3.3 secondes au premier essai, et de 4.7 au 2e. L'écart le plus faible se retrouve sur 4m3, couleur pour laquelle le temps de choix est le plus long. Toutefois, cet écart rencontré n'est pas assez marqué pour être significatif statistiquement parlant ($p>0.1$).

Tableau 5 : Comparaison des temps Homme/femme aux essais 1 et 2

	Essai 1		P-value	Essai 2		P-value
	Hommes	Femmes		Hommes	Femmes	
4r2.5	82,89	78,16	0,329	67,57	62,04	0,270
2m2	90,14	85,27	0,490	78,91	72,41	0,142
3m2	93,46	88,57	0,365	65,86	60,61	0,680
4m3	114,83	114,45	0,729	68,49	67,04	0,896
Global	95,33	91,61	0,668	70,21	65,52	0,352

5. Différences en fonction de l'année d'études

Les scores moyens par année (sur 40) sont très similaires lors de l'essai 1, celui des 5e années étant le plus faible (26.94), suivi de celui des 4e année (28.12) et des 6e années (29.26).

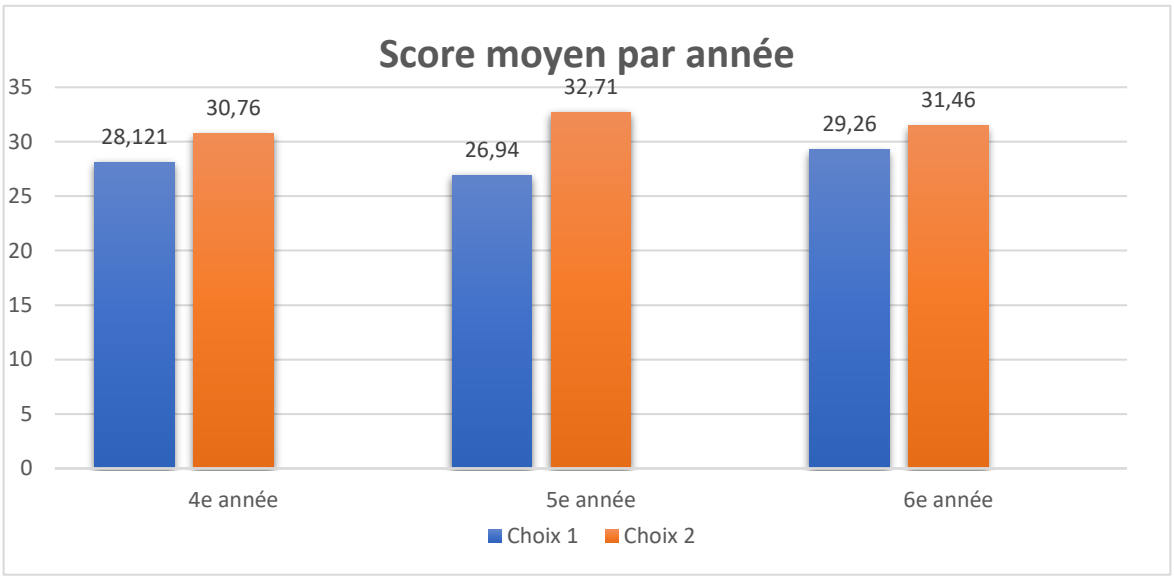
Les résultats du 2e essai sont du même ordre, avec une inversion du classement, les 5e années étant premiers (avec 32.71), suivis par les 6e années (31,46) et les 4e années (30,76).

On constate donc une progression supérieure du score des 5e années (5,77/40) par rapport aux deux autres (2,66 et 2,20 pour les 4e et 6e années respectivement).

On peut noter une très légère supériorité des 6e années concernant la moyenne totale (30,36), mais elle est trop faible pour être significative. Au vu de la p-value ($p>0.05$), on peut affirmer que l'année d'études ne joue pas dans le résultat. (Cf. tableau 6)

Tableau 6 : Score moyen par année d'études aux essais 1 et 2

	4ème année		5ème année		6ème année		P-value
	Moyenne	Ecart-type	Moyenne	Ecart-type	Moyenne	Ecart-type	
Score choix 1	28,12	6,27	26,94	0,34	29,26	5,01	0,339
Score choix 2	30,76	3,65	32,71	0,54	31,46	4,28	0,538
Différence	2,66	5,72	5,77	0,69	2,20	5,34	0,686
Moyenne totale	29,44	4,26	29,82	3,43	30,36	3,82	



Graphique 4

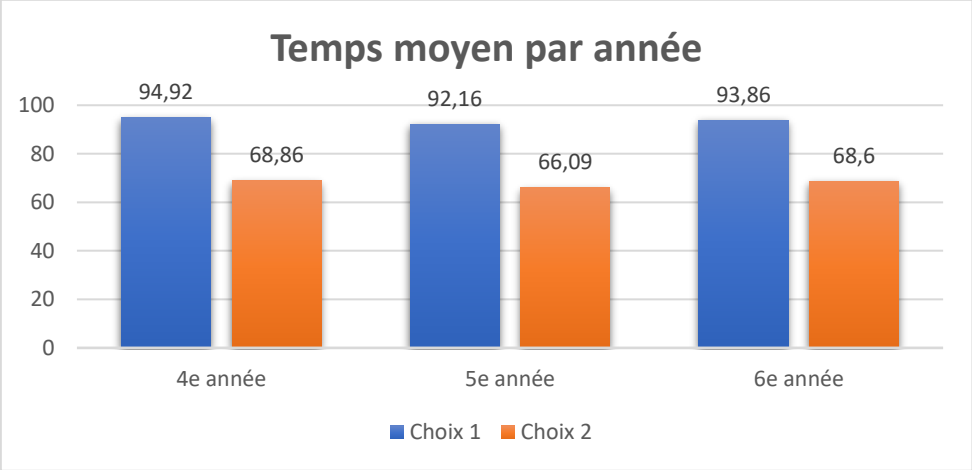
On note une faible variation entre les temps des 3 années, avec un maximum de 2.76 secondes d'écart entre les moyennes les plus espacées, soit moins de 4% d'écart. (Tableaux 7a et 7b). Il n'y a pas de différence statistique de temps entre les 3 années, tant au premier (p=1.000) qu'au 2e essai (p=0.593).

Tableau 7 a : Temps de choix des différentes couleurs lors de l'essai 1 selon l'année d'études

	4e année		5e année		6e année		P Value
	Moyenne	Ecart Type	Moyenne	Ecart Type	Moyenne	Ecart type	
4r2.5	82,36	23,14	78,45	23,59	80,54	27,67	0,616
2m2	90,64	29,52	82,10	29,30	90,57	29,19	0,358
3m2	88,52	23,17	93,90	29,18	90,43	23,49	0,864
4m3	118,16	26,87	114,19	29,37	113,89	25,89	0,865
Moyenne	94,92	16,26	92,16	22,01	93,86	21,80	1,000

Tableau 7b : Temps de choix des différentes couleurs lors de l'essai 2 selon l'année d'études

	4e année		5e année		6e année		P Value
	Moyenne	Ecart-type	Moyenne	Ecart type	Moyenne	Ecart Type	
4r2.5	64,08	18,72	63,65	22,87	65,46	23,27	0,945
2m2	77,52	24,16	75,52	22,46	76,37	23,79	0,709
3m2	62,28	23,06	64,55	20,31	63,43	20,09	0,961
4m3	71,56	19,70	63,65	18,84	69,14	27,28	0,284
Moyenne	68,86	16,54	66,09	17,57	68,60	19,58	0,593



Graphique 5

6. Répartition des erreurs L/S/T

On peut remarquer sur ces deux tableaux (8 et 9) que le nombre d'étudiants faisant plus d'une erreur sur 4 pour la luminosité, saturation, et teinte, diminue entre les deux essais. On passe de 20.9% à 3.3% pour la luminosité, de 76% à 55.7% pour la saturation. Ceci pourrait s'expliquer par la tendance des étudiants à confondre luminosité et saturation lorsque interrogés lors du premier choix.

