



République Algérienne Démocratique et Populaire

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la
Recherche Scientifique

Université Mouloud MAMMERI de Tizi-Ouzou
Faculté de Médecine de Tizi-Ouzou

Département Médecine Dentaire

PROJET DE FIN D'ETUDE

Présenté et soutenu publiquement le : 24 Juin 2019

En vue de l'obtention du diplôme de Docteur en Médecine Dentaire

Thème

Perception et choix de la couleur en prothèse fixée

Réalisé par :

- SERKHANE Célia
- HADDADI Fatma
- AMZAL Kamelia
- MOKRANI Fatma

Encadré par :

Dr. L. HANOUCHE

Présidente du jury : - Dr. A. MEKKID

Examinatrice : - Dr. S. BOUBRIT



Remerciements

Nous tenons à remercier avant tous Allah le tout puissant, pour la force et le courage qu'il nous a donné durant ces longues années d'études.

Nous remercions très chaleureusement :

Dr HANOUCHE qui nous a permis de bénéficier de son encadrement ; les conseils qu'elle nous a prodigué, la patience et la confiance qu'elle nous a témoigné ont été déterminants dans la réalisation de notre travail de recherche.

Les membres de jury qui nous ont fait l'honneur de participer à la soutenance et d'évaluer notre travail.

Enfin, nous tenons à remercier tous ceux qui, de près ou de loin, ont contribué moralement ou matériellement à l'aboutissement de ce travail.

Nous disons merci.

DEDICACES

Je dédie ce petit et modeste travail à ...

➤ *À mes très chers parents :*

Vous représentez pour moi le symbole de la bonté par excellence, la source de tendresse et l'exemple du dévouement qui n'a pas cessé de m'encourager et de prier pour moi. Vos prières et votre bénédiction m'ont été d'un grand secours pour mener à bien mes études.

Aucune dédicace ne saurait être assez éloquente pour exprimer ce que vous méritez.

➤ *À mes très chers frères: Karim, Mohammed et Ali et à mes très chères sœurs : Karima et Fatima.*

Je vous dédie ce travail en témoignage de mon profond amour et la reconnaissance de votre présence à mes cotés dans chaque étape de ma vie. Puisse Dieu, le tout puissant, vous préserve et vous accorde la santé, longue vie et bonheur.

➤ *À mes petits anges : mes deux nièces Lyna et Ryma et mon chers neveu Adem ; notre touche de bonheur et la lumière de nos jours. Que Dieu, vous protège et vous mène sur le bon chemin.*

➤ *À mon groupe de mémoire : Kami, fafou et cici.*

➤ *À tous mes amis sans aucune exception.*

Fatma Mokrani.

DEDICACES

Je dédie ce modeste travail :

A la mémoire de ma grand-mère, partie il y a 4mois, j'aurais tant aimé que tu sois présente à mes côtés aujourd'hui. Je te dédie ce mémoire et que Dieu, le miséricordieux, t'accueille dans son éternel paradis.

A mes chers parents, Rosa et Salah, qui ont consacré leur existence à bâtir la mienne. Qui ont œuvré pour ma réussite, de par leur amour, leur soutien, leur assistance et leur présence dans ma vie. A tous leurs précieux conseils et leurs sacrifices consentis, recevez l'expression de mes sentiments et de mon éternelle gratitude.

Aux meilleurs frères au monde, Malik et Kamel, qui m'ont toujours soutenu et encouragé, merci d'être toujours là pour moi.

A mes grands parents maternels, que Dieu vous préserve santé et longue vie.

A mes cousines Tina, Thiziri, Sadia et mes cousins Lounis, Mouhend, Agiles, mes tentes et mes oncles, merci pour votre soutien indéniable.

Aux personnes qui m'ont toujours aidé et encouragé, qui étaient toujours à mes côtés, et qui m'ont accompagné durant mon chemin d'études supérieures, mes aimables amis et mon groupe de mémoire et sœurs de cœur : kami, fafou, fatma.

Je vous aime.

Célia Serkhane.

DEDICACES

Je dédie ce petit et modeste travail à ...

➤ *À mes très chers parents :*

Honorables et aimables : vous représentez pour moi le symbole de la bonté par excellence, la source de tendresse et l'exemple du dévouement qui n'a pas cessé de m'encourager. Vos prières et votre bénédiction m'ont été d'un grand secours pour mener à bien mes études.

➤ *À mon très cher frère Atmane:*

Aucune dédicace ne saurait exprimer l'amour, l'estime, le dévouement que j'ai toujours eu pour toi. Je te dédie ce travail en témoignage de mon profond amour et la reconnaissance de ta présence à mes côtés dans chaque étape de ma vie. Puisse Dieu, le tout puissant, te préserver et t'accorder la santé, longue vie et bonheur.

➤ *À mes grands-parents : maternels et paternels et en hommage à mon grand-père maternel.*

➤ *À mes très chères tantes maternelles : Zakia, Salima, Nora, Lynda, Latifa, Meriem, Amel et Yasmine ainsi que son mari Adel.*

➤ *À mes oncles ainsi que leurs familles.*

➤ *À mes meilleures amies (sœurs): Ktiba, Sarah, Fariza et cici je vous dédie ce travail en témoignage de mon profond estime et reconnaissance de votre présence à mes côtés dans chaque étape de ma vie depuis que je vous ai connu.*

➤ *À mon cher groupe du mémoire : Fatma, cici et fafou.*

➤ *À mes très chers cousins et surtout Dalil*

➤ *À mes très chers amis : MESSIVA, Nabil, Midou, Ouali et Sofiane.*

Ainsi qu'à chaque personne qui a contribué à la réalisation de ce travail.

DEDICACES

*Parce qu'elle était mon école, mon enseignante, ma conseillère, mon soutiens
continuel.....*

*Je dédie ce travail à ma plus chère du monde, à la femme dont je suis fière
d'être sa fille ;*

A ma mère madame AGGAD Jedjiga

*Qui m'a aidé durant mes longues années d'étude, qui m'a appris le bon
comportement, pour son amour infini et sa bienveillance. Je souhaite la
rendre fière par se travail.*

A mon père monsieur HADDADI Boussad

*Aucune dédicace, aucun mot ne pourrait exprimer à sa juste valeur la
gratitude que j'ai pour toi.*

A toi ma chère sœur Ourdia,

*Ma deuxième maman, une âme dans mon cœur, ma copine, ma confidente,
tu es mon paradis sur terre, tout se que je suis aujourd'hui est grâce à toi.*

*A vous mes chers frères Mohand Saïd, Rachid, Ahmed et particulièrement à
Lyes*

*Vous êtres mes quatres piliers sur lesquels je me suis construite, vous êtes ma
force, vous êtes ma référence à laquelle je retourne à chaque obstacle, que
se travaille vous exprime tout l'estime, la reconnaissance et le respect que
je vous dois.*

A mes anges nouveaux et niece

*Selyane, Nolan, Nelya, Aksil, Souan, Melwan, et le petit dernier Aris et en
particulier à mon trésor Aylan sachez que je suis et je serais toujours là
pour vous*

A toi Malek,

*Ton soutien, ta tolérance et tes encouragements étaient la clé de ma réussite
que dieu te garde pour moi*

A mon grand père AGGAD Mohammed Saïd

A tous mes amis

Merci

HADDADI Fatma

Tables des matières

PARTIE THEORIQUE :

INTRODUCTION.....	01
-------------------	----

CHAPITRE I : NOTIONS FONDAMENTALES

1. La lumière	02
1.1. Définition.....	02
1.2. Dimension physique de la lumière	02
1.2.1. Synthèse additive	03
1.2.2. Synthèse soustractive	04
1.2.3. Propriétés optiques du rayonnement lumineux	04
1.2.3.1. L'absorption	05
1.2.3.2. La transmission	05
1.2.3.2.1. La réfraction	06
1.2.3.2.2. La diffraction	07
1.2.3.2.3. La diffusion	07
1.2.3.3. La réflexion	07
1.2.3.3.1. La réflexion spéculaire	07
1.2.3.3.2. La réflexion diffuse	08
1.2.3.3.3. La réflexion totale	09
1.3. Dimension physiologique	09
1.4. Dimension psychologique	10
2. La vision des couleurs	11
2.1. Définition de la couleur	11
2.2. Système pour caractériser la couleur.....	11
2.3. Les différentes dimensions de la couleur	13
2.3.1. La luminosité	14
2.3.2. La saturation	14
2.3.3. La teinte	15

CHAPITRE II : INTERPRETATION DE LA COULEUR EN DENTISTERIE

1. Structure interne de la dent	17
1.1. L'émail	17
1.2. La dentine	17
1.3. Le ciment	19
1.4. La pulpe	20
2. Les sept dimensions de la couleur naturelle des dents	20
2.1. Stratification	21
2.2. La transparence et la translucidité	22
2.3. L'opalescence	23
2.4. La fluorescence	24
2.5. L'état de surface	24
2.6. Les caractérisations	26
2.7. L'effet nacré	26
3. Les variations de la couleur dentaire	27
3.1. Les variations physiologiques	27
3.1.1. Variations inter-dentaires	27
3.1.2. Variations ethniques	27
3.1.3. Variations sexuelles	27
3.1.4. Variations selon l'âge	27
3.2. Les dyschromies dentaires	28
3.2.1. Les dyschromies primitives ou congénitales	28
3.2.1.1. Pigmentation à la tétracycline	29
3.2.1.2. La dent verte	29
3.2.1.3. Les dysplasies dentaires	30
3.2.1.3.1. De causes générales	30
3.2.1.3.2. De causes locales	31
3.2.1.3.3. Héritaires	31
3.2.2. Les dyschromies acquises	31
3.2.2.1. De causes intrinsèques	31
3.2.2.2. De causes extrinsèques	32

CHAPITRE III : BIOMATERIAUX

1. Les résines dentaires	35
1.1. Méthacrylates de méthyle	35
1.1.1. Résines thermopolymérisables	36
1.1.2. Résines chémozpolymérisables	36
1.2. Propriétés optiques des résines	36
2. Les céramiques dentaires	37
2.1. Définition	37
2.2. Classification des céramiques	37
2.2.1. Classification traditionnelle.....	37
2.2.2. Classification actuelle (SADOON et FERRARI)	38
2.2.2.1. En fonction de procédés de mise en forme	38
2.2.2.1.1. Mise en forme avec armature métallique	39
2.2.2.1.1.1. Mise en forme de la pâte crue	39
2.2.2.1.1.2. Condensation	39
2.2.2.1.1.3. Séchage et déshydratation	39
2.2.2.1.1.4. Frittage	39
2.2.2.1.1.5. Refroidissement	40
2.2.2.1.1.6. Glaçage.....	40
2.2.2.1.2. Mise en forme sans armature métallique.....	40
2.2.2.1.2.1. Cuisson sur revêtement	40
2.2.2.1.2.2. Coulée et vitro céramisation.....	41
2.2.2.1.2.3. Injection dans un moule en matériaux réfractaire	41
2.2.2.1.2.4. Barbotine, frittage et infiltration	41
2.2.2.1.2.5. Usinage.....	42
2.2.2.2. En fonction de la microstructure.....	42
2.2.2.2.1. Céramiques vitreuses	42
2.2.2.2.2. Céramiques infiltrées	42
2.2.2.2.3. Céramiques poly cristalline	43
2.2.2.3. En fonction de la structure chimique	43
2.2.2.3.1. Céramiques feldspathiques	43
2.2.2.3.1.1.1. Composition physique.....	43

2.2.2.3.1.1.2. Composition minéralogique	43
2.2.2.3.1.1.3. Composition chimique	44
2.2.2.3.1.1.3.1. Les oxydes principaux	44
2.2.2.3.1.1.3.2. Les oxydes alcalins modificateurs	44
2.2.2.3.1.1.3.3. Les oxydes mineurs	44
2.2.2.3.2. Les céramiques alumineuses	45
2.2.2.3.3. Les vitrocéramiques	45
2.2.2.3.4. Les céramiques ou plutôt verres hydrothermaux	45
2.3. Les propriétés optiques de la céramique et de la céramo-métallique	45
3. Une céramique particulière : La zircone	46
3.1. Définition	46
3.2. Les différentes formes de zircone	47
3.3. Propriétés de la zircone	47

CHAPITRE IV : LES DIFFERENTS SYSTEMES DE PRISE DE COULEUR

1. Les teintiers, relevé visuel	49
1.1. Introduction	49
1.2. Historique des teintiers	49
1.3. Quelques teintiers	
1.3.1. Le teintier VITA Classical	51
1.3.2. Le teintier Vita 3D Master	53
1.3.3. Le teintier Ivoclar chromascop	56
1.3.4. Les autres teintiers	57
1.3.4.1. Les teintiers de moignon	57
1.3.4.2. Les teintiers de gencive	58
1.3.4.3. Les teintiers d'armature	59
1.3.4.4. Les teintiers d'opaque	59
1.3.4.5. Les teintiers de margin	59
1.3.4.6. Les teintiers dentine	59
1.3.4.7. Les teintiers d'effet (opalescence)	59
1.3.4.8. Les teintiers intensifs	59
1.3.4.9. Les teintiers incisifs	60
1.3.4.10. Les teintiers de maquillage	60
2. Le relevé visuel assisté	60
2.3. Les lampes calibrées	60
2.4. L'appareil photographique	62
3. Le relevé instrumental	65
3.3. Les colorimètres	65
3.3.2. Shade Eye Chroma Meter® de Shofu	66
3.3.3. Shade Scan® de Cynovad	66