Tableau 8 : Erreurs rencontrées lors de l'essai 1

Essai 1	Luminosité		Saturation		Teinte	
Erreurs	N	%	N	%	N	%
0	54	59,3	2	2,2	11	12,1
1	18	19,7	20	22,0	35	38,4
2	13	14,3	41	45,0	36	39,6
3	6	6,6	25	27,5	7	7,7
4	0	0	3	3,3	2	2,2

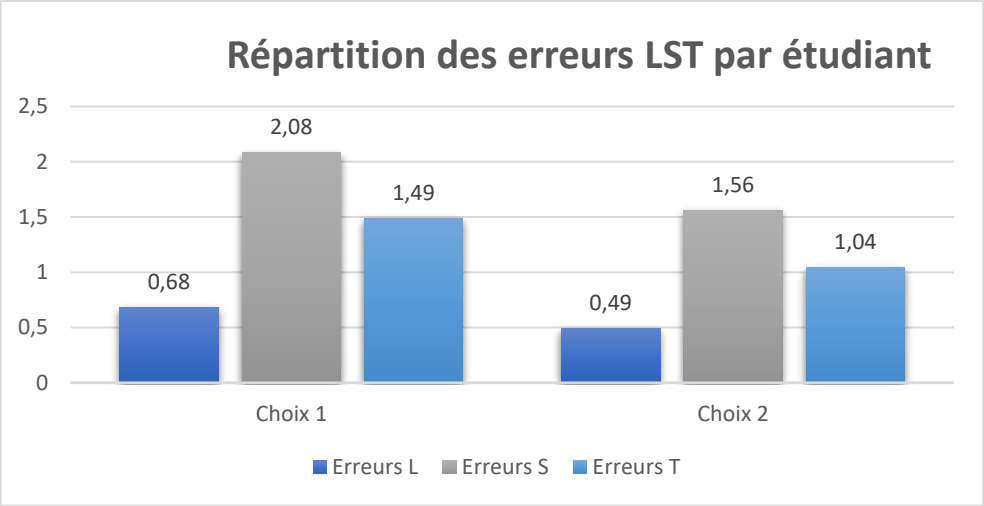
Tableau 9 : Erreurs rencontrées lors de l'essai 2

Essai 2	Luminosité		Saturation		Teinte	
Erreurs	N	%	N	%	N	%
0	49	53,8	13	14,3	19	20,9
1	39	42,9	31	34,0	33	36,3
2	3	3,3	32	35,2	26	28,6
3	0	0	13	14,3	10	11,0
4	0	0	2	2,2	3	3,3

Sur le tableau 10, on peut voir que le nombre moyen d'erreurs par étudiant diminue entre les deux phases de choix. Les catégories les plus affectées sont la luminosité et la saturation, avec respectivement 28 et 25% d'amélioration (graphique 6). Toutefois, on ne constate une amélioration statistiquement significative que pour les erreurs de saturation ($p<0.0001$) Les erreurs de teinte diminuent peu, et leur nombre est du même ordre que les erreurs de saturation (lors de l'essai 2)

Tableau 10 : Répartition moyenne des erreurs par étudiant

	Choix 1		Choix 2		Différence		P-value
	Moyenne	Ecart-type	Moyenne	Ecart-type	Moyenne	Ecart-type	
Nombre erreurs L	0.68	0,95	0.49	0,57	0,19	1,08	0,101
Nombre erreurs S	2.08	0,85	1.56	0,98	0,52	1,28	<0.0001
Nombre erreurs T	1.49	0,89	1.39	1,04	0,10	1,21	0,304



Graphique 6

C. Discussion

L'objectif de cette étude était d'évaluer l'influence de l'éducation, mais aussi du sexe et de l'année d'études sur la capacité des étudiants à effectuer un choix de couleur et la rapidité d'exécution de cet exercice.

1. Dyschromatopsie :

La présence d'un seul étudiant présentant une anomalie de perception colorée est étonnante, et bien en deçà des moyennes attendues en population générale. Une étude menée par Moser faisait même état de 13% de praticiens atteints d'un trouble quelconque de perception colorée. [56]

On peut toutefois noter que malgré sa déficience, on remarque une amélioration de ses performances dans les temps et la précision du choix, ce qu'on retrouve dans les études de Curd [16].

2. Influence du sexe

On remarque dans le tableau 4 que les femmes réussissent mieux que les hommes lors du premier essai ($p<0.05$), puis que cet écart se réduit avec la formation, devenant trop faible pour être significatif. La meilleure réussite des femmes en termes de qualité de choix est un résultat contesté mais retrouvé dans la littérature [2] [16] [37] [57] [58].

Une égalité (statistique) homme-femme comme celle du 2e essai est, elle aussi, retrouvée dans de nombreux articles récents [16] [33] [35] [52] [51].

Ce résultat est peut-être biaisé dû à une plus grande motivation du groupe féminin par rapport au groupe masculin, dont certains membres ont peut-être passé le test sans réelle volonté de le réussir, le test n'étant pas noté. Ce résultat pourrait aussi suggérer que les femmes reçoivent un entrainement au discernement des couleurs plus poussé que celui des hommes au cours de leur vie, et ont donc un discernement acquis supérieur.

L'entraînement donné entre les deux essais aurait pour effet de compenser cet écart dans une moindre mesure, ce qui rejoindrait les études démontrant que le sexe ne joue aucun rôle dans la capacité de perception des nuances colorées [16] [33] [51] [52].

Concernant la rapidité d'exécution, on remarquera que le sexe n'a pas d'influence, avec une p-value $p>0.05$ pour tous les choix. (Cf. tableau 5).

3. Influence de l'année d'études

Au vu des résultats obtenus dans les tableaux 6, 7a et 7b, on peut considérer que l'année d'études n'a pas une influence significative sur la qualité des choix, (p value >0.05) ce qui est corroboré par plusieurs études [2] [16] [52] [53] [54] [55] insistant sur le fait que seul l'entrainement à l'usage d'un teintier particulier joue, et non pas les années de clinique.

On remarquera aussi que l'année d'études n'influe pas sur la rapidité des étudiants lors du choix de teinte ce que l'on peut voir dans les tableaux 7a et 7b.

4. Influence de la teinte

Les résultats décevants associés aux teintes rouges « r » que l'on peut rencontrer dans l'étude (tableau 2/graphique 3) ont été observés dans plusieurs autres études européennes et américaines [16] [37].

La diminution du score associé à cette couleur au cours du deuxième essai pourrait être liée aux difficultés d'appropriation de la technique présentée lorsqu'on introduit un paramètre supplémentaire au choix, les autres étant de teinte « m » ne nécessitant pas d'adapter la teinte après le choix de saturation.

On remarque que les erreurs de luminosité, plus importantes en termes de résultat, sont bien plus rares, même avant formation. En effet, c'est ce paramètre qui conditionne le plus la réussite du choix, et il est plus facile de le percevoir, même sans entraînement. [59]

5. Influence de l'intervention

Au vu des résultats obtenus, on peut affirmer que la formation et l'entraînement ont un impact positif sur le score obtenu, et donc sur la capacité des étudiants à effectuer un choix de couleur. Ces résultats sont en adéquation avec la plupart des études conduites sur le sujet. [2] [16] [33] [53] [51]

Une étude de Capa [32] met en avant l'importance de la pratique régulière du choix de teinte avec un teintier spécifique, en effet, au bout de 6 mois sans entrainement, les résultats des élèves auxquels une formation avait été délivrée ont fortement baissé.

En ce qui concerne le temps de choix, on remarque que ni l'année, ni le sexe ne jouent un rôle significatif dans l'amélioration des performances. Cependant, l'éducation joue un rôle prépondérant, entraînant une diminution importante des délais nécessaires au relevé.

6. Faiblesses

Tout d'abord, on peut reprocher à cette étude la faible population (91 personnes) sur laquelle elle se porte, ce qui ne représente qu'approximativement 25% de la population étudiante de la faculté d'odontologie de Bordeaux effectuant des vacations cliniques (internes non-compris). La population d'étudiants n'était pas homogène (35 hommes,56 femmes), ce qui ne facilite pas les comparaisons inter-sexe ou inter-années.

L'étude présente plusieurs biais possibles :

Premièrement, les étudiants sont passés chacun leur tour sans être isolés de ceux n'ayant pas encore passé le test, laissant une possibilité de tricherie et de communication des résultats obtenus (bien que peu probable, l'épreuve n'étant pas notée et la réussite n'étant pas plus valorisée que l'échec.)

L'examen n'étant pas noté, certains étudiants ont fait preuve d'un manque de motivation et ont eu tendance à bâcler sans nécessairement chercher à répondre juste.

L'examen a eu lieu en Juin, soit en fin d'année de clinique, les élèves de 4^{e} année avaient donc un an d'expérience clinique, ce qui pourrait avoir influencé les résultats inter-années.

Pour des raisons logistiques, l'examen n'a pas pu être effectué sur dents naturelles vivantes, et au fauteuil, ce qui fait qu'il ne reflète pas exactement la réalité.

Pour ces mêmes raisons, le teintier n'a pas été le même lors de chaque choix, or il existe une variabilité inter-teintiers faibles, mais constatée, ce qui peut avoir faussé certains résultats.

VIII. Conclusion :

Le choix visuel à l'aide du 3D Master reste la technique de communication praticien-prothésiste la plus utilisée à la faculté de Bordeaux pour la prothèse fixée, mais on constate un mésusage du teintier malgré les informations fournies lors des cours magistraux.

Cette étude démontre que l'usage d'une plaquette informative simple sur le maniement de ce teintier obtenait des résultats probants, tant en termes de qualité du choix qu'en terme de vitesse, et que seul cet entraînement influe de manière significative sur les performances des étudiants.

Au vu des résultats obtenus, il pourrait être intéressant de fournir cette notice explicative aux étudiants à leur arrivée dans les services de clinique pour leur éviter les principales erreurs liées à une utilisation empirique de ce teintier et de les former peu avant leurs premiers stages, pour tirer le maximum de bénéfices de cette formation.

IX. Annexe

Questionnaire sur le choix de teinte à l'aide du Vita 3D Master.

Nom : ……

Prénom : ……

Age : …….

Sexe : …….

Année : ……

Expérience d'usage du 3dM : oui/non

Expérience professionnelle en remplacement :

Test Ishihara :

Planche	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Résultat										

Couleur modèle 1 :

12 :

11 :

21 :

23 :

Temps :

12 :

11 :

21 :

23 :

Couleur modèle 2 :

12 :

11 :

21 :

23 :

Temps :

12 :

11 :

21 :

23 :

Test isochromatique d'Ishihara

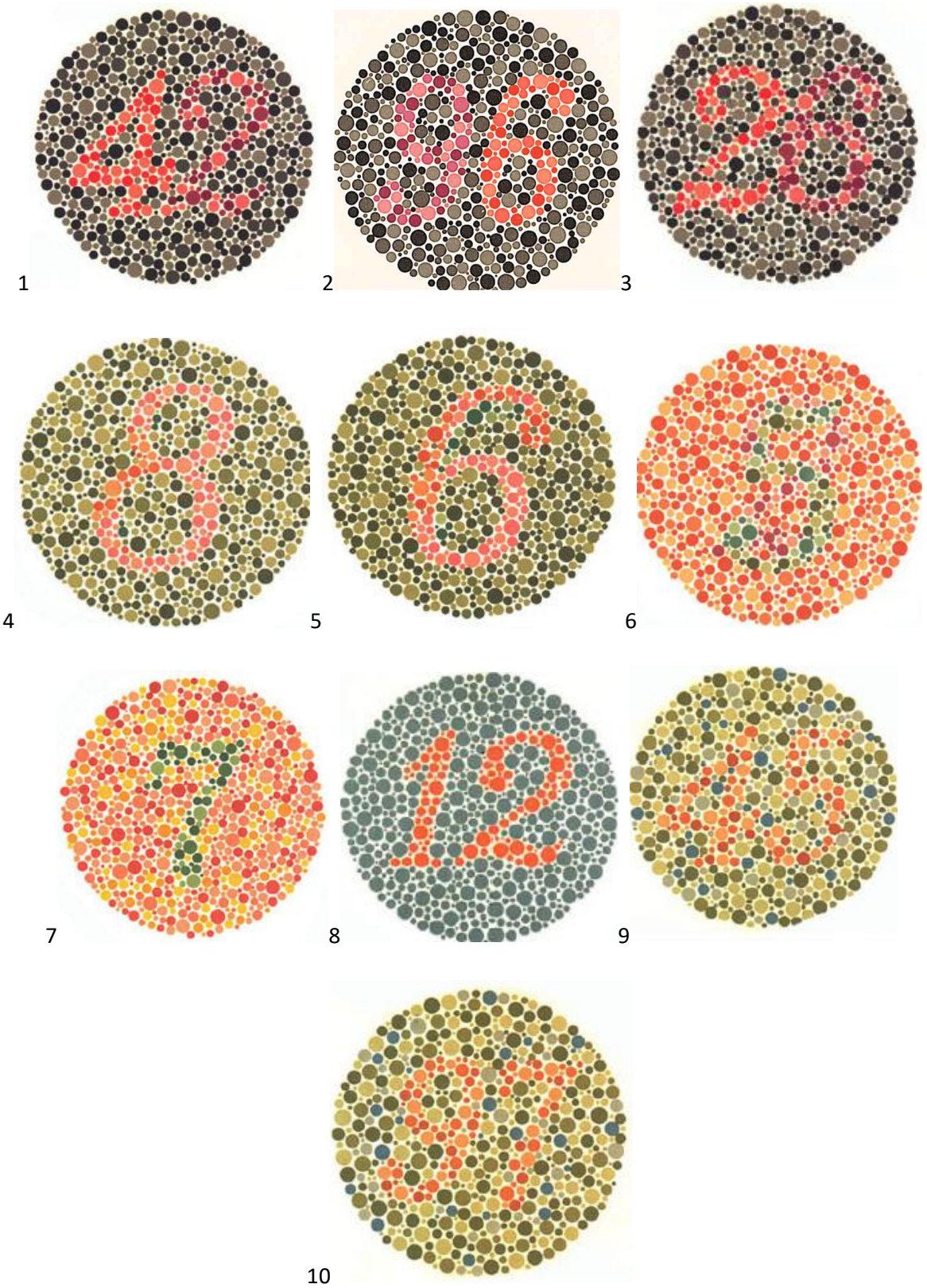


Figure 37

Résultats attendus du test d'Ishihara. [60]