3.3.4. Le Shade Vision® de X Rite	66
3.3.5. Le Digital Shade Guide® de Rieth.....	67
3.3.6. Le Chromatis® de MH C.....	68
3.4. Les spectrophotomètres	69
3.5. Caméra optique intra-orale	71
3.5.2. Camera intra buccale TRIOS de 3Shape	71
3.5.3. La camera intra buccale Sopro 717	72
3.6. Logiciel d'analyse photographique	73
4. Avantages et inconvénients des différentes méthodes	75

CHAPITRE V : LE RELEVÉ DE LA COULEUR ET TRANSFERT AU LABORATOIRE

1 – Les conditions du relevé de la couleur.....	76
1.1. L'environnement et l'éclairage	76
1.1.1. L'environnement	76
1.1.2. L'éclairage	76
1.2. L'œil humain.....	78
1.2.1. Rappel anatomique.....	78
1.2.2. La physiologie de l'œil humain	79
1.2.3. Les dyschromatopsies	80
1.2.3.1. Les dyschromatopsies héréditaires	80
1.2.3.1.1. La vision trichromatique anormale.....	80
1.2.3.1.2. La vision dichromatique	80
1.2.3.1.3. La vision monochromatique.....	81
1.2.3.2. Les dyschromatopsies acquises	81
1.2.3.3. Le dépistage.....	81
1.2.4. Le métamérisme	82
1.3. L'environnement dentaire.....	83
1.3.1. Les dents adjacentes et antagonistes	83
1.3.2. La gencive.....	83
1.3.3. Les lèvres	84
1.3.4. Le visage.....	84
1.3.5. La salive.....	84

2- Transfert au laboratoire	85
2.1. Les schémas de couleur	85
2.1.1. Le schéma simplifié	86
2.1.2. Le schéma élaboré	86
2.2. La photographie.....	87
2.2.1. Les plaquettes de teintier	88
2.2.2. La translucidité.....	88
2.2.3. La photographie de visage	88

PARTIE PRATIQUE

1. Etude descriptive.....	89
2. Les cas cliniques	100

SYNTHESE.....	109
---------------	-----

CONCLUSION.....	110
-----------------	-----

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES.....	111
----------------------------------	-----

ANNEXES.....	117
--------------	-----

RESUME.	
---------	--

Liste des tableaux

Tableau 01 : Classification des céramiques suivant leur intervalle de fusion.....38

Tableau 02 : comparaison entre les différents systèmes de prise de couleur.....75

Tableau 03 : Tableau récapitulatif.

Liste des figures

Figure 1 : Expérience de Newton.....	02
Figure 2 : Synthèse additive.	03
Figure 3 : Synthèse soustractive.	04
Figure 4 : Les trois phénomènes qui se produisent lors du contact de la lumière avec un objet.....	05
Figure 5 : La réfraction de la lumière.....	06
Figure 6 : Réflexion de la lumière sur une surface lisse.....	08
Figure 7 : Diffusion de la lumière sur une surface rugueuse.....	08
Figure 8 : Mécanismes de la vision.....	09
Figure 9 : Le système CIE $L^*a^*b^*$	12
Figure 10 : Représentation de la « banane chromatique dentaire» au sein de l'espace colorimétrique CIE $L^*a^*b^*$	13
Figure11: La luminosité.....	14
Figure12 : La saturation augmente généralement du bord libre au collet des dents bien que la luminosité soit quasiment identique.....	15
Figure13 : Les teintes	16
Figure 14 : Le siège des différents types de dentine.....	19
Figure 15 : Les structures de la dent.....	20
Figure 16 : L'effet coloré d'une dent naturelle dépend de sept facteurs optiques ou structurels.....	21
Figure 17 : La stratification.....	21
Figure 18 : Une dent jeune à émail peu usé présente des effets translucides importants du bord incisif (a). En coupe on observe une sous couche transparente de dentine scléreuse qui permet à la lumière de circuler sous la coque d'émail (b).....	23
Figure 19: La pierre opale est caractérisée par une couleur bleutée en réflexion lumineuse et rouge-orangée en transmission lumineuse (a). Des coupes d'émail photographiées en réflexion et en transmission lumineuse montrent le même effet optique (b).....	23

Figure 20: Sur cette coupe d'incisive centrale éclairée en lumière ultraviolette on peut observer la fluorescence bleutée de la dentine. Elle est plus marquée au niveau de la dentine péri- pulpaire.....	24
Figure 21: Dents d'un patient jeune, âgé de 25 ans, caractérisées par une micro géographie de surface riche en fossettes et stries (a). Dents d'un patient âgé de 80 ans avec un aspect de surface lisse et émoussé caractéristique de l'usure abrasive (b).....	25
Figure 22 : Caractérisation blanche d'hyper fluorose sur ces faces vestibulaires d'incisives.....	26
Figure 23 : L'effet nacré et un effet de brillance métallique de surface comparable à celui de la nacre.....	26
Figure 24: Coloration due à la prise de tétracyclines.....	29
Figure 25 : La dent verte.....	30
Figure 26: Amélogénèse imparfaite.....	31
Figure 27: Coloration due à une restauration à l'amalgame.....	33
Figure 28: Coloration due à l'usage de Chlorhexidine.....	33
Figure 29 : Coloration verte attribuée aux bactéries chromogènes.....	34
Figure 30 : Coloration d'origine alimentaire.....	34
Figure 31 : Coloration d'origine tabagique.....	34
Figure 32 : Formule chimique de la polymérisation de la résine.....	35
Figure 33 : Premier teintier Lumin Vacuum (1956). Documentation VITA.....	50
Figure 34 : le teintier Chromascop d'Ivoclar-Vivadent.....	51
Figure 35 : le teintier 3D-Master de VITA.....	51
Figure 36 : Teintier VITA Classical (a) et Shadeguide d'Ivoclar (b). Ils sont composés de 16 échantillons, répartis en 4 groupes de teintes (auxquels peuvent se rajouter des teintes « bleach»).....	52
Figure 37 : Teintiers Vita 3D-Master toothguide (à gauche) et linearguide (à droite).....	54

Figure 38 : Trois temps du relevé visuel de la couleur à l'aide du teintier VITA Toothguide 3D-MASTER.....	55
Figure 39 : Simplification du relevé visuel de la couleur à l'aide du teintier VITA Linearguide 3D-MASTER.....	55
Figure 40 : Le teintier Chromascop. La répartition en groupes de couleur (blanc, jaune, gris, brun) donne à ce teintier une palette large, comportant des couleurs très saturées adaptées à la reproduction des dents âgées.....	56
Figure 41 : Teintier de moignon (Die Material, Ivoclar-vivadent).....	57
Figure 42 : Utilisation clinique lors de la réalisation de deux couronnes vitro-céramique dont l'une présente une forte dyschromie.....	57
Figure 43 : Teintier de moignon (IPS Natural Die Material d'Ivoclar Vivadent) pour dents dyschromiées.....	57
Figure 44 : Teintier pour fausse gencive en céramique. Le défaut gingival en 22 est masqué à l'aide d'une céramique gingivale, restituant au mieux l'illusion de l'alignement des collets.....	58
Figure 45 : Lampe d'éclairage normalisé (5 500 K) Optilume Trueshade_ d'Optident. Une loupe permet d'agrandir la zone visualisée.....	61
Figure 46 : Lampe d'éclairage normalisé (6 500 K) Demetron Shade Light_ de Kerr. L'environnement coloré neutre du système (gris à 17%) favorise la neutralité colorimétrique environnementale.....	61
Figure 47 : Lampe d'éclairage normalisé (5 500 K) Smile Lite_ de Smile Line. Il est possible de lui adjoindre un iPhone d'Apple pour faire des photographies et un filtre polarisé (StyleLense) pour « gommer » les zones de réflexion lumineuse (en bas à droite).....	62
Figure 48 : Aucun appareil photographique numérique ne permet par défaut de capturer les mêmes couleurs et les vraies couleurs.....	63
Figure 49 : Les barrettes échantillons des teintiers correctement orientées doivent être photographiées en situation pour significativement améliorer la communication avec le laboratoire. En haut à gauche : état initial ; en bas à droite : état final.....	64
Figure 50 : Les corrections à apporter doivent être inscrites sur les photographies lors des séances d'essayage. A : état initial. B : modification à apporter. C : image en niveaux de gris pour mieux visualiser la luminosité. D : état final (réalisation G. Reny).....	64

Figure 51: Shade Eye Chroma Meter® de Shofu.....	66
Figure 52: Le Shade Scan® de Cynovad.....	66
Figure 53: Le Shade Vision® de X Rite.....	67
Figure 54 : Le Digital Shade Guide® de Rieth.....	68
Figure 55: Le Chromatis® de MH C.....	68
Figure 56 : affichage des résultats.....	69
Figure 57: Spectrophotomètre VITA Easysshade.....	70
Figure 58: Spectrophotomètre Spectro-Shade_ Micro de MHT.....	71
Figure 59 : Caméra intrabuccale TRIOS_ de 3Shape. L'analyse de la couleur peut se faire en n'importe quel point dentaire et selon de nombreux teintiers.....	72
Figure 60 : La caméra intra buccale Sopro 717.....	72
Figure 61: Logiciel ClearMatch_ de Clarity Dental Co.....	74
Figure 62 : Schéma anatomique de l'œil humain.....	78
Figure 63 : la vision dichromatique.....	80
Figure 64: planches pseudo isochromatiques d'Ishihara.....	82
Figure 65: différence entre la perception normale et la perception déficiente de la couleur.....	82
Figure 66 : le métamérisme.....	83
Figure 67 : Schéma simplifié: la dent est analysée en tiers (a) puis reproduite et annotée (b).....	86
Figure 68: schéma élaboré.....	87
Figure 69 : secteur illustrant le pourcentage de réponses à la question « quelle est la couleur des murs de votre cabinet ».....	89
Figure 70 : secteur illustrant le pourcentage de réponses à la question « L'avez-vous choisi vous-même» et «Est-ce à titre décoratif ».....	89
Figure 71 : secteur illustrant le pourcentage de réponses à la question «Est-ce en rapport avec votre pratique ».....	90

Figure 72 : secteur illustrant le pourcentage de réponses à la question «La fenêtre est-elle située en face de votre fauteuil dentaire».....	90
Figure 73 : secteur illustrant le pourcentage de réponses à la question «Prenez-vous la couleur à la lumière du jour ».....	90
Figure 74 : secteur illustrant le pourcentage de réponses à la question «Utilisez-vous une autre source de lumière» et « Est-elle blanche ou jaune ».....	91
Figure 75 : secteur illustrant le pourcentage de réponses à la question «Prenez-vous en charge l'inflammation gingivale avant la prise de la couleur ».....	91
Figure 76 : secteur illustrant le pourcentage de réponses à la question «Quel teintier utilisez-vous ».....	91
Figure 77 : secteur illustrant le pourcentage de réponses à la question «Est-il le même pour toutes les restaurations ».....	92
Figure 78 : secteur illustrant le pourcentage de réponses à la question «Prenez-vous la couleur avant ou après la taille».....	92
Figure 79 : secteur illustrant le pourcentage de réponses à la question «Les femmes enlèvent-elles leur rouge à lèvres avant la prise de la couleur».....	92
Figure 80 : secteur illustrant le pourcentage de réponses à la question «Lors de la prise de couleur, le scialytique est-il allumé».....	93
Figure 81 : secteur illustrant le pourcentage de réponses à la question «Faites-vous un séchage de la dent avant la prise de la couleur».....	93
Figure 82 : secteur illustrant le pourcentage de réponses à la question «Combien de temps prenez-vous pour choisir la couleur de la dent».....	93
Figure 83 : secteur illustrant le pourcentage de réponses à la question «Prenez-vous en compte les désirs du patient lors du choix de la couleur».....	94
Figure 84 : secteur illustrant le pourcentage de réponses à la question «Quelles sont les limites de cette prise en compte».....	94

Figure 85 : secteur illustrant le pourcentage de réponses à la question «Faites-vous des photographies pour les envoyer au prothésiste».....	94
Figure 86 : secteur illustrant le pourcentage de réponses à la question «Faites-vous des schémas de nuances de couleurs au prothésiste ».....	95
Figure 87 : secteur illustrant le pourcentage de réponses à la question «Les patients se plaignent-ils d'une différence de couleur ».....	95
Figure 88 : secteur illustrant le pourcentage de réponses à la question «A votre avis à quoi sont dus les nombreux échecs de couleur».....	95
Figure 89 : secteur illustrant le pourcentage de réponses à la question « Recevez-vous des photographies de la part du dentiste ».....	96
Figure 90 : secteur illustrant le pourcentage de réponses à la question « Recevez-vous des schémas de nuances de couleurs de la part du dentiste ».....	96
Figure 91 : secteur illustrant le pourcentage de réponses à la question « Le dentiste vous communique-t-il le teintier qu'il a utilisé lors de la prise de la couleur ».....	97
Figure 92 : secteur illustrant le pourcentage de réponses à la question « Quel teintier utilisez-vous ».....	97
Figure 93 : secteur illustrant le pourcentage de réponses à la question « Lors de la préparation des couronnes, quelle lumière utilisez-vous ».....	98
Figure 94 : secteur illustrant le pourcentage de réponses à la question « Le dentiste se plaint-il d'une différence de couleur après livraison ».....	98
Figure 95 : secteur illustrant le pourcentage de réponses à la question « A votre avis, à quoi sont dus les nombreux échecs de couleur en prothèse dentaire ».....	99

Liste des abréviations

°K: degrés Kelvin

µm: micro-mètre

2D et 3D : 2 dimensions et 3 dimensions

CCC: Couronne Céramo-Céramique

CCM: Couronne Céramo-Métallique

CFAO : Conception et Fabrication Assistées par Ordinateur

CIE L*a*b* : Commission internationale de l'éclairage (luminosité, teinte, saturation)

ITS : En s'inspirant du système ITS de classification des couleurs de Munsell, les échantillons de dent sont référencés en portant :

L C H: Munsell

Lux: unité de mesure de l'éclairement lumineux (symbole : lx)

MPa : milli Pascal

MPU : Model Positif Unitaire

Nm : nano mètre

RGO : Reflux Gastro-Œsophagien

RVB : Rouge, Vert, Bleu

TV: Télé Vision

USB : Universal Serial Bus (Bus Serie Universel)

UV : ultra violet

Introduction :

De nos jours, le sourire est une préoccupation grandissante pour la majorité de nos patients. Le nombre de recherches portant sur son esthétique reflète particulièrement l'intérêt général qu'il soulève. En effet, parmi les parties de notre visage, la bouche lorsque l'on sourit tient le rôle esthétique le plus important, après les yeux et le regard.

Pour les médecins dentistes d'aujourd'hui, l'esthétique fait indéniablement partie de la pratique : dans les dernières décennies, notre métier a évolué d'une dentisterie réparatrice, fonctionnelle, et éventuellement esthétique à une dentisterie certes toujours réparatrice mais résolument esthétique. Désormais, une prothèse avec un mauvais choix de teinte reste une prothèse ratée. Cet impératif lié à la demande de nos patients n'est plus un souhait mais une véritable exigence qui nous oblige à des changements dans nos pratiques cliniques et dans le choix de nos biomatériaux.

Pour affronter efficacement les défis associés au choix de la couleur en prothèse dentaire, il est essentiel d'avoir appris la science et l'art de la couleur. La tâche est ardue, car la couleur est un sujet abstrait, auquel se mêlent des composantes visuelles et scientifiques.

Les différences individuelles de la perception de la couleur peuvent varier car l'œil n'est pas le meilleur moyen d'analyser les couleurs, c'est pour cela que les recherches actuelles s'intéressent au développement de nouvelles techniques pour la prise adéquate de la teinte des dents.

La problématique que nous traiterons est la perception et le choix de la couleur en prothèse fixée. Alors, quelles sont les bases de la perception des couleurs ? Quelles sont les propriétés optiques des biomatériaux ? Comment le praticien devra agencer son cabinet et s'équiper en nouvelles technologies ? Et surtout à quoi sont dus les nombreux échecs liés au choix de la couleur ?

Objectifs

Nous espérons qu'à l'issue de ce mémoire, nous saurons aborder sans appréhension la perception et le choix de la couleur en prothèse fixée.

Nous débuterons par des notions sur la lumière et la vision des couleurs, dans le but de comprendre au mieux les phénomènes optiques se produisant autour des dents pour réaliser des restaurations qui se rapprochent le plus du naturel.

Ensuite, il apparaît indispensable de pouvoir identifier la teinte des dents en faisant appel aux différents systèmes teintiers existants sur le marché que nous décrirons en détail et expliquerons leur mode d'utilisation que ce soit pour le système conventionnel ou moderne.

Les biomatériaux seront aussi abordés afin de mettre en évidence leurs propriétés optiques et ainsi savoir poser à chacun son indication en tenant compte de ces dernières. Pour cela, nous verrons la différence esthétique obtenue à partir d'une série de cas cliniques réalisés à la clinique dentaire du CHU Tizi-Ouzou.

Nous comprendrons mieux les difficultés de l'élaboration prothétique qui dans notre profession appartient à la catégorie esthétique du « trompe l'oeil ».

Les causes d'échecs de prise de la couleur en prothèse fixée seront évoquées suivant les résultats des questionnaires recrutés au près de médecins dentistes et de prothésistes au niveau des villes de : Tizi-Ouzou, Béjaia et Dellys.

Bonne lecture à tous.

PARTIE
THEORIQUE

CHAPITRE I : NOTIONS FONDAMENTALES

1. La lumière :

1.1. Définition :

La lumière est un rayonnement électromagnétique, de nature semblable aux ondes hertziennes. Une radiation de ce type peut donc être caractérisée par sa longueur d'onde (λ). Les rayonnements visibles (c'est-à-dire perceptibles par l'œil humain) ont des longueurs d'ondes comprises entre 380 nm et 780 nm [1].

Selon WIKIPÉDIA : la lumière est un phénomène physique qui peut produire une sensation visuelle. La physique détermine qu'il s'agit d'ondes électromagnétiques dont les longueurs d'onde dans le vide sont autour de 550 nm, plus ou moins un tiers, ces limites imprécises et variant selon les espèces correspondant, par un effet d'adaptation à l'environnement, à la région du spectre électromagnétique où l'éclairement énergétique solaire est maximal à la surface de la terre.

Selon LAROUSSE : la lumière est un rayonnement électromagnétique dont la longueur d'onde, comprise entre 400 et 780 nm, correspond à la zone de sensibilité de l'œil humain, entre l'ultraviolet et l'infrarouge. Une clarté émise par le soleil, qui éclaire les objets et les rend visibles.

1.2. Dimension physique de la lumière :

C'est au XVII^{ème} siècle que Newton observera le spectre de la lumière grâce à sa fameuse expérience dont il fait passer un faisceau de lumière blanche à travers un prisme, et voit s'étaler sur un écran blanc les couleurs de l'arc en ciel (**Fig.01**).

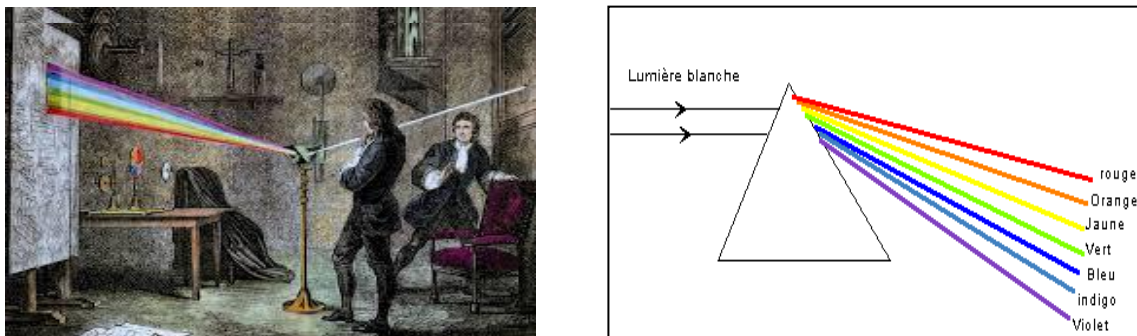


Figure 01 : Expérience de Newton [71].

Lorsque cette lumière, se déplaçant sous forme d'ondes de différentes longueurs d'onde, arrive au contact d'un objet, certains photons sont absorbés, d'autres réfléchis vers nos yeux. Ce rendu constitue la couleur de l'objet telle que nous la percevons.

Par son expérience, Newton démontra que la couleur est une propriété intrinsèque de la lumière : « sans lumière, pas de couleur » [2].

1.2.1. Synthèse additive :

Les couleurs sont obtenues par le mélange de trois couleurs fondamentales qui sont le rouge, le vert et le bleu. Ces trois couleurs permettent de reproduire toutes les autres couleurs, on les appelle couleurs primaires additives. Le mélange deux à deux de lumières primaires donne des rayonnements de nouvelles couleurs qui sont appelées couleurs secondaires additives. Le rouge et le vert donnent le jaune, le rouge et le bleu donnent un rose violet appelé magenta, le bleu et le vert donnent un bleu turquoise appelé cyan. Une lumière blanche peut être obtenue par le mélange des trois couleurs primaires ou par le mélange des trois couleurs secondaires en proportions égales. Le mélange d'une couleur secondaire avec la couleur primaire qui n'a pas été utilisée dans sa composition (jaune + bleu, cyan + rouge, magenta + vert) donne également une lumière blanche, ces couleurs sont dites complémentaires [3] (**Fig.02**).

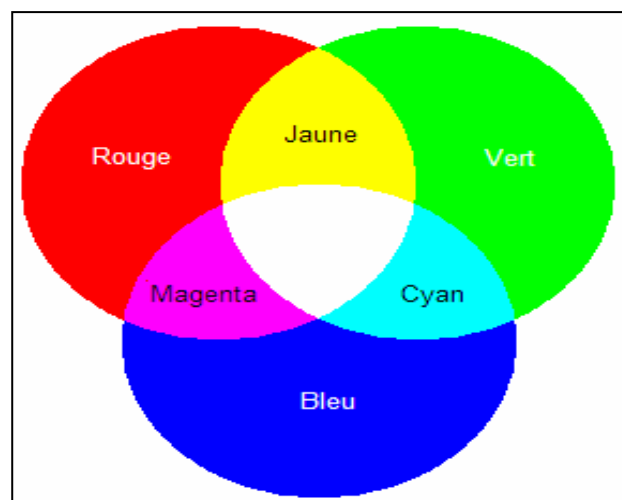


Figure 02 : Synthèse additive [72].

1.2.2. Synthèse soustractive :

La « couleur matière », de son côté, fera référence à l'ensemble des pigments constituant la matière d'un objet et qui entrent en interaction avec les photons de la lumière en présence. La couleur de l'objet est définie par la longueur d'onde du rayonnement que sa matière réfléchit ainsi que la partie des photons du rayonnement qu'elle absorbe. C'est la synthèse soustractive. Les pigments définissent la tonalité chromatique d'une couleur, leur densité détermine la saturation de cette couleur. Plus l'apport et les mélanges de pigments sont importants dans la matière, moins elle sera lumineuse, et plus la couleur sera saturée et assombrie [2] (**Fig.03**).

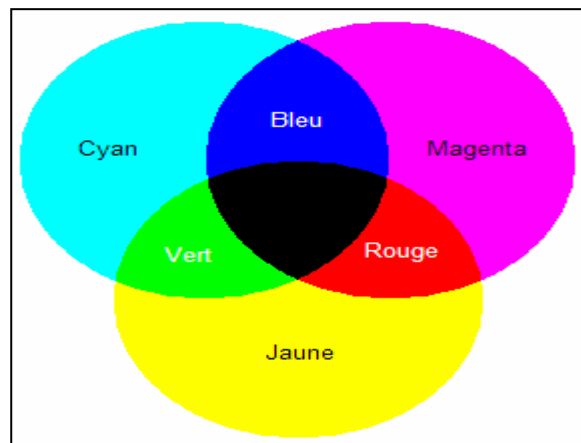


Figure 03 : Synthèse soustractive [73].

1.2.3. Propriétés optiques du rayonnement lumineux :

La couleur apparente d'un objet, c'est-à-dire les caractéristiques colorées finalement perçues par l'observateur, dépendent d'une combinaison de facteurs : la lumière qui frappe l'objet, les caractéristiques réfléchissantes de l'objet lui-même, l'environnement et les facultés d'interprétation de l'observateur.

Lorsque la lumière frappe la matière, trois phénomènes peuvent se produire : l'énergie peut être réfléchie, transmise ou absorbée. La plupart du temps, deux ou trois de ces phénomènes se produisent simultanément, dans des proportions variant selon les caractéristiques des matériaux soumis aux rayonnements. Par exemple, une matière autorisant le passage de la lumière sera transparente, une matière qui transmet, absorbe, et réfléchit la lumière est

translucide, et au contraire, une matière seulement capable d'absorber et réfléchir la lumière sera opaque.

La couleur est donc déterminée par la quantité de lumière incidente et les événements que celle-ci subit. Nous allons définir les phénomènes lumineux : **(Fig.04)**

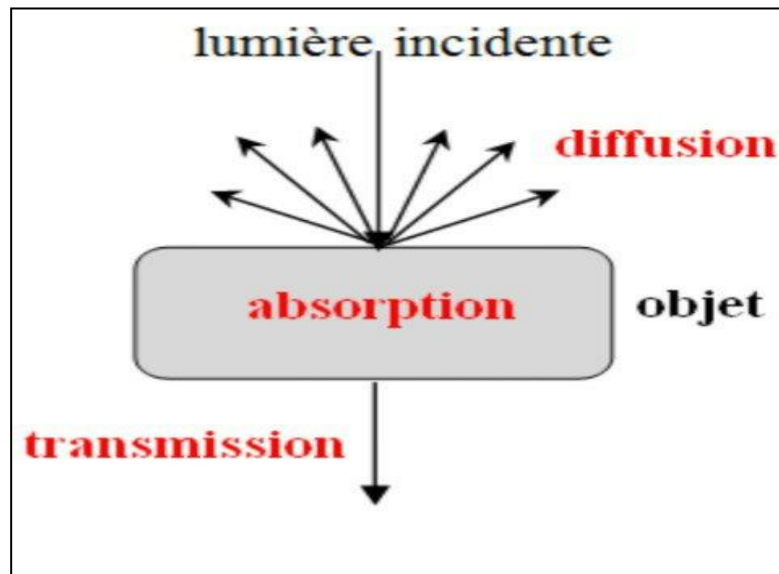


Figure 04 : Les trois phénomènes qui se produisent lors du contact de la lumière avec un objet [66].

1.2.3.1. L'absorption :

Lorsque la lumière tombe sur un matériau, une partie des radiations n'est ni réfléchie, ni transmise, mais absorbée. Elle se transforme alors en chaleur. Tout rayonnement absorbé est soustrait de la couleur perçue. Ce sont les rayons non absorbés qui détermineront la couleur de l'objet ainsi que ses propriétés complémentaires. Par exemple, un objet est considéré comme rouge lorsqu'il absorbe toutes les longueurs d'ondes violettes, bleues, vertes, oranges et jaunes, et ne réfléchit que les rouges. Un corps qui absorbe toutes les longueurs d'onde est perçu comme noir.

1.2.3.2. La transmission :

Les phénomènes de transmission du rayon incident regroupent les phénomènes de réfraction, de diffraction, et de diffusion.