- Planche 1 ,2, et 3 :
  - Résultat « normal » : 42,96,26.
  - Protanopie/protanomalie : 2,9,6.
  - Deutéranopie/deutéranomalie : 4,6,2.
- Planche 4 et 5 :
  - Résultat « normal » : 8, 6.
  - Déficience de vision rouge/vert :3,5.
- Planche 6 et 7 :
  - Normal : 5 et 7
  - Déficience de perception rouge/vert : 2, rien, ou chiffre faux.
- Planche 8 :
  - Tout le monde doit voir le chiffre 12.
- Planche 9 et 10 :
  - Normal : 45, 97
  - Déficience axe rouge/vert : rien, ou chiffre

Modèles utilisés pour l'expérience



Figure 38

Plaquette 3D Master étudiants :

La prise de teinte optimale avec le teintier 3dm se fait en 3 grandes étapes, dans un ordre fixe :

1 : Choix de la Luminosité :

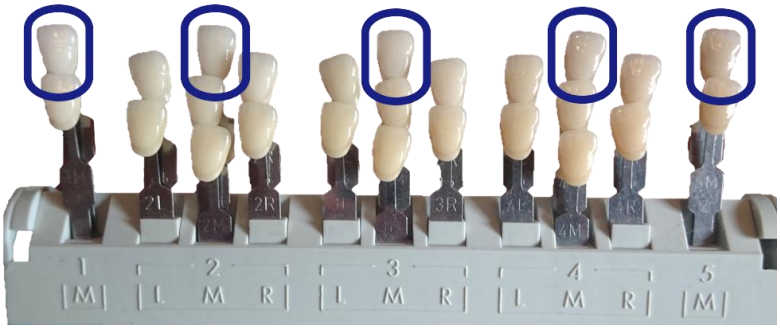


Figure 39

Pour choisir la luminosité, la société Vita conseille de se baser sur les **« Majeures »** de chaque groupe. Ces teintes correspondent à l'échantillon « m » le moins saturé, donc à 0M1, 1M1, 2M1, 3M1, 4M1, et 5M1.

On doit donc comparer la majeure de chaque groupe à la dent de référence, en commençant par 5M1, et **en allant vers les échantillons plus clairs**. Si la majeure choisie est plus sombre que celle du patient, il faut passer à la suivante.

Il est important d'effectuer ce choix **rapidement**, de manière instinctive, et d'éviter d'y revenir. En effet, une fatigue visuelle s'installe vite et diminue l'acuité de perception de la luminosité. Certains auteurs recommandent de se reposer les yeux en regardant un support neutre, gris. On recommande de passer moins de 10 secondes par luminosité au max.

Il est important de positionner l'échantillon dans le même plan que la dent sur laquelle on effectue la prise de teinte. EN effet, un échantillon plus proche paraît plus lumineux, et plus sombre s'il est dans un plan plus éloigné

2 : Choix de la Saturation :



Figure 40

Une fois la luminosité choisie, **on écarte les barrettes des autres groupes**. On prend ensuite uniquement **la barrette centrale**, associée à la majeure du groupe de luminosité choisi. Cette barrette contient 3 échantillons : m1, m2, et m3.

On détermine alors la saturation en comparant l'échantillon M2 à la dent de référence. Si M2 est trop dessaturé, les 3 pièces de l'arc « supérieur » du groupe sont éliminées. Et inversement s'il est trop saturé. Il est conseillé de déplier les teintes de la barrette en **« éventail »** plutôt que de les laisser en ligne.

3 : Choix de la teinte :

Une fois luminosité et saturation déterminées, il faut vérifier l'adéquation de la teinte avec celle de la dent de référence.

Ce teintier laisse trois possibilités : **Plus rouge** (Redder/Right) correspondant à la barrette « R » du groupe de luminosité, M correspondant à la barrette médiane, **et plus jaune** (Less Red/Left) correspondant à la barrette de gauche. Il est à noter que si l'on se retrouve avec une teinte plus rouge ou jaune que l'échantillon, **on peut revenir sur le choix de saturation**, qui n'est pas définitif.



Figure 41

Tableau de données, partie 1 : questionnaire et résultats essai 1

N	Sexe	Age	Année	3DM	Rempla	Ishihara	4r2,51	2M21	3m21	4m31	Total1	L1	S1	T1
1	M	25	6	O	6	10	6	9	9	4	28	1	1	3
2	F	26	6	N	0	10	6	9	6	9	30	0	2	4
3	M	23	5	N	0	10	6	7	9	7	29	0	3	2
4	F	26	4	N	0	10	6	9	7	6	28	0	3	3
5	M	26	6	N	6	10	9	6	7	9	31	0	2	3
6	M	26	6	N	0	10	0	4	4	7	15	3	2	1
7	F	25	6	O	1	10	6	7	9	7	29	0	3	2
8	F	23	5	O	0	10	9	7	7	7	30	0	3	1
9	M	23	5	N	0	10	7	6	7	6	26	0	4	2
10	M	23	6	O	3	10	6	7	9	10	32	0	2	2
11	F	24	6	N	2	10	7	7	7	10	31	0	3	0
12	F	25	6	N	2	10	4	7	9	4	24	2	1	1
13	F	25	6	N	1	10	7	7	9	6	29	0	3	2
14	F	27	6	N	1	10	4	7	7	6	24	1	3	1
15	F	25	6	N	1	10	9	7	9	7	32	0	2	2
16	M	22	4	N	0	10	4	9	7	4	24	2	1	1
17	M	27	4	N	0	10	4	7	7	7	25	1	3	0
18	F	23	4	N	0	10	6	7	7	9	29	0	3	2
19	F	22	4	N	0	10	6	4	7	9	26	1	2	2
20	F	22	4	N	0	10	6	7	7	9	29	0	3	2
21	F	27	5	N	0	10	6	7	4	3	20	2	2	2
22	M	23	5	N	0	10	6	7	10	9	32	0	2	2
23	F	24	5	O	0	10	6	10	9	7	32	0	2	2
24	F	25	6	O	1	10	6	9	10	10	35	0	1	2
25	F	25	6	O	1	10	7	7	7	6	27	0	4	1
26	M	27	6	O	2	10	7	4	10	6	27	1	2	1
27	M	27	6	O	1	10	6	7	10	9	32	0	2	2
28	M	23	4	N	0	10	6	0	10	4	20	2	2	2
29	M	23	5	N	0	10	9	7	7	6	29	0	3	2
30	F	23	4	N	0	10	10	7	9	7	33	0	2	1
31	F	23	4	N	0	10	6	7	7	10	30	0	3	1
32	M	22	4	N	0	10	9	9	7	6	31	0	2	3
33	F	23	4	N	0	10	6	7	7	7	27	0	4	1
34	M	23	6	N	1	10	6	10	7	7	30	0	3	1
35	F	25	6	O	1	10	6	3	7	4	20	2	2	2
36	M	25	6	O	1	10	9	4	7	6	26	1	2	1
37	F	22	4	N	0	10	9	7	7	7	30	0	3	1
38	F	25	6	O	1	10	6	7	9	0	22	1	3	3
39	M	25	6	O	1	10	4	10	7	4	25	2	1	0
40	M	25	6	O	1	10	6	7	7	3	23	1	3	2
41	M	24	5	N	0	10	6	3	7	0	16	2	3	3
42	F	24	5	O	0	10	9	10	7	7	33	0	2	1