Ces phénomènes dépendent du nombre de particules incluses dans l'objet et de leur taille. Ils déterminent la translucidité et à contrario l'opacité de l'objet. Un matériau n'autorisant aucune transmission est totalement opaque.

1.2.3.2.1. La réfraction :

Est le changement de direction d'une onde lumineuse lorsqu'elle passe d'un milieu à un autre. Ainsi, une lumière incidente frappant un matériau translucide verra une partie de ses rayons réfléchis, et d'autres pénétreront la matière en changeant de direction. Un matériau ne modifiant pas la direction des rayons le traversant est dit transparent.

En pratique : les objets placés derrière un matériau transparent apparaissent de manière claire, contrairement à un matériau translucide qui ne permet pas de voir distinctement les objets situés derrière.

L'indice de réfraction est proportionnel à la densité des corps. Voici l'indice de réfraction dans des milieux qui peuvent nous intéresser, d'après Mahiat (1998) : celui de l'air est de 1, celui de l'eau est de 1.330, celui de l'émail est de 1.650, et celui du Zircon est de 1.920.

De plus, la qualité de la matrice environnant les particules fait aussi varier la translucidité d'un matériau : les indices de réfraction de diverses matrices ont une influence sur la réfraction de la lumière à travers les particules. Ceci permet de produire des matériaux ayant différents degrés d'opacité (**Fig.05**).

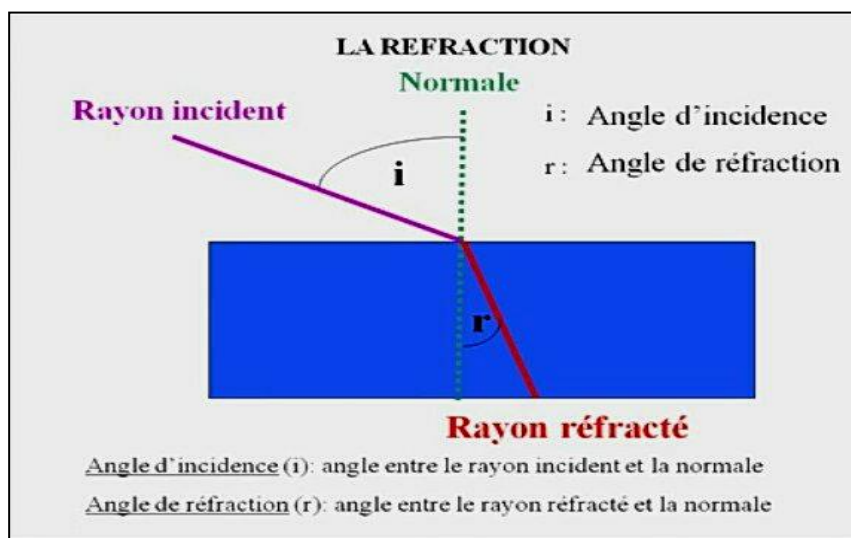


Figure 05 : La réfraction de la lumière [66].

1.2.3.2.2. La diffraction :

Est le phénomène suivant lequel les ondes lumineuses peuvent contourner les obstacles de dimensions sensiblement égales à leurs longueurs d'ondes.

C'est l'effet qui explique les variations de teintes du ciel en fonction des moments de la journée. Les ondes du rayon vont être déviées de différentes façons en fonction de leur fréquence ou longueur d'onde et nos yeux percevront plus du bleu, ou des couleurs plus rouges en fonction du moment de la journée et de notre localisation.

1.2.3.2.3. La diffusion :

Est la propagation des rayons lumineux d'un faisceau dans toutes les directions. On peut la considérer comme un type particulier de transmission, ou aussi de réflexion lumineuse.

En effet, comme nous le verrons plus loin, il faut distinguer la diffusion de surface que l'on nomme également la réflexion diffuse et la diffusion interne qui s'apparente à la diffraction.

1.2.3.3. La réflexion :

C'est le changement de direction d'une onde sur une surface. Elle ne pénètre pas le milieu. Cela se produit lorsque les particules d'un objet sont plus larges que la longueur d'onde de la lumière incidente, elles réfléchissent la lumière sur la majeure partie de sa surface. Quand toute la lumière est réfléchie, quand aucun processus d'absorption d'un composant du spectre lumineux n'a lieu, l'objet paraît blanc (sous une lumière blanche, bien évidemment).

Il existe plusieurs types de réflexions, responsables de divers aspects distingués par nos yeux, complémentaires à la couleur, tels que la brillance, la matité d'un objet par exemple. Nous décrirons la réflexion spéculaire, la réflexion diffuse, et la réflexion totale.

1.2.3.3.1. La réflexion spéculaire :

Elle permet à l'œil humain de distinguer la brillance de l'objet, ou plutôt sa luisance. Cette réflexion miroir par la «couche de surface» n'est pas influencée par les facultés réfléchissantes sélectives, c'est-à-dire par la couleur du matériau. Selon LEMIRE, dans tous

les matériaux, la surface extérieure réfléchit 4% environ de la lumière incidente, sans aucune modification si ce n'est la direction. Cette réflexion est possible si la surface de séparation entre les deux milieux est optiquement polie, c'est-à-dire si elle ne présente que des aspérités dont la taille est inférieure à la longueur d'onde du rayon incident. En d'autres termes, si la surface paraît lisse relativement à la longueur d'onde incidente (**Fig.06**).

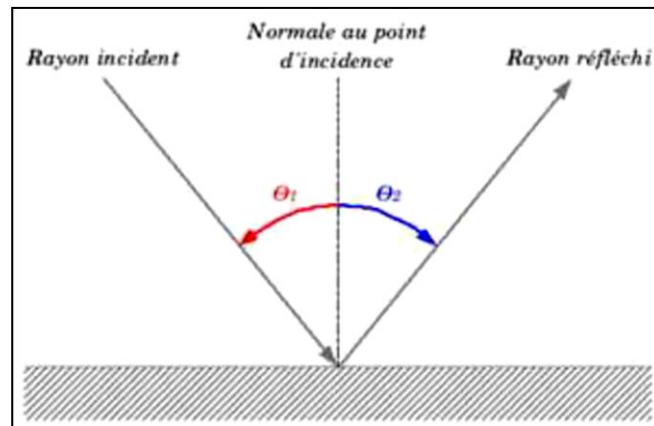


Figure 06 : Réflexion de la lumière sur une surface lisse [02].

1.2.3.3.2. La réflexion diffuse :

Si la surface n'est pas parfaitement polie, il se produit une diffusion. Elle donne un aspect de surface mate. Ceci est observé pour des surfaces rugueuses où la taille des imperfections est au moins égale à la longueur d'onde du rayon incident. En fait, la surface se conduit comme une infinité de minuscules surfaces dont les orientations varient, et qui, par conséquent, renvoient les rayons dans de multiples directions. Ces rayons possèdent le même spectre lumineux que la lumière incidente. La réflexion diffuse donne de la luminosité(**Fig.07**).

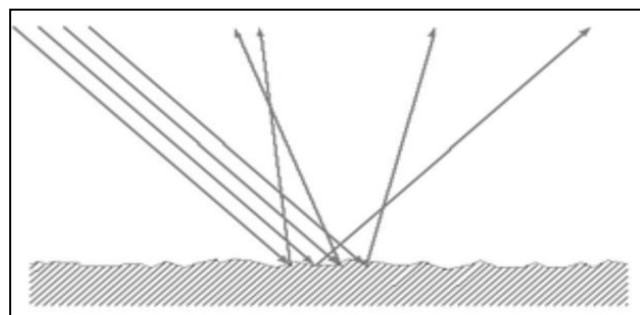


Figure 07 : Diffusion de la lumière sur une surface rugueuse [02].

1.2.3.3.3. La réflexion totale :

C'est lorsque le rayon incident est uniquement réfléchi. Aucun rayon n'est réfracté. Ceci se produit lorsque le rayon incident arrive à la surface de séparation de deux milieux de réfringences différentes. Par exemple, à la séparation entre verre (plus réfringent) et air (moins réfringent).

En ce qui nous concerne, ce phénomène est surtout rencontré au niveau des incisives maxillaires sous la forme d'une petite bande blanche à l'extrémité du bord incisif [5, 6, 7,8].

1.3. Dimension physiologique :

L'œil est un organe complexe comparable à un système photographique, permettant l'accommodation, la focalisation de la lumière en un point précis ainsi que la régulation du flux lumineux entrant. Au niveau de la rétine, il y a une inversion de l'image, qui se trouve projetée en deux dimensions. Ce n'est qu'au niveau cérébral que se fera l'interprétation à partir de processus cognitifs d'analyse de la couleur mais aussi des perspectives, des ombres et de la disparité stéréoscopique entre les images droites et gauches rétiniennes. A l'issue de ce processus psychosensoriel, l'individu interprétera de nombreux paramètres intéressant l'objet comme la distance, la transparence, le relief, le mouvement, et bien sûr la couleur [2] (Fig.08).

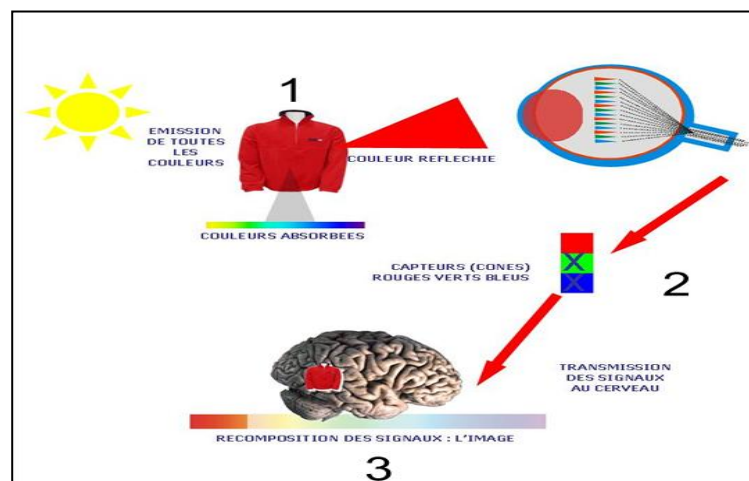


Figure 08 : Mécanismes de la vision [74].

1.4. Dimension psychologique :

Aux processus électromagnétiques, optiques et biochimiques qui se produisent dans notre œil et notre cerveau lorsque l'on regarde une couleur, correspondent des phénomènes psychiques d'ordre émotionnels et spirituels qui sont liés à la prise de conscience de la couleur. Les couleurs ont une action réelle sur le psychisme et des conséquences physiologiques et physiques. J. Itten, pour illustrer l'influence des tons chauds et des tons froids, rapporte l'expérience où des personnes placées dans une pièce peinte en rouge/orangé trouvaient qu'il faisait froid vers 11 ou 12 degrés, alors que les mêmes personnes placées dans une pièce peinte en bleue/vert avaient une sensation de froid dès 15 degrés. La chromothérapie exploite les couleurs pour leurs actions psychiques [2].

2. La vision des couleurs :

2.1. Définition de la couleur :

La couleur est le résultat de la modification de la lumière par des colorants, observée par l'œil qui transmet l'information au cerveau. Alors que la lumière est un phénomène physique et que les colorants sont de nature chimique, on peut considérer l'œil comme un récepteur et le cerveau comme un traducteur ou comme un interprète sensitif. Une lumière colorée réfléchit ou absorbée, d'une manière sélective, certaines longueurs d'ondes : une surface comportant, en parties égales, des pigments jaunes et bleus absorbe les composants rouges et bleus de la lumière blanche et réfléchit le composant vert. La rétine de l'œil d'un observateur, stimulée par cette émission réfléchie, alertera le cerveau qui la reconnaitra comme du vert [4].

2.2. Système pour caractériser la couleur :

Afin d'organiser et de coder numériquement les couleurs, les scientifiques et les industriels ont élaboré différents systèmes ou espaces colorimétriques.

Il existe plusieurs manières de classer les couleurs, par exemple :

- Selon une approche purement visuelle : Chevreul, Munsell, Ostwald ;
- Selon une approche purement physique : RVB, CIE XYZ ;
- Selon une approche physique, mais corrigée par les données de la psychométrie : CIE $L^*a^*b^*$, CIE luv [1].

La problématique était de définir un système de couleur permettant à l'œil humain de définir une couleur, mais aussi à rétablir une relation mathématique, afin de situer cette couleur dans l'espace de façon objective, et non plus subjective. En effet, jusqu'alors, tous les systèmes qui permettaient de définir une couleur s'appuyaient sur un étalon, et donc, cela restait toujours subjectif.

Le plus universel est l'espace CIE $L^*a^*b^*$ mis au point en 1976 par la Commission internationale de l'éclairage (CIE).

2.2.1. Le système de couleurs CIE $L^*a^*b^*$:

Le CIE $L^*a^*b^*$ a pour support la théorie selon laquelle les cônes au niveau de la rétine ne perçoivent que trois couleurs (le rouge, le vert, et le bleu). Le CIE $L^*a^*b^*$ est un espace

tridimensionnel. Un axe vertical représente la luminosité (L) : axe noir-blanc. A mi hauteur de cet axe, on a un plan défini par deux axes :

- Un axe a qui représente la nuance de couleur passant du vert au rouge (-a = vert ; + a = rouge).
- Un axe b qui représente la nuance de couleur passant du bleu au jaune (-b = bleu; + b = jaune).

Plus a et b se rapprochent de zéro, plus on se rapproche de la couleur neutre (gris).

Ainsi pour la première fois, on a pu décrire une couleur par des nombres, et ainsi calculer la différence entre deux couleurs (**Fig.09**).

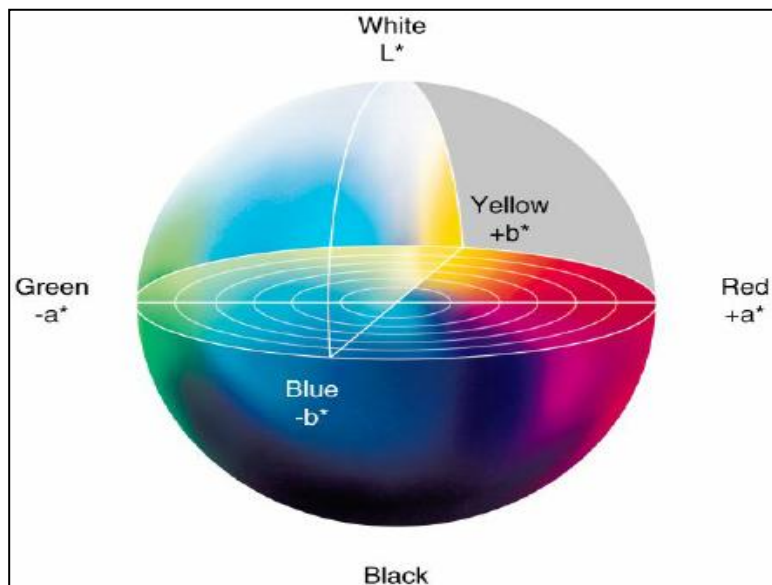


Figure 09 : Le système CIE L*a*b*.[16]

Dans ce système, l'espace représentant la couleur des dents a une forme rhomboïde (une forme de banane). La banane est très allongée dans le sens vertical, il y a donc une variété importante de luminosités différentes. La banane se situe entre +a (tons rougeâtres) et +b (tons jaunâtres) (**Fig.10**).

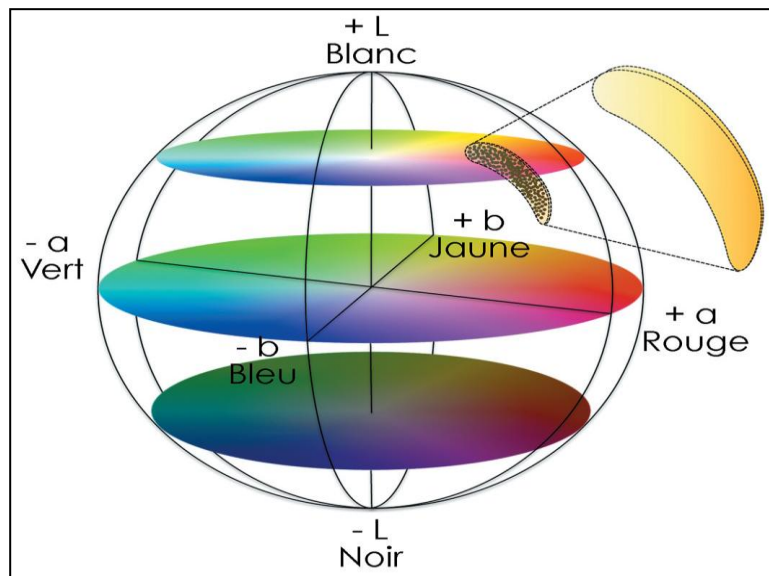


Figure 10 : Représentation de la « banane chromatique dentaire » au sein de l'espace colorimétrique CIE L*a*b* [17].

Si l'on compare les coordonnées de la dent la plus foncée à la dent la plus claire, les valeurs sont (62 ; 6 ; 21) contre (78 ; 1 ; 12). Grâce à ce système CIE L*a*b*, la différence entre la couleur de la dent la plus foncée et la dent la plus claire est représentée par une distance, que l'on désigne par le symbole ΔE .

La formule mathématique permettant de retrouver la valeur ΔE est une simple application du théorème de Pythagore : $\Delta E = \sqrt{(\Delta L^2 + \Delta a^2 + \Delta b^2)}$

Selon la littérature, un ΔE inférieur à 1 n'est pas perceptible par l'œil humain. Un ΔE compris entre 1 et 3 peut être perçu par un œil éduqué (peintre, dentiste, prothésiste). Enfin un ΔE supérieur à 3,3 peut-être perçu par n'importe quel œil.

Le système de couleur CIE L*a*b* a ainsi permis le développement des colorimètres et spectrophotomètres. Car chaque couleur peut être définie par une relation mathématique [9, 10, 11, 12, 13,14].

2.3. Les différentes dimensions de la couleur :

Une couleur se définit par trois dimensions : la luminosité, la saturation, et la teinte.

2.3.1. La luminosité :

La luminosité, encore décrite sous les termes de luminance ou de clarté, elle est définie comme l'attribut de la sensation visuelle selon laquelle une surface paraît émettre ou renvoyer plus ou moins de lumière.

Elle correspond à la quantité de photons qu'une dent d'une certaine couleur peut réfléchir.

La luminosité ne peut s'apprécier que par une représentation en noir et blanc : elle est donc souvent évaluée en nuances de gris.

Ses variations dans le langage courant s'expriment par les adjectifs « clair » ou « foncé » : chaque teinte pouvant présenter un degré de luminosité différent.

La dissociation de la luminosité d'une couleur est rendue possible par une vision en noir et blanc qui dépend des bâtonnets de la rétine.

L'œil humain « normal » est capable de distinguer plus de 750 niveaux de luminosités différents (**Fig.11**).



Figure11: La luminosité [75].

2.3.2. La saturation :

Ou intensité chromatique, il s'agit d'un attribut perceptif du niveau de coloration d'une surface qui permet d'estimer la proportion de couleur chromatique pure dans la sensation totale.

On la définit pratiquement comme la quantité de pigments contenus dans la tonalité chromatique : une dent est dite saturée quand elle contient un maximum de pigments. Elle fait appel dans le langage commun à la notion de couleur « intense » ou « pâle ».

Plus le niveau de saturation diminue plus la couleur sera terne et plus la teinte sera éclaircie (notion de « désaturation »).

La combinaison des échelons de tonalité et de saturation permet à l'œil de distinguer jusqu'à 17000 sensations différentes (**Fig.12**).



Figure12 : La saturation augmente généralement du bord libre au collet des dents bien que la luminosité soit quasiment identique [76].

2.3.3. La teinte :

Ou tonalité chromatique, elle est définie par la Commission Internationale de L'éclairage comme l'attribut de la sensation visuelle décrit par des qualificatifs tels que rouge, jaune, vert ou bleu.

Elle permet de différencier une famille de couleurs d'une autre.

Elle correspond à une longueur d'onde (allant de 380nm pour le violet à 760nm pour le rouge foncé) dominante du spectre visible de la lumière réfléchie par la dent.

Pour l'œil humain il existe environ 300 tonalités différentes du spectre du visible.

Selon Yamamoto (1992), la luminosité est 3 fois plus importante que la teinte et 2 fois plus que la saturation.

C'est pour cette principale raison que Zyman et Jonas (2003) recommandent d'évaluer d'abord la luminosité avant la saturation et la teinte lors de l'enregistrement d'une couleur dentaire [15] (**Fig.13**).



Figure13 : les teintes [77].

CHAPITRE II :
INTERPRETATION DE LA
COULEUR EN
DENTISTERIE

1. Structure interne de la dent :

1.1. L'émail :

C'est la couche la plus externe de l'organe dentaire et le tissu le plus dur et le plus minéralisé de l'organisme (95% de substance minérale pour 5% d'eau et de substance organique). Il est considéré physiologiquement comme un tissu inerte, car non innervé et non vascularisé. Il recouvre la couronne dentaire jusqu'au collet. Il est translucide mais en raison de sa phase minérale très importante, il est le plus opaque des tissus dentaires en radiographie. Les propriétés optiques de l'émail varient en fonction de plusieurs variables : sa composition, sa structure, son épaisseur, son degré de translucidité, son opalescence et son état de surface. Tous ces paramètres sont susceptibles de connaître des variations au cours de la vie d'un patient. Ceci explique la multitude des situations que le praticien et le prothésiste auront à gérer.

L'épaisseur de l'émail n'est pas identique au niveau des différentes zones de la dent :

- Ainsi, au tiers incisif, cette épaisseur peut atteindre 1,5 mm. Sur les dents jeunes, le bord incisif n'est souvent constitué que d'émail, ce qui lui confère une translucidité particulière en créant souvent par effet d'opalescence un bord incisif bleuté ; cette translucidité peut s'étendre jusqu'aux faces proximales ;
- Dans le tiers moyen, la couche d'émail s'affine et de ce fait sa translucidité diminue ;
- Enfin dans le tiers cervical, l'émail peut devenir très fin (0,2 à 0,3 mm) et, de ce fait, il devient très transparent et laisse apparaître la couleur des tissus sous-jacents, ce qui se traduit par un effet encore plus opaque.

L'émail détermine le degré de luminosité de la dent [15].

1.2. La dentine :

Entre l'émail et la dentine, une couche acellulaire faciliterait, selon Winter (1993), la circulation périphérique de la lumière. La dentine est le tissu situé sous l'émail coronaire et sous le cément au niveau radiculaire. C'est un tissu moins dur que l'émail (deuxième tissu le plus dur de l'organisme après l'émail) : il contient 70% de sels minéraux (essentiellement du carbonate de calcium) et 30% de substances organiques (essentiellement du collagène associé à d'autres phosphoprotéines).

Structurellement, ce tissu est parcouru par des canalicules dentinaires disposés préférentiellement d'une façon perpendiculaire à la surface de la pulpe. Ces canalicules ainsi que les différents composants qu'ils contiennent sont responsables de la diffusion de la lumière lors de son passage dans son épaisseur.

C'est un tissu vivant, dynamique, caractérisé par la présence de terminaisons nerveuses et de fluide dentinaire localisés dans la lumière de ces mêmes canalicules dentinaires.

Au cours de notre vie, le volume de dentine augmente alors que celui de la pulpe diminue (la pulpe est très volumineuse chez les enfants).

La dentine est le tissu responsable de la couleur de la dent :

- son faible degré de minéralisation, comparé à celui de l'émail, et la forte proportion de substances organiques expliquent l'opacité de la dentine primaire ;
- son architecture particulière, en nombreuses cavités étroites et allongées, les canalicules dentinaires, explique la diffraction sélective de la lumière. Cette diffraction explique pour une partie l'opacité des dentines primaires et secondaires.

La structure et la composition de ce tissu sont en perpétuelle évolution. La principale est la formation de dentine secondaire physiologique. Elle peut être également associée à la fabrication de dentine réactionnelle, soit intra canaliculaire, soit se déposant aux dépens du volume de la chambre pulpaire; on parlera alors de dentine tertiaire. Ces dépôts de tissus minéralisés vont modifier d'une façon significative les propriétés optiques de la dent.

La dentine secondaire physiologique se forme tout au long de la vie mais ces dépôts sont épisodiques et irréguliers. Elle est plus minéralisée que la dentine primaire et donc moins opaque, sa saturation est plus élevée.

La dentine réactionnelle, réponse de la pulpe aux caries ou aux chocs, est plus saturée que la dentine primaire et secondaire. Elle se forme en regard de la zone soumise à la sollicitation.

La dentine transparente, apparaissant avec le vieillissement, se forme aux dépens du volume de la lumière des canalicules dentinaires, conduisant quelquefois à leur oblitération totale. Elle a tendance à se former préférentiellement au niveau de la racine, la rendant progressivement de plus en plus translucide. Au niveau de la jonction amélo-cémentaire, cette dentine est caractéristique ; elle y est très translucide et parfois même transparente. Elle joue un rôle important dans la transmission de la lumière ; elle se comporte comme une fibre optique et contribue à la transparence de la dent [15] (**Fig. 14**).

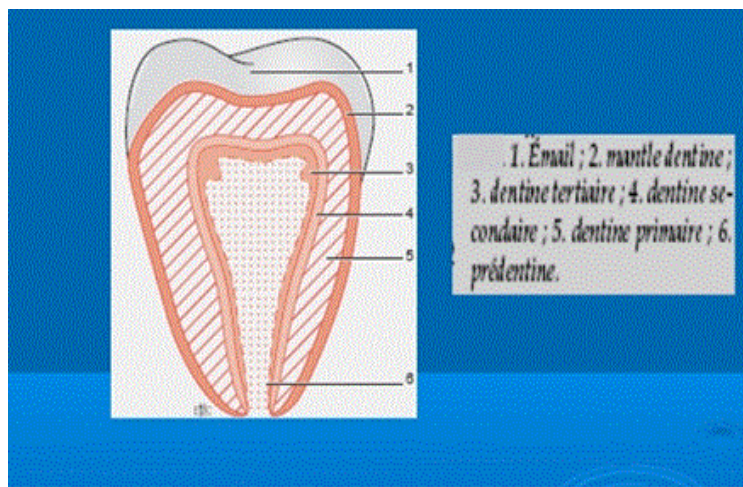


Figure 14: Le siège des différents types de dentine [67].

1.3. Le ciment :

C'est un élément du parodonte avec le desmodonte, la gencive et l'os alvéolaire. C'est un tissu minéralisé qui recouvre les racines dentaires à partir du collet, faisant suite à l'émail.

A sa face externe, une couche de cémentoblastes élabore du ciment pendant toute la vie de la dent. Sa structure est « proche » de celle du tissu osseux : il est en revanche avasculaire. Le ciment est recouvert dans les conditions physiologiques normales par la gencive, c'est pourquoi on peut penser qu'il n'influence pas la couleur de la dent, néanmoins il peut entraîner une coloration jaunâtre par diffusion de la lumière au niveau du collet [15].