43	F	24	5	O	0	10	9	7	7	4	27	1	2	1
44	M	28	5	N	0	10	4	7	10	1	22	2	2	0
45	F	23	5	N	0	10	6	7	9	7	29	0	3	2
46	M	27	5	O	0	10	9	7	7	4	27	1	2	2
47	M	25	5	O	0	10	6	7	7	10	30	0	3	1
48	M	25	5	O	0	10	9	1	9	4	23	2	1	2
49	M	24	5	N	0	10	1	7	10	7	25	1	3	0
50	F	24	5	O	0	10	4	3	7	4	18	3	1	1
51	F	23	5	N	0	10	4	10	10	10	34	1	0	0
52	F	23	5	N	0	10	4	7	9	7	27	1	2	1
53	F	23	5	N	0	10	6	7	7	4	24	1	3	1
54	F	23	5	N	0	10	3	7	7	3	20	2	2	2
55	F	21	4	N	0	10	9	7	9	10	35	0	1	2
56	F	22	4	N	0	10	4	7	7	7	25	1	3	0
57	F	22	4	N	0	10	3	4	7	3	17	3	1	2
58	F	23	5	N	0	10	4	4	7	3	18	3	1	1
59	F	22	4	N	0	10	0	7	4	1	12	3	3	1
60	F	25	5	N	0	10	9	7	7	10	33	0	2	1
61	M	28	4	N	0	10	4	1	7	6	18	2	3	1
62	F	23	5	N	0	10	4	7	7	1	19	2	3	0
63	M	23	4	N	0	10	6	4	7	10	27	1	2	1
64	F	25	6	N	0	10	6	7	9	7	29	0	3	2
65	M	23	5	N	0	10	0	4	7	3	14	3	2	2
66	F	22	4	N	0	10	9	9	7	7	32	0	2	2
67	F	25	6	O	1	10	9	7	9	10	35	0	1	2
68	F	23	4	N	0	10	10	7	10	7	34	0	2	0
69	M	26	6	O	1	10	9	7	7	10	33	0	2	1
70	M	24	5	O	0	10	9	7	7	9	32	0	2	2
71	F	26	6	O	0	10	9	7	7	9	32	0	2	2
72	F	26	6	O	2	10	9	7	10	10	36	0	1	1
73	M	26	6	N	2	10	7	7	10	9	33	0	2	1
74	F	25	4	N	0	10	10	7	9	10	36	0	1	1
75	F	21	4	N	0	10	10	7	10	10	37	0	1	0
76	F	27	6	O	2	10	9	7	7	10	33	0	2	1
77	M	29	6	O	3	10	6	7	9	10	32	0	2	2
78	F	27	6	N	2	10	9	7	7	10	33	0	2	1
79	F	23	5	N	1	10	9	7	7	10	33	0	2	1
80	F	35	5	N	0	10	9	10	7	9	35	0	1	2
81	M	25	6	N	0	10	6	9	9	9	33	0	1	4
82	M	22	4	N	0	10	10	3	9	9	31	1	0	3
83	M	22	5	N	0	10	4	7	10	9	30	1	1	1
84	M	26	6	N	0	1	4	7	4	6	21	2	2	1
85	F	23	6	N	1	10	7	7	9	9	32	0	2	2
86	F	24	5	N	0	10	10	7	9	9	35	0	1	2
87	F	23	6	O	1	10	10	7	10	10	37	0	1	0

88	F	23	5	O	0	10	9	7	7	10	33	0	2	1
89	F	26	6	O	3	10	10	7	9	7	33	0	2	1
90	F	23	4	N	0	10	9	7	9	7	32	0	2	2
91	F	23	4	N	0	10	9	10	7	9	35	0	1	2

Tableau de données partie 2 : résultats essai 2 et temps essai 1/2

4m32	4r2,52	2m22	3m22	Total2	L2	S2	T2	T4r2,51	T2m21	T3m21	T4m31	T4m32	T4r2,52	T2m22	T3m22
9	6	6	9	30	0	2	4	70	98	70	107	90	85	61	58
9	6	9	10	34	0	1	3	80	180	105	110	80	77	62	68
9	10	9	7	35	0	1	2	80	60	105	120	70	77	80	120
10	7	9	7	33	0	2	1	84	116	97	110	49	85	105	94
10	7	9	9	35	0	1	2	90	97	89	120	45	31	19	26
9	0	7	7	23	1	3	2	11	53	61	84	30	77	82	55
7	10	9	9	35	0	1	2	136	92	87	130	120	108	80	65
9	3	9	9	30	1	0	4	69	8	73	81	62	19	51	43
4	7	10	9	30	1	1	1	122	132	157	164	81	77	48	72
7	9	9	9	34	0	1	3	81	99	60	134	79	57	114	80
7	9	9	9	34	0	1	3	73	99	108	113	81	70	81	65
9	6	7	7	29	0	3	2	91	102	93	126	81	60	77	70
9	6	10	9	34	0	1	3	100	91	87	113	57	61	80	55
7	6	7	9	29	0	3	2	110	80	114	92	81	73	75	69
9	7	9	9	34	0	1	3	58	84	90	119	60	59	71	60
7	6	10	7	30	0	3	1	84	110	113	80	81	73	80	90
7	6	7	10	30	0	3	1	87	89	112	140	80	69	90	117
7	7	9	9	32	0	2	2	87	93	102	135	73	71	82	69
7	7	9	7	30	0	3	1	86	110	75	132	75	69	85	65
9	6	9	9	33	0	1	4	75	90	124	101	77	61	79	59
7	4	9	10	30	1	1	1	62	134	109	121	78	72	88	71
7	9	7	10	33	0	2	1	82	93	83	131	65	80	90	56
7	7	10	10	34	0	2	0	82	79	97	127	61	70	80	58
9	3	10	10	32	1	0	2	77	93	89	121	75	80	86	63
9	9	10	10	38	0	0	2	67	85	112	125	79	73	80	62
10	6	7	9	32	0	2	2	80	95	99	120	72	68	84	65
10	7	10	9	36	0	1	1	80	96	100	113	69	65	88	63
7	10	7	7	31	0	3	0	82	97	103	109	72	63	90	67
9	6	7	10	32	0	2	2	131	90	91	130	74	67	83	67
7	9	10	7	33	0	2	1	81	96	98	117	70	72	80	69
10	7	7	10	34	0	2	0	83	117	77	138	70	65	90	62
7	7	10	9	33	0	2	1	87	103	95	112	77	80	82	62
10	7	7	10	34	0	2	0	81	97	103	108	92	57	85	73
3	10	9	7	29	1	1	2	80	103	99	129	77	69	90	67