1.4. La pulpe :

C'est un tissu conjonctif lâche composé de vaisseaux sanguins et de nerfs. Elle est contenue dans la chambre pulpaire se prolongeant par les canaux dentaires s'ouvrant à l'apex des racines. Elle est limitée en périphérie par une couche de cellules sécrétant la dentine, les odontoblastes. C'est une masse plus ou moins volumineuse de couleur rouge en raison de sa vascularisation [15] (**Fig. 15**).

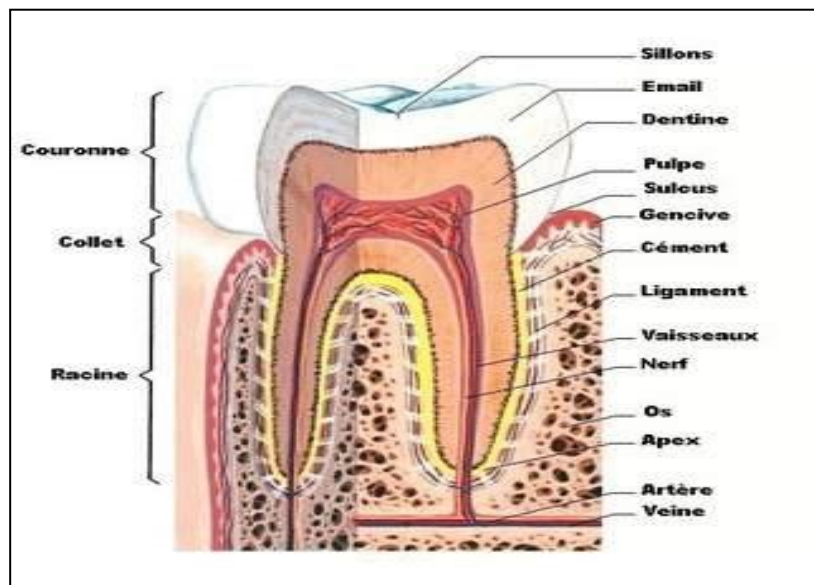


Figure 15 : Les structures de la dent [67].

2. Les sept dimensions de la couleur naturelle des dents :

L'aspect coloré des dents dépasse largement une définition de coordonnées trichromatiques ($L^*a^*b^*$). Si le système s'applique bien à une couleur réfléchissante disposée sur une surface plane, les effets colorés de transmission, liés à la nature translucide et transparent de l'émail ainsi que les formes axiales convexes des dents modifiant les axes de réflexion par rapport à une surface plane, ne sont pas pris en compte dans l'analyse trichromatique. Le rendu visuel d'une dent naturelle est avant tout lié à la stratification de ses tissus. Il en résulte un comportement optique qui est une combinaison complexe entre sept éléments [18] (**Fig. 16**) :

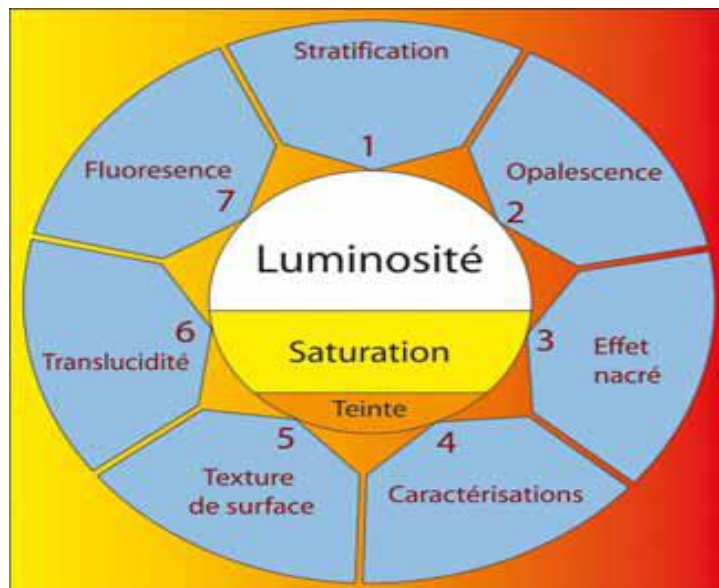


Figure 16 : L'effet coloré d'une dent naturelle dépend de sept facteurs optiques ou structuraux [28].

2.1. La stratification :

Les dents naturelles humaines présentent de nombreuses variations d'effets colorés de la zone de collet jusqu'au bord libre. Il est classique de dire que le noyau dentinaire opaque donne la tonalité chromatique alors que la coque d'émail semi translucide est responsable des effets de luminosité. Le dégradé cervical ne correspond qu'à l'affinement de la couche d'émail vers le collet, laissant davantage apparaître la couleur dentinaire de fond. Chez le jeune les effets incisaux sont purement amélaire comme l'opalescence, alors que chez des patients plus âgés l'usure incisale laisse voir la lame dentinaire et les fêlures de l'émail [28] (Fig. 17).



Figure 17 : La stratification [28].

2.2. La transparence et la translucidité :

La transparence se retrouve très peu au niveau des dents. Un matériau transparent laisse passer la totalité de la lumière. Le contraire de la transparence est l'opalescence.

En revanche, les dents ont une certaine translucidité. La translucidité d'un matériau traduit le fait que celui-ci laisse passer seulement une partie de la lumière. La translucidité est un facteur important dans la réussite de la prothèse. Plus une dent est translucide moins elle est lumineuse, car une grande partie de la lumière pénètre dans la dent. La translucidité d'une dent n'est pas uniforme, en raison des différentes couches qui composent une dent.

L'émail a une translucidité de 70%, il laisse donc passer une grande partie de la lumière incidente (un matériau ayant une translucidité de 100% est transparent). Le bord libre des dents étant composé essentiellement d'émail et de très peu de dentine, c'est la zone la plus translucide de la dent. La dentine quand à elle a une translucidité de 40%, elle est plus opaque que l'émail. La zone de collet étant peu recouverte d'émail par rapport au reste de la couronne, c'est la zone la moins translucide. Les dents jeunes ont des effets translucides importants (**fig.18 a**). Avec l'âge l'émail s'affine, la dent perd ses effets de transparence et sa saturation augmente. La dentine est donc plus visible, elle permet à la lumière de mieux circuler sous la coque d'émail (**fig.18 b**). L'état de surface dentaire influe grandement sur la translucidité : plus la surface est lisse plus la dent est translucide (Fondriest J. 2003) [15, 16].



Figure 18 : Une dent jeune à émail peu usé présente des effets translucides importants du bord incisif (a). En coupe on observe une sous couche transparente de dentine scléreuse qui permet à la lumière de circuler sous la coque d'émail (b) [28].

2.3. L'opalescence :

L'opalescence est la capacité d'un corps à transmettre et réfléchir les mêmes longueurs d'ondes, quelle que soit la source d'éclairage [16]. C'est un effet optique décrit par analogie à la pierre opale et qui tient à la taille cristalline très fine de ses cristaux de dioxyde de silicium.

En réflexion lumineuse, l'opale réfléchit préférentiellement des longueurs d'ondes courtes ce qui lui donne un aspect bleuté, alors qu'en transmission lumineuse elle filtre les longueurs d'onde courtes ne laisse passer que les longueurs d'ondes rouge-orangées. On parle d'« effet opale » (**fig.19 a**). La taille cristalline très fine des molécules d'hydroxy apatites (0,15 à 0,05 μm) donne le même comportement optique à l'émail. Des effets bleutés et orangés sont souvent visibles sur les bords d'émail naturel des dents jeunes (**fig.19 b**). La plus part des fabricants de céramiques proposent des poudres d'émails à effet opalescent [28].



Figure 19: La pierre opale est caractérisée par une couleur bleutée en réflexion lumineuse et rouge-orangée en transmission lumineuse (**a**). Des coupes d'émail photographiées en réflexion et en transmission lumineuse montrent le même effet optique (**b**) [28].

2.4. La fluorescence :

La fluorescence est la capacité d'un corps soumis à un rayonnement ultraviolet d'émettre un rayonnement dont la longueur d'onde se trouve dans le spectre de la lumière visible. Les dents naturelles présentent une fluorescence blanc bleutée. C'est la dentine qui est responsable de ce phénomène, plus elle vieillit plus elle perd son caractère fluorescent du fait de son hyper minéralisation. Les fabricants de céramique ont introduit depuis longtemps dans les poudres de céramiques des terres rares qui donnent aux dents prothétiques une fluorescence bleutée comparable aux dents naturelles, pour éviter que lors de l'exposition à une lumière riche en ultraviolet, la dent prothétique ne paraisse noire (par exemple sur la plage en plein été) [1,6] (**Fig. 20**).



Figure 20: Sur cette coupe d'incisive centrale éclairée en lumière ultraviolette on peut observer la fluorescence bleutée de la dentine. Elle est plus marquée au niveau de la dentine péri- pulpaire [28].

2.5. L'état de surface :

La réflexion lumineuse, ou l'absorption lumineuse qui nous renvoie l'image d'un objet observé n'est pas fonction du relief accidenté ou lisse du plan regardé. En effet, à des défauts de surface visibles, s'associent des rugosités microscopiques de l'émail, qui absorbent et diffractent la lumière, donc la luminosité. Une lumière transmise au travers d'un corps transparent en abaisse la valeur. Une lumière appliquée à un corps opaque est absorbée et lui donne une valeur augmentée. Une surface micro-irrégulière ou poreuse nous fera percevoir, pour une même couleur de base, une valeur plus élevée, ce qu'un spectrophotomètre, d'ailleurs, est incapable de détecter. C'est d'ailleurs une manière en bouche, d'« ajuster », par

polissage ou dépolissage le niveau de valeur d'une dent céramique ou d'une dent naturelle, et donc son intégration si nécessaire [18].

L'état de surface des dents naturelles peut être très variable et il influence significativement la perception colorée. Les dents jeunes ont en général une micro-géographie de surface tourmentée, riche en fossettes et en stries horizontales de croissance (périchématies). L'état de surface reste brillant même après avoir séché la dent (**fig.21 a**). Avec l'âge, l'usure abrasive et érosive de l'émail efface peu à peu ces irrégularités. La dent âgée prend un aspect lisse avec un état de surface caractéristique « émoussé, luisant et brillant (**fig.21 b**). Cependant l'action des sodas (coca-cola), des jus d'agrumes (citron), les problèmes de reflux gastro-œsophagiens (RGO) ou de consommation de drogues, peuvent provoquer une altération précoce de l'état de surface.

Un état de surface brillant favorise la réflexion spéculaire et la transmission lumineuse à l'intérieur de la dent, ce qui diminue le niveau de la luminosité.

Un état de surface irrégulier favorise en revanche une réflexion diffuse « en halo », ce qui fait apparaître la dent plus claire avec un aspect « mat ».

L'état de surface des dents doit être systématiquement marqué sur la fiche de communication avec le laboratoire de prothèse [19].



a



b

Figure 21: Dents d'un patient jeune, âgé de 25 ans, caractérisées par une micro géographie de surface riche en fossettes et stries (a). Dents d'un patient âgé de 80 ans avec un aspect de surface lisse et émoussé caractéristique de l'usure abrasive (b) [28].

2.6. Les caractérisations :

Les caractérisations représentent des aspects colorés particuliers et ponctuels. Il peut s'agir de tâches blanches opaques de déminéralisation (traumatisme des dents temporaires), d'effet nuageux et laiteux (hypominéralisation des molaires ou incisives), de coloration de la lame dentinaire (usure abrasive de l'émail), de fissures ou fractures de l'émail avec ou sans infiltration (parafunctions). Il est primordial d'en tenir compte et de les reproduire, et ce d'autant qu'elles sont marquées [17] (**Fig.22**).



Figure 22 : Caractérisation blanche d'hyper Fluorose sur ces faces vestibulaires d'incisives [28].

2.7. L'effet nacré :

L'effet nacré est un effet de surface que présentent certaines dents jeunes. Il est brillant, légèrement métallique, comparable aux reflets irisés des cristaux d'aragonite et de conchyoline de certaines coquilles de mollusques. Certains fabricants proposent des poudres de céramique spécifiques permettant de l'obtenir [17] (**Fig.23**).

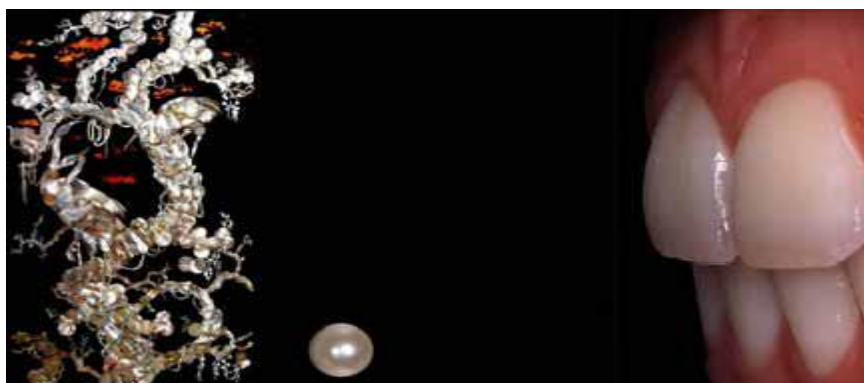


Figure 23 : L'effet nacré et un effet de brillance métallique de surface comparable à celui de la nacre [28].

3. Les variations de la couleur dentaire :

3.1. Les variations physiologiques :

3.1.1. Variations inter-dentaires :

Il existe une multitude de couleurs différentes au sein d'une même arcade pour plusieurs raisons :

- La canine est toujours plus jaune que les autres dents car est plus saturée et surtout plus opaque ;
- Les dents mandibulaires sont caractérisées par un émail moins épais que les dents maxillaires, elles sont donc plus saturées et apparaîtront toujours moins blanches ;
- Les dents postérieures, prémolaires et molaires, sont généralement plus saturées que les dents antérieures.