7	4	10	7	28	1	2	0	92	107	129	132	87	62	72	84
10	9	7	7	33	0	2	1	88	90	93	108	70	39	42	60
10	4	3	10	27	2	0	1	83	70	93	112	73	69	85	68
7	6	10	10	33	0	2	1	48	63	55	40	59	60	57	70
7	6	10	10	33	0	2	1	82	93	102	131	35	93	60	95
10	4	7	7	28	1	2	0	108	122	90	121	92	79	89	70
7	9	4	7	27	1	2	1	61	58	42	64	71	63	87	52
9	6	10	7	32	0	2	2	88	104	82	127	74	66	80	80
10	6	7	9	32	0	2	2	83	68	140	90	75	60	88	62
9	7	7	7	30	0	3	1	45	75	87	102	49	58	65	47
7	4	7	10	28	1	2	0	62	49	68	173	45	60	33	55
10	9	7	7	33	0	2	1	84	100	99	121	75	69	85	71
10	9	10	7	36	0	1	1	91	103	118	131	82	84	102	87
10	4	7	10	31	1	1	0	96	96	132	72	35	78	90	57
7	4	7	10	28	1	2	0	55	31	40	100	58	60	67	52
7	9	7	9	32	0	2	2	81	100	90	131	70	93	58	80
10	6	7	7	30	0	3	1	95	102	80	135	70	82	85	66
7	4	7	10	28	1	2	0	81	94	101	122	78	62	87	67
10	6	9	10	35	0	1	2	80	92	103	117	78	62	90	57
7	6	10	9	32	0	2	2	80	96	101	128	75	65	81	70
10	6	7	9	32	0	2	2	89	102	88	127	75	59	91	66
7	0	10	7	24	1	3	1	82	101	67	102	87	65	90	70
10	6	10	9	35	0	1	2	86	18	98	182	73	69	25	75
10	0	7	10	27	1	2	1	109	125	132	160	102	99	112	95
4	0	7	10	21	2	2	1	30	27	45	64	60	35	31	21
10	0	9	9	28	1	1	3	81	62	59	74	58	11	42	39
7	7	7	7	28	0	4	0	121	96	129	138	107	79	108	80
10	4	7	10	98	1	1	0	95	110	115	136	98	93	102	81
7	1	10	7	25	1	3	0	102	118	122	145	97	91	108	87
10	10	10	9	39	0	0	1	118	133	137	157	110	106	116	99
7	7	7	9	30	0	3	1	55	70	74	94	45	59	49	41
10	7	10	10	37	0	1	0	132	47	57	136	41	31	44	38
7	0	7	7	21	1	4	1	42	57	68	82	34	31	46	25
9	4	10	7	30	1	1	1	57	72	76	97	49	45	62	41
7	3	9	10	29	1	1	2	127	138	117	145	112	101	121	99
10	3	7	10	30	1	1	1	47	52	61	101	27	19	28	30
9	3	9	10	31	1	0	3	62	76	116	138	95	86	67	48
10	3	10	10	33	1	0	1	56	71	75	146	43	27	62	41
9	6	9	10	34	0	1	3	40	46	47	81	34	30	45	26
9	4	9	10	32	1	0	2	121	134	49	81	33	29	121	38
10	4	10	10	34	1	0	0	57	72	76	144	50	47	53	41
7	3	10	10	30	1	1	1	103	72	121	97	97	92	107	88
7	3	10	9	29	1	1	2	102	72	85	136	57	84	100	50
9	1	10	10	30	1	1	1	21	13	31	45	4	12	31	26
7	3	7	7	24	1	3	1	32	51	59	52	31	27	42	21

10	3	10	10	33	1	0	1	62	113	86	137	55	52	68	68
7	3	10	9	29	1	1	2	96	78	116	104	89	52	65	83
10	3	9	9	31	1	0	3	91	107	87	103	84	81	73	53
9	0	10	9	28	1	1	3	67	83	111	132	61	57	96	77
7	3	4	9	23	2	1	2	96	112	82	97	55	51	101	81
10	0	9	7	26	1	2	2	93	83	87	132	60	81	96	52
10	1	10	10	31	1	1	0	126	51	147	83	31	102	44	97
10	10	10	10	40	0	0	0	58	126	78	142	14	47	105	43
10	3	7	7	27	1	2	1	48	64	69	84	39	30	47	62
7	10	7	10	34	0	2	0	103	71	73	96	97	45	61	89
10	3	10	9	32	1	0	2	45	53	65	86	38	35	49	21
7	1	10	10	28	1	2	0	46	131	62	155	106	102	50	31

X. Iconographie

Figure 1 : le cercle de la couleur selon Newton :
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Newton%27s_colour_circle.png consultée le 1.1.2018. Libre de droits.

Figure2 : Le spectre du visible :

http://www.elementschimiques.fr/?fr/decouverte/spectroscopie Par Stephane Pereck.

Figure 3 : Synthèse additive : https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Synthese%2B.svg.

Par Quark67 [GFDL (http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html) ou CC BY-SA 3.0 (https://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0)], de Wikimedia Commons

Figure 4 : Synthèse soustractive : https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Synthese-.svg

By Quark67 [CC BY-SA 2.5 (https://creativecommons.org/licenses/by-sa/2.5)], via Wikimedia Commons

Figure 5 : Cercle d'Itten : par MalteAhrens pour Wikipédia

https://fr.wikipedia.org/wiki/Johannes_Itten#/media/File:Farbkreis_Itten_1961.svg

Figure 6 : Système colorimétrique de Munsell : par Jacobolus pour Wikipédia
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Munsell-system.svg Munsell-system. Consulté le 2.11.2017

Figure 7 : Espace colorimétrique Cie L*a*b : https://www.normaprint.fr/blog/modeliser-la-couleur-n8

Figure 8 : Organisation du système Cie L*a*b : The principle of the CIELAB colour space par Nilsjohan pour Wikipedia
https://fr.wikipedia.org/wiki/CIE_L*a*b*#/media/File:The_principle_of_the_CIELAB_colour_space.svg

Figure 9 : Diagramme de chromaticité de la CIE xy, 1931 avec les ellipses de McAdam

MacAdam (1942) ellipses plotted on the CIE xy 1931 chromaticity diagram. Data taken from Günter Wyszecki and Walter Stanley Stiles, Color Science: Concepts and Methods, Quantitative Data and Formula (2nd edition), Wiley-Interscience. (July 28, 2000). ISBN 0-471-39918-3, Table 2(5.4.1).

https://commons.wikimedia.org/wiki/File:CIExy1931_MacAdam.png#

Figure 10 : Représentation de la « Banane chromatique » dans l'espace colorimétrique : Antoine Darses, inspiré de : **Balterz A, Vanik KJ** La définition des teintes de dents. Quintessence zahntechnik 2004 ;30 :725-740

Figure 11 : Température de couleur par Antoine Darses.

Figure 12 : Coupe transversale de l'œil humain par Talos pour Wikipédia :

[GFDL (http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html) ou CC BY-SA 3.0 (https://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0)], de Wikimedia Commons

https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Sch%C3%A9ma_%C5%93il_humain.svg

Figure 13 : Cônes et bâtonnets, schéma simplifié par Pancrat pour Wikipédia

: [GFDL (http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html) ou CC BY-SA 3.0 (https://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0)], de Wikimedia Commons

https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Cone_rode.svg?uselang=fr

Figure 14 : Transduction du signal lumineux :
http://lecerveau.mcgill.ca/flash/d/d_02/d_02_m/d_02_m_vis/d_02_m_vis.htm

Figure 15 : sensibilité des 3 types de cônes et des bâtonnets en fonction de la longueur d'onde de la lumière. Par Pancrat pour wikipédia :

[GFDL (http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html) ou CC BY-SA 3.0 (https://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0)], de Wikimedia Commons

https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Spectre_absorption_des_cones.svg

Figure 16 : Perception en fonction des pathologies visuelles.
http://www.colorvisiontesting.com/what%20colorblind%20people%20see.htm
https://www.toptal.com/designers/colorfilter consulté le 3.03.2017

Figure 17 : Test « 15 Hue désaturé » de Lanthony : prise par l'auteur.

Figure 18 : Morceau d'opale brute, par Dpulitzer pour Wikipédia

[GFDL (http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html) ou CC BY-SA 3.0 (https://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0)], de Wikimedia Commons

https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Coober_Pedy_Opal_2.jpg consulté le 2.2.2018

Figure 19 : Etat de surface Antoine Darses, d'après www.canstockphotos.fr

Figure 20 : Vitapan Classical https://www.vita-zahnfabrik.com/fr/Teintier-VITA-classical-A1-D4-39700,27568.html consulté le 2.2.2018

Figure 21 : Teintier Chromascop d'Ivoclar vivadent. http://www.ivoclarvivadent.com.mx/es-mx/chromascopç-shade-guide-2 consulté le 2/6/2017

Figure 22 : Teintier Vita 3Dmaster : https://www.vita-zahnfabrik.com/fr/VITA-Toothguide-3D-MASTER-26231,27568.html vu le 2.2.2018

Figure 23 à 25 : Utilisation du Vita 3dmaster, par Antoine Darses.

Figure 26 : Teintier Vita Linearguide, dans sa boîte de stockage. https://www.vita-zahnfabrik.com/fr/VITA-Linearguide-3D-MASTER-26201,27568.html consulté le 5.2.2018

Figure 27 : Teintier Vita Linearguide, déballé. http://blog.kq88.com/48463.html vu le 2.2.2018.

Figure 28 : Caméra intrabuccale Sopro 717 : https://www.promodentaire-equipement.com/article_sopro_717_first_acteon_97324_1066_1086.html

Figure 29: Shofu ShadeEye:
http://www.americasdentalbookstore.com/articles/CosmeticDentistry/ShadeMatchingTechnology.htm

Figure 30: Shadescan Cynovad: https://www.researchgate.net/figure/ShadeScan-Cynovad-Montreal-Canada-display_fig3_231740151

Figure 31 : Spectroshade micro MHT : http://www.medicalexpo.fr/prod/mht-optic-research/product-75058-464658.html

Figure 32 et 33 : Shadepilot Dégudent et son affichage. Source : PDF commercial Dégudent :

https://www.google.fr/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=0ahUKEwj285WNkJ7ZAhWEWRQKHalPAyQQFggrMAA&url=http%3A%2F%2Fwww.degudent.com%2FCommunication_and_Service%2FDownload%2FShade_Measuring_Technique%2FShade_Measuring_Technique%2Fshadepilot_brochure_en.pdf%3FZ_highmain%3D1%26Z_highsub%3D3%26Z_highsubsub%3D0&usg=AOvVaw1CbYpntm1OfuxKiyPUP4Em

Figure 34 et 35 : ZFX Shade et son affichage : http://www.zfx-dental.com/fr/zfx-shade-0

Figure 36: Vita Easyshade https://www.vita-zahnfabrik.com/fr/VITA-Easyshade-26935,27568.html

Figure 37: test isochromatique d'Ishihara (version simplifiée, d'après les planches du Dr Shinobu Ishihara)

Figure 38: Modèles de test, photographiés par le Dr Lasserre Jean-François.

Figure 39,40,41: Utilisation du 3d Master, par Antoine Darses.

XI. Bibliographie :

[1] Kawaragi C, Ishikawa S,Miyoshi F et Al. Evaluation by dentists and patients concerning the color of porcelain-fused-to metal restorations**.** Dent J Iwate Med Univ 1990; 15: 9-17

[2] Jaju RA, Nagai S,Karimbux N et al. Evaluationg tooth color matching ability of dental students.J Dent Educ 2010 ;74 (9) : 1002-1010

[3] Tirlet G,Attal JP,Savard G La dentisterie esthétique : pourquoi maintenant ? Le Fil dentaire 2007 ;23 : 20-22

[4] Lasserre JF et Pop Is La couleur en odontologie : déterminations visuelles et instrumentales Cahiers de prothèse 2006 ;135 :75-82

[5] Itten J. Art de la couleur. Edition abrégée. Dessaim et Torla, 2009 ;192p.

[6] Munsell AH. A grammar of color. New York: Van Nostrand Dreinhold,1969.

[7] D'incau E, Pia JP, Pivet J. Couleur et choix de la teinte en odontologie. JPIO Esthétique en Odontologie– 2014 ; 41-55

[8] http://lecerveau.mcgill.ca/flash/d/d_02/d_02_m/d_02_m_vis/d_02_m_vis.html vu le 2.2.2018

[9] Taillet R, Villain L et Febvre P, Dictionnaire de physique, Bruxelles, De Boeck, 2013, p. 152

[10] Balterz A, Vanik KJ La définition des teintes de dents. Quintessence zahntechnik 2004 ;30 :725-740

[11] Sikri VK. Color : implications in dentistry. J Conserv Dent 2010 ;13 (4) : 249-255

[12] Lasserre JF. Les 7 dimensions de la couleur des dents naturelles Clinic 2007 ;28 :417-430.

[13] Lasserre JF, Pineau S. Les fondamentaux de la couleur Prise de teinte Des techniques conventionnelles aux techniques électroniques. Paris ADF 2010. p. 5-30.

[14] Yamamoto M The value conversion system and a new concept for expressing the shades of natural teeth Quint Dental Tech 1992; 19: 2-9

[15] Perez M, Ghinea R, Herrera LJ, Ionescu AM, Pomares H, Pulgar R, et al. Dental ceramics: a CIEDE2000 acceptability thresholds for lightness, chroma and hue differences. J Dent 2011;39 :37-44

[16] Curd F, Jasinevicius T Roma. Comparison of the shade matching ability of dental students using two light sources. J Prosth Dent. 2006 ;96 :391-6

[17] Douglas R, Steinhauer T,Wee A. Intraoral determination of the tolerance of dentists for perceptibility and acceptance of shade mismatch. J Prosthet Dent 2009 ;7 :57-63

[18] Paravina R, Ghinea R, Herrera LJ,et Al. Color difference tresholds in dentistry J Esthet Restor Dent 2015; 27 s1: S1-S9

[19] https://fr.wikipedia.org/wiki/Indice_de_rendu_de_couleur

[20] https://www.energie-environnement.ch/maison/eclairage-et-piles/tube-lumineux/201

[21] https://fr.wikipedia.org/wiki/Couleur_m%C3%A9tam%C3%A8re

[22] McGeown JG. Physiologie : l'essentiel. Collection sciences fondamentales. 2003 ; 266-270

[23] https://fr.wikipedia.org/wiki/Th%C3%A9orie_de_Young%E2%80%93Helmholtz

[24] Fu Y. Phototransduction in Rods and Cones. 2010 Apr 1. In: Kolb H, Fernandez E, Nelson R, editors. Webvision: The Organization of the Retina and Visual System [Internet]. Salt Lake City (UT): University of Utah Health Sciences Center; 1995

[25] Lasserre JF, Amine M, Koubi S et col. La fluorescence : une dimension essentielle dans le mimétisme des restaurations céramiques Réalités cliniques 2010 vol 21 n°4

[26] Leid J et coll. Les dyschromatopsies. Bull. Société d'Ophtalmologie de France, n0 spécial nov. 2001 : 17-20

[27] Picard G. Couleurs et dyschromatopsies en Odontologie, méthode d'évaluation des dyschromatopsies chez le chirurgien dentist. Thèse université de Bordeaux 2 no 19; 2006; 169p.*

[28] Land EH. The retinex theory of color vision. Sci Am 1977 ;237 :108-28.

[29] Lasserre Jf, Leriche MA. L'illusion du naturel en prothèse fixée. Cah Prothèse 1999; 108: 7-21

[30] Matsumoto H, Kitamura S, Araki T, Autofluorescence in human dentine in relation to age, tooth type and temperature measured by nanosecond time-resolved fluorescence microscopy. Arch Oral Biol. 1999; 44: 309-318.