3.1.2. Variations ethniques :

Il n'y a pas de modification des structures anatomiques suivant les origines ethniques mais il existe en revanche une modification des perceptions des couleurs selon le degré de saturation des téguments. En effet, selon Mariani (1993), les teintes dentaires semblent plus blanches quand elles sont à proximité d'éléments muqueux plus foncés.

3.1.3. Variations sexuelles :

Selon Mariani, les femmes auraient les dents plus lumineuses que les hommes. D'autre part, les dents des hommes seraient moins translucides que celles des femmes [15].

3.1.4. Variations selon L'âge :

- **L'émail** d'une dent (jeune) est caractérisé par un faible degré de minéralisation et une épaisseur importante. Il apparaît opaque et la dent est caractérisée par une luminosité élevée, à l'inverse l'émail d'une dent (âgée) est plus minéralisé et son épaisseur est beaucoup plus fine, conséquence de toutes les sollicitations mécaniques qu'il a subi. En terme colorimétrique, cela se traduit par une grande translucidité qui permet de percevoir très aisément la dentine sous-jacente ;

- **La dentine** transparente de la jonction amélo-cémentaire est plus importante dans les dents âgées que dans les dents jeunes. L'altération de la dentine par des processus physiques ou chimiques entraîne la synthèse de dentine tertiaire plus jaune car plus minéralisée ;
- **La pulpe** a son volume qui varie de manière importante avec l'âge. Chez le jeune, ce volume étant très important, la dent prend un aspect rosé souvent très visible sur les faces linguales. Avec l'âge, le volume de cette cavité diminue : son influence sur la couleur de la dent diminue également dans les mêmes proportions ;
- Au fil des années, **le cément** est de plus en plus visible par la diminution physiologique de la hauteur de la gencive ou par des phénomènes de récessions gingivales. Cependant, l'influence du cément sur la couleur de la dent est limitée du fait de sa disparition rapide par abrasion laissant la dentine radiculaire à nu ;
- **L'état de surface** de l'émail est soumis à des variations importantes lors du vieillissement de la dent.

Les surfaces des dents jeunes sont caractérisées d'une part par des stries horizontales d'une profondeur variable et d'autre part par une multitude d'irrégularités anatomiques se présentant sous la forme de micro-reliefs. La surface vestibulaire est donc à l'échelle microscopique extrêmement tourmentée avec une réflexion de la lumière qui est différente et moindre que celle de dents âgées qui apparaissent toujours à l'échelle macroscopique, beaucoup plus régulières et lisses.

Par ailleurs, les zones d'usure couramment observées sur les versants cuspidiens des dents postérieures, soumises à des para-fonctions importantes et fréquentes, confèrent un aspect plus brillant à la surface de l'émail. Ces zones constituent souvent un élément du diagnostic clinique du bruxisme [20].

3.2. Les dyschromies dentaires :

3.2.1. Les dyschromies primitives ou congénitales :

Elles sont dues à une atteinte ou à une maladie infectieuse générale lors de la formation des dents. Elles peuvent être généralisées ou localisées.

3.2.1.1. Pigmentation à la tétracycline :

La tétracycline est un antibiotique prescrit pour les femmes enceintes dans les années 1970 pour contrer les nausées consécutives à la grossesse.

La prise de tétracycline a de nombreuses conséquences :

- Coloration jaune-brun des dents : après un traitement long chez les jeunes enfants ;
- Coloration très marquée, indélébile car c'est la dentine qui est marquée par le pigment de l'antibiothérapie ;
- La tétracycline a un tropisme important pour l'os et la matrice dentaire qu'elle imprègne sous forme de sels. Elle donne une coloration fluorescente aux UV ;
- Les dents atteintes ne présentent pas de fragilité particulière (**Fig.24**).

Remarque : autre médicament : RoacutaneB, traitement contre l'acné.



Figure 24: Coloration due à la prise de tétracyclines [68].

3.2.1.2. La dent verte : consécutive à l'ictère néonatal.

Les dents sont pigmentées par la bilirubine, produit de dégradation de l'hémoglobine. Les manifestations dentaires constituent l'un des symptômes d'une maladie génétique rare : la maladie de GUNTHER ou porphyrie congénitale. Dans cette pathologie, les dents sont colorées en rosé (**Fig.25**).

Cette anomalie chromatique est associée à des urines rouges et à l'apparition de bulles sur la peau.



Figure 25 : La dent verte [68].

3.2.1.3. Les dysplasies dentaires :

Ce sont des anomalies liées à une altération métabolique survenue au moment de la formation des tissus dentaires: dans le cas d'excès, on évoquera les hyperplasies, à l'inverse dans le cas de défaut, ces anomalies seront appelées hypoplasies. On distingue les hypoplasies simples des hypoplasies complexes. Elles ont des origines différentes :

3.2.1.3.1. De causes générales :

Atteinte de l'une ou de l'autre des dentures, dentine et émail peuvent être atteints. Les différentes formes cliniques sont :

- Les hypoplasies simples (cupuliforme, linéaire, en bande) ;
- Les hypoplasies complexes (dent de HUTCHINSON sur les incisives centrales maxillaires ou dent de MOZER sur les premières molaires maxillaires) ;
- L'hypominéralisation / hypocalcification : les fluoroses dentaires.

3.2.1.3.2. De causes locales :

Elles sont dans ce cas asymétriques sur une dent unique ou sur un groupe de dents. Les différentes formes cliniques sont :

- L'hypoplasie traumatique sur une dent lactéale avec une répercussion sur la dent définitive par une tache jaune, rose ou brune ;
- La dent de TURNER d'origine infectieuse.

3.2.1.3.3. Hérititaires :

Qui atteignent les deux dentures. Elles peuvent toucher l'émail, on parle alors d'amélogénèse imparfaite ; ou la dentine, on parle alors de dentinogénèse imparfaite (**Fig.26**).



Figure 26: Amélogénèse imparfaite [68].

3.2.2. Les dyschromies acquises :

Il existe deux types d'étiologie :

3.2.2.1. De causes intrinsèques :

Apparition d'une modification de la teinte par suite de la dégradation des vaisseaux de la pulpe dentaire (hémoglobine) :

- Traumatisme : à la suite d'un traumatisme, il y a une rupture du paquet vasculo-nerveux et donc une nécrose du tissu pulpaire ;

- poly-traumatismes sur les dents. En général, il s'agit d'un poly-traumatisme professionnel tel que le stylo en bouche en permanence chez une secrétaire. Il y a alors rupture progressive du paquet vasculo-nerveux avec une nécrose du sang pulpaire et le dépôt de pigments, tels que bilirubine ou biliverdine, dans les canalicules dentinaires ;
- Pathologie du parenchyme pulpaire : les trois affections qui colorent la dent sont :
 - Une gangrène pulpaire qui correspond à une nécrose accompagnée d'un dégagement gazeux ;
 - Certaines pulpectomies avec obturation canalaire : quand une forte hémorragie survient lors de la pulpectomie, une présence de sang dans les canalicules entraîne une coloration rosée de la dent ;
 - Une hyperplasie pulpaire qui donne un granulome interne. En général elle se produit sur une dent de lait, la pulpe sort alors de la dent et se transforme en polype. Elle est également observée sur la dent définitive : dans ce cas, la pulpe dégénère et la destruction d'une partie de la dentine a lieu ce qui aboutit à la formation du Pink Spot (tache rose visible à travers la couronne).

3.2.2.2. De causes extrinsèques :

Ce sont souvent des imprégnations de la dentine par une substance « Colorante » dont la nature chimique varie :

- Des sels métalliques :
 - Le fer est responsable de coloration brune ;
 - L'argent est responsable de coloration ardoisée ;
 - Le cuivre est responsable de coloration verte ;
 - Le zinc est responsable de coloration noirâtre.
- Des produits chimiques :
 - Le trinitrophénol est responsable de coloration jaune ;
 - Le mercure est responsable de coloration grisâtre ;
 - Les vapeurs nitreuses sont responsables de coloration verte ;
 - Le goudron est responsable de coloration noirâtre.

- Odonto-iatrogènes :

L'amalgame dentaire est responsable de coloration grise-noire en raison de la diffusion des oxydes métalliques dans la lumière des canalicules dentinaires (**Fig.27**),

Le révélateur de plaque est responsable de coloration des joints des composites en jaune ou rose selon la couleur du révélateur.



Figure 27: Coloration due à une restauration à l'amalgame [68].

- Médicaments :

La chlorhexidine et la sanguinarine, principes actifs de nombreux bains de bouche, sont responsables par leur absorption heureusement réversible de coloration jaune brune (**Fig.28**).



Figure 28: Coloration due à l'usage de Chlorhexidine [68].

- Coloration microbienne :

La chlorophylle de certains aliments ou champignons est responsable de coloration verte, certaines bactéries chromogènes sont responsables de colorations en taches brunes noires ou oranges (**Fig.29**).

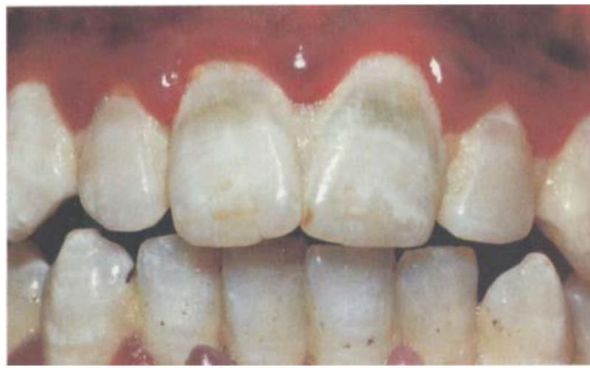


Figure 29 : Coloration verte attribuée aux bactéries chromogènes [68].

- Colorations alimentaires :
 - Les fruits rouges sont responsables de coloration rouge ;
 - Les thés, cafés, sodas sont responsables de coloration brune ;
 - Le tannin du vin est responsable de coloration noirâtre (**Fig. 30**).



Figure 30 : Coloration d'origine alimentaire [68].

- Coloration tabagique :

La nicotine favorise les colorations brunes ou noirâtres [15] (**Fig.31**).



Figure 31 : Coloration d'origine tabagique [68].

CHAPITRE III : LES BIOMATERIAUX

Le développement de la chimie des matériaux a conduit à la production de biomatériaux dentaires de plus en plus performants avec des propriétés physico-chimiques remarquables et un résultat esthétique satisfaisant. Ils sont utilisés en clinique et au laboratoire ou ils apparaissent comme les matériaux de choix pour la réalisation des pièces prothétiques mobiles et fixées.

1. Les résines dentaires :

Les résines dentaires sont utilisées en clinique et au laboratoire ou elles apparaissent comme un matériau de choix pour la réalisation de pièces prothétiques adjointe, partielle ou complètes.

Cliniquement, ce sont aujourd'hui quasi exclusivement des résines méthacryliques ou polyméthacrylates de méthyle.

1.1. Méthacrylates de méthyle :

Résultant de l'estérification par l'alcool méthylique de l'acide méthacrylique, lui-même obtenu à partir de l'acétone.

Sous l'influence de la chaleur ou d'un initiateur chimique se produit une polymérisation conduisant au polyméthacrylate de méthyle selon la réaction **(Fig.32)** :

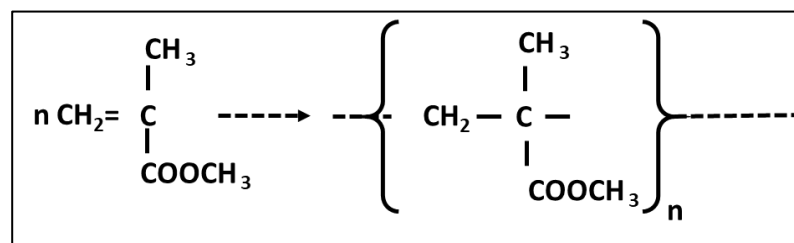


Figure 32 : Formule chimique de la polymérisation de la résine [31].

Selon la polymérisation du méthacrylate de méthyle, conduite par la chaleur ou un agent chimique, nous distinguerons :

-Les résines «durcissant par la chaleur »ou mieux« thermopolymerisables »

-Les résines «durcissant à froid» ou «autodurcissantes» ou «autopolymérisables» ou mieux «chémopolymérisables».

1.1.1. Résines thermopolymérisables :

La préparation s'effectue par le mélange, suivi de chauffage d'une poudre et d'un liquide.

Poudre : Constituée essentiellement du polymère (Polyméthacrylates de méthyle accompagné d'un peroxyde de benzol = 0,5 à 2 % du poids) qui joue le rôle de donneur de radicaux libres.

Liquide : Incolore, il est constitué de monomère (Méthacrylates de méthyle) additionné d'un anti oxydant (Hydroquinone = 0,006% en poids) qui joue le rôle d'inhibiteur de polymérisation afin de permettre la conservation.

1.1.2. Résines chémopolymérisables :

Les résines chémopolymérisables encore appelées autopolymérisantes, puisque polymérisant sans l'intervention d'un agent extérieur, tel que la chaleur, elles sont utilisées en clinique et au laboratoire pour des réalisations ou des réparations immédiates à cause de leur simplicité d'emploi.

1.2. Propriétés optiques des résines :

Indice de réfraction : Il est de 1,49, soit du même ordre de la grandeur que ceux de la dentine (1,5) et de l'émail (1,6).

Indice de transparence : Elle est excellente, un échantillon de 3mm d'épaisseur transmet 90% de la lumière incidente. Cette transparence se prolonge dans l'ultra-violet jusqu'aux environs de 250nm.

Indice de coloration : Les possibilités de colorations sont pratiquement illimitées. La stabilité de coloration sera testée par exposition à l'ultra-violet : un jaunissement est possible.