[31] Sieber C. Motivation. Vita Siggset print and media AG, édit 2005

[32] Paravina RD. Evaluation of a newly developed visual shade-matching apparatus. Int J Prosthodont 2002;80:642-8

[33] Della Bona A, Barrett A, Rosa V, Pinzetta C. Visual and instrumental agreement in dental shade selection: Three distinct observer populations and shade matching protocols. Dent Mater. 2009 Feb ;25(2) :276-81

[34] Dental Office Lighting http://www.dentistrytoday.com/restorative/photography/1631--sp-344655444 consulté le 4 .02.2017

[35] Nakhaei M, Ghanbarzadeh J, Keyvanloo S, Alavi S, Jafarzadeh H. Shade matching performance of dental students with three various lighting conditions**.** J Contemp Dent Pract 2013 ;14 :100-3.

[36] Pizzamiglio E. A color selection technique. J Prosth Dent 1991; 66(5): 592-596

[37] Lehmann K ,Paravina R et Al. Comparison of visual shade matching and electronic color measurement device. Int J Esthet Dent. 2017 ;12(3):396-404

[38] Dozic A, Kleveraan CJ, Aartman IH, Felizer AJ Relation in color of three regions vital human incisors. Dent Mater J 2004 ;20 :832-8

[39] Vollmann M. Vitapan 3-D Master: theory and practice. Quintessence Dent Assoc 1999 :43-53

[40] Yuan JC, Brewer Monaco Jr EA,Davis EL. Defining a natural tooth color space based on a 3-dimensional shade system**.** J prosthet dent 2007 ;98 :110-9

[41] Corcodel N et Rammelsberg P. The linear shade guide design of the vita 3d master performs as well as the original design of the vita 3dmaster. J Oral Rehab 2010 ;37(11) :860-865.

[42] Kim-Pusateri S, Brewer JD, Davis EL, Wee AG. Reliability and accuracy of four dental shade-matching devices**.** J Prosthet Dent 2009; 101: 193-199.

[43] Brewer, Wee, Seghi Advances in color matching Dent Clinic of N. America 2004;48(2):341-358.

[44] Paul S, PeterA , Pietrobon N, Hämmerle CHF. Visual and spectrophotometric shade analysis of the human teeth. JDent Res 2002 ;81 :578-82

[45] http://www.mht.ch/index.php?uri=micro.html consulté le 5.2.2017

[46] http://www.zfx-dental.com/fr/zfx-shade-0 **consulté** le 5.2.2017

[47] Posavic, Prpic, Zlatari. Influence of Light Conditions and Light Sources on Clinical Measurement of Natural Teeth Color using VITA Easyshade Advance 4,0® Spectrophotometer. Pilot Study.Acta Stomatol Croat. 2016;50(4):337-347.

[48] Dozic A, Kleverlaan CJ, El-Zohairy et Al. Performance of five commercially available tooth color measuring devices. J Prosthodont 2007 ;16 :93-100

[49] Olms C, Klinke T, Pirek P, Hannak W. Randomized multi-centre study on the effect of training on tooth shade matching. J Dent 2013 ; 41 :1259–1263.

[50] Pecho OE, Pérez MM, Ghinea R, Della Bona A. Lightness, chroma and hue differences on visual shade matching. Dent MaterJ 2016 ;32 :1362-1373.

[51] Clary J, Ontiveros J, Cron S, Paravina R, Influence of light source, polarization, education, and training on shade matching quality. J Prosthet Dent 2016 116 (1); 91–97

[52] Salma A. Bannahan Shade matching quality among dental students using visual and instrumental methods. J Dent 2014; 42: 48-52

[53] Olms C, Klinke Th, Pirek P et Al. Randomized multi-centre study on the effect of training on tooth shade matching. J Dent 2013; 41: 1259-1263

[54] Capa N, Malkondu O, Kazazoglu E, Calikkocaoglu S. Effects of individual factors and the training process of the shade-matching ability of dental students. **J Dent Sci 2011; 6: 147-152**

[55] Gáspárik C, Tofan A, Culic B, Badea M, Dudea D Influence of light source and clinical experience on shade matching Clujul Med. 2014; 87(1):30-33.

[56] Moser JB, Wozniak WT, Naleway CA, Ayer WA. Color vision in dentistry: a survey. J Am Dent Assoc. 1985 Apr ;110(4):509-10

[57] Haddad H, Holger A, Jakstat H, Arnetzl G, Borbely J, Vichi A, Dumfahrt H. Does gender and experience influence shade matching quality? J Dent 2009; 37:40–44

[58] Gómez-Polo C, Portillo Muñoz M, Lorenzo Luengo MC, Vicente P, Galindo P, Martín Casado AM. Comparison of the CIELab and CIEDE2000 color difference formulas. J Prosthet Dent. 2016; 115: 65-70.

[59] Llena C, Forner L,et Al Toothguide Training Box for dental color choice training. J Dent Educ 2011 ; 75: 360-364

[60] http://daltonien.free.fr/daltonien/article.php3?id_article=6

université de BORDEAUX

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.

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 :

Antoine DARSES Le 4/06/2018

Thèse pour l'obtention du DIPLOME d'ETAT de DOCTEUR en CHIRURGIE DENTAIRE 2018 n°

Esthétique

Education au choix visuel de couleur sur une population d'étudiants en odontologie

Résumé : L'effet de l'éducation et de l'entraînement sur le choix de couleur est connu depuis des années. Le but de cette thèse était de montrer aux étudiants de la faculté d'odontologie de Bordeaux une technique simple et reproductible pour le choix de couleur avec le Vita 3D Master ; et d'évaluer leurs progrès. 91 étudiants, de la 4e à la 6e année, ont participé à l'étude. Ils ont effectué 2 séries de 4 choix de couleur sur 2 modèles, une avant formation, l'autre après. Ils ont été évalués en termes de vitesse (sec.) et de précision de choix (/40 pts). Les tests one eu lieu sous lumière calibrée (5500k) et sur fond neutre. Le score du premier test était de 27,57pts pour 374,28 sec en moyenne, celui du 2e de 30,96 pour 271,28 sec. On remarque un effet positif de la formation sur la précision et la rapidité de choix ($p<0.0001$). Le sexe des participants joue un rôle au premier essai, les femmes étant plus précises que les hommes ($p<0.1$), mais cet écart n'est pas retrouvé au 2e essai. L'année d'études n 'a pas d'influence. Les résultats obtenus suggèrent l'utilité d'une formation préclinique à la prise de teinte au cabinet.

Mots-clés : Prise de teinte, Choix visuel de couleur, Vita 3D Master, Esthétique, Couleur, Education.

Visual color matching education of a dental student population

Abstract: The positive effect of education and training on color matching has been known for years. The aim of this thesis was to provide dental students with a simple technique for visual color matching using the Vita 3D Master. The study involved 91 students, from 3rd to 6th year. They were tasked to perform color matching on two sets of four teeth, before and after a quick lesson on shade matching. Their performance was evaluated through two parameters: accuracy of choice, and speed. The study took place in a controlled lighting environment (5500k), over a neutral background. The group got an average of 27,57 out of 40 points in 374,28 sec on the first set, and 30,96pts in 271.28 sec on the second; showing the results of education on their color matching skills ($p<0.0001$). The clinical experience of the students plays no part in their results. However, before training, sex does, as the women tend to better ($p<0.001$). The results after training show no difference between genders. These results suggest that color matching should be taught before the students start their clinical practice.

Keywords: Dental color matching, Vita 3D Master, Esthetic dentistry, Education, Color, Best match selection.

Université de Bordeaux – Collège des Sciences de la Santé

UFR des Sciences Odontologiques

16-20 Cours de la Marne

33082 BORDEAUX CEDEX