Les résines vieillissent mal (usure, coloration) et sont donc contre indiquées pour les prothèses définitives [31].

2. Les céramiques dentaires :

2.1. Définition :

La céramique est un matériau très ancien qui a connu de nombreuses évolutions, son nom provient du grec « keramos » qui signifie argile.

A l'origine, la céramique est l'art de façonner l'argile et d'en fixer les formes par la cuisson.

Actuellement et d'une manière générale, le terme céramique désigne : tout matériau inorganique, fragile, et mis en forme à haute température à partir d'une poudre dont la consolidation se fait par frittage, cristallisation ou prise d'un liant hydraulique.

Les céramiques sont des matériaux non métalliques, composés d'oxydes, de carbures, de nitrures et de borures. Les céramiques présentent des liaisons chimiques fortes de nature ionique ou covalente. Elles sont mises en forme à partir d'une poudre de granulométrie adaptée qui est agglomérée. Dans une deuxième étape la densification et la consolidation de cet agglomérat sont obtenues par un traitement thermique appelé frittage [22].

2.2. Classification des céramiques :

2.2.1. Classification traditionnelle :

Traditionnellement, la classification était faite en fonction des températures de fusion. Le terme de fusion est d'ailleurs inapproprié, il s'agit en fait de la température de frittage.

- **Haute fusion:** 1289 à 1390°C (dents artificielles des prothèses amovibles) ;
- **Moyenne fusion:** 1090 à 1260°C (Jackets cuites sur platine) ;
- **Basse fusion:** 870 à 1065°C (émaillage couronnes céramo-métalliques) ;

- **Très basse fusion** 660 à 780°C (depuis 1992) : émaillage du titane, émaillage d'alliage à haute teneur en or, réalisation d'éléments entièrement en céramique et de joints céramique-dent [22] (**Tableau.01**).

Tableau 01 : Classification des céramiques suivant leur intervalle de fusion [70].

Type de céramiques	Température de Fusion	Indications
Céramique haute fusion	1280-1390 °C	Prothèse amovible
Céramique moyenne fusion	1090-1260 °C	Jacket ou matrice platine
Céramique basse fusion	870-1065 °C	Céramo-métallique pour émaillage des métaux
Céramique très basse fusion	660-780 °C	Céramo-métallique pour émaillage du titane et de l'or à bas intervalle de fusion

2.2.2. Classification actuelle (SADOUN et FERRARI) :

Les propriétés finales des prothèses en céramique, résistance mécanique, microstructure, précision d'adaptation et propriétés optiques, résultent de la nature chimique du matériau et du procédé de mise en forme. Un même matériau peut être mis en forme de façons différentes, modifiant ainsi ces propriétés. Un même procédé de mise en forme peut être utilisé pour différents matériaux. Il est donc indispensable d'établir une classification basée sur : (1) les procédés de mise en forme, (2) la microstructure et (3) la composition chimique [22].

2.2.2.1. En fonction de procédés de mise en forme :

Il existe deux catégories selon que la mise en œuvre nécessite ou non un support métallique.

2.2.2.1.1. Mise en forme avec armature métallique :

Le rôle de ce support métallique est de renforcer mécaniquement la prothèse et de servir de support de cuisson sur lequel va s'annuler la rétraction de frittage grâce à la plasticité à haute température de la phase vitreuse ;

Cette armature peut être :

- Une feuille d'or ou de platine brunie sur le MPU.
- Une armature coulée en alliage précieux ou non précieux.

Les diverses étapes de l'élaboration sont :

2.2.2.1.1.1. Mise en forme de la pâte crue :

La poudre est mélangée à un liquide à modeler pour former une pâte plastique qui est déposée sur le support métallique ou le die en revêtement, à la spatule ou au pinceau.

2.2.2.1.1.2. Condensation :

Une granulométrie distribuée (gros grains et petits grains de taille 10 fois plus petite) et l'élimination de l'eau utilisée pour le modelage par vibration, pompage, permettent un rapprochement des particules, une diminution de la porosité (qui reste de 30 à 40%) et une rétraction limitée. La condensation influence aussi la résistance de la céramique.

2.2.2.1.1.3. Séchage et déshydratation :

A température modérée (porte du four ouverte) puis à plus haute température (600-660°) pour la calcination des additifs ou colorants organiques utilisés pour le montage.

2.2.2.1.1.4. Frittage :

Frittage en phase liquide sous vide afin d'éviter les inclusions d'air (porosités), une montée en température 940°-980° en 6mn entraîne l'abaissement de la viscosité de la phase vitreuse. Les grains prennent une forme sphérique (diminution de la tension superficielle) puis s'unissent pour former une phase liquide qui mouille les particules cristallines. La tension superficielle de la phase vitreuse permet un rapprochement et un réarrangement. La céramique est alors plastique. Cette étape se caractérise par l'élimination des interfaces liquide-vapeur et leur remplacement par des interfaces liquide-solide.

Cette étape est caractérisée par des phénomènes de dissolution – précipitation entre la phase liquide et les particules cristallines aboutissant à la diminution des interfaces liquide-solide. Ces phénomènes aboutissent à la disparition des petites particules et l'arrondissement des grosses. Il se produit une rétraction consécutive à la diminution de la porosité (32 à 37%).

La rétraction entraînerait l'impossibilité d'insérer la pièce prothétique si un support indéformable (armature métallique ou revêtement) n'annulait cette déformation.

2.2.2.1.1.5. Refroidissement :

Il équivaut à une trempe à l'air. Il n'y a donc pas de réorganisation moléculaire. Il s'accompagne de distorsions macroscopiques entraînant une compression au centre et une traction sur les bords et pouvant engendrer des fissures.

2.2.2.1.1.6. Glaçage :

C'est une cuisson pendant 10 à 15 mn, dont 5 à température de ramollissement. Le glaçage permet une fermeture des pores, une mise en compression des couches internes et donne une surface lisse et brillante.

2.2.2.1.2. Mise en forme sans armature métallique :

Afin d'éviter les problèmes d'esthétique et de corrosion liés à l'utilisation d'infrastructures métalliques, les recherches se sont portées sur des matériaux de restauration « tout céramique ».

2.2.2.1.2.1. Cuisson sur revêtement :

A peu près toutes les céramiques peuvent être frittées sur un revêtement compatible et chimiquement inerte.

2.2.2.1.2.2. Coulée et vitro céramisation :

La mise en forme s'effectue par coulée à la cire perdue identique à celui permettant l'obtention de pièces métalliques. (Ex : Dicor)

Après section de la tige de coulée et contrôle, le traitement thermique de céramisation. La céramisation est réalisée dans un four programmé, pendant 6 heures à une température finale de 1075°C. Elle conduit à la formation d'une structure cristalline (55%) de type mica. Les cristaux sont des feuillets hexagonaux superposés qui ont tendance à se cliver au contact du front de fissure ce qui permet de limiter la propagation de la fissure.

2.2.2.1.2.3. Injection dans un moule en matériaux réfractaires :

Soit à basse température : technique permettant la réalisation d'armatures, par la technique de la cire perdue. Une céramique à l'état visqueux (Cerestore®) est injectée sous pression dans le moule. Puis on réalise un frittage secondaire.

Soit à haute température : la céramique Empress® est injectée à 1170°C. Le protocole de montée en température est long et très précis. Réalisation complète de la couronne, puis maquillage de surface, ou réalisation de la chape puis stratification avec une céramique adaptée.

- Maquillage : la totalité de la restauration est réalisée par injection puis maquillée en surface.
- Stratification : une armature en Empress est réalisée et recouverte par une céramique feldspathique adaptée au procédé.

2.2.2.1.2.4. Barbotine, frittage et infiltration :

Le système In-Ceram® (Sadoun, 22, 106) comporte essentiellement une composition cristalline : 85% en poids de particules d'alumine de granulométrie spécifique. Le montage s'effectue au pinceau sur le duplicata du MPU avec la technique en barbotine (suspension de grains d'alumine dans l'eau). Une première cuisson permet le frittage des grains d'alumine à 1120°C. Un second traitement thermique consiste à infiltrer par du verre fondu le résidu de pores ouverts afin d'obtenir un matériau compact, exempt de défauts de mise en forme et possédant des propriétés mécaniques plus intéressantes.

2.2.2.1.2.5. Usinage :

Les céramiques usinées sont préparées industriellement sous forme de blocs ou de cylindres destinés à être usinés à l'aide d'un système CFAO. Les blocs peuvent être totalement densifiés ou seulement pré frittés. De nombreux matériaux peuvent être usinés. Cependant, dans le cadre des restaurations céramo-céramiques, ce sont essentiellement les vitrocéramiques (à base de disilicate de lithium), les céramiques infiltrées (In-céram) et, surtout les céramiques à base de zircone qui sont usinées [22].

2.2.2.2. En fonction de la microstructure :

2.2.2.2.1. Céramiques vitreuses (céramique feldspathique ou vitrocéramique) :

Matrice vitreuse +cristaux dispersés.

Céramiques riches en silicates :

Historiquement, ce sont les premiers matériaux utilisés en prothèse dentaire. On trouve dans cette famille les céramiques feldspathiques de première et deuxième génération (renforcées par de la leucite) et les vitro céramiques. Les vitro céramiques sont des matériaux mis en forme à l'état de verre puis traités thermiquement pour obtenir une cristallisation contrôlée et partielle.

La structure de toutes ces céramiques est de type biphasé : matrice vitreuse et phase cristalline dispersée dans la matrice (on parle de céramiques vitreuses). Elles sont majoritairement utilisées comme céramiques cosmétiques. Les vitrocéramiques peuvent être aussi utilisées comme matériau d'infrastructure. C'est le cas de la céramique IPSe.maxPress[®] renforcée par du di-silicate de lithium.

2.2.2.2.2. Céramiques infiltrées : matrice cristalline +verre infiltré.

Céramiques alumineuses :

Leur constituant principal est l'alumine(Al_2O_3). Leur microstructure est soit totalement cristalline, soit de type matrice cristalline et verre infiltré dans les porosités résiduelles (on parle alors de céramique infiltrée).

2.2.2.3. Céramiques poly cristallines : totalement cristallisées.

Céramique à base d'oxyde de zirconium (zircone) : apparus plus récemment, ces matériaux possèdent des propriétés mécaniques très élevées. Ces céramiques sont totalement cristallines (on parle de céramiques poly cristallines) [23].

2.2.2.3. En fonction de la structure chimique :

2.2.2.3.1. Céramiques feldspathiques : le modèle des céramiques dentaires :

Ce sont les céramiques traditionnelles destinées à l'émaillage des coiffes céramo-métalliques.

De nouvelles céramiques feldspathiques à haute teneur en cristaux de leucite, ont une résistance mécanique améliorée et un coefficient de dilatation thermique augmenté. Toutes les céramiques feldspathiques peuvent être, dans certaines situations cliniques, utilisées sans armature pour des restaurations unitaires [24].

Différentes compositions peuvent être relevées :

2.2.2.3.1.1.1. Composition physique :

La poudre est composée de grains de diamètre compris entre 4 et 100 μ m. Elle contient en plus, des plastifiants hydrosolubles facilitant la mise en forme (alginate, sucres) et des colorants.

2.2.2.3.1.1.2. Composition minéralogique :

Feldspath et feldspathoïdes : composent la matrice vitreuse des céramiques, température de fusion = 1100 à 1300°C.

Feldspath : Feldspath potassique (Orthose) : $K_2 Al_2O_3 6SiO_2$

Feldspath sodique (Albite): $Na_2O Al_2O_3 6SiO_2$

Feldspathoïdes : Néphéline : $2SiO_2 Al_2O_3 (K \text{ ou } Na) O$

Leucite : $4 SiO_2 Al_2O_3 K_2O$

Quartz : Compose la charpente cristalline. Température de fusion : 1700°C.

2.2.2.3.1.1.3. Composition chimique :

Cette classification ne préjuge pas de l'influence des composants sur les propriétés du matériau mais tient compte uniquement de leur concentration.

2.2.2.3.1.1.3.1. Les oxydes principaux:

Oxyde de Silicium (silice), SiO_2 : 55 à 78% (composant à la fois de la phase vitreuse et de la phase cristalline dispersée).

Oxyde d'aluminium (alumine), Al_2O_3 : < 10% (composant de la phase vitreuse essentiellement mais aussi parfois phase cristalline, diminue alors la translucidité).

A retenir : L'augmentation de la concentration en oxydes principaux s'accompagne d'une augmentation de la température de cuisson (frittage), de la tension superficielle, de la résistance mécanique et de la rétraction après frittage.

2.2.2.3.1.1.3.2. Les oxydes alcalins modificateurs :

Oxydes de cations alcalins monovalents : Na_2O , K_2O , Li_2O

Essentiellement modificateurs de la phase vitreuse.

A retenir : Les oxydes modificateurs abaissent la température de ramollissement, augmentent le coefficient de dilatation thermique en dessous de la température de transition vitreuse et diminuent la tension superficielle et la viscosité.

2.2.2.3.1.1.3.3. Les oxydes mineurs :

Ce sont les opacifiants, les fondants et les colorants.

- Opacifiants : 6 à 15% : ZrO_2 , SnO_2 , TiO_2
- Fondants : 0 à 5% : B_2O_3 , $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$. Ils abaissent la température de cuisson (frittage).
- Colorants : Oxydes métalliques et terres rares (agents fluorescents) :
 - TiO_2 pour le jaune
 - Fe_2O_3 pour le marron
 - CoO pour le bleu
 - NiO pour le gris
 - V_2O_5 pour le jaune [22]

2.2.2.3.2. Les céramiques alumineuses :

Leur constituant principal est l'alumine (Al_2O_3) [4]. Elles contiennent une proportion importante d'alumine dans le but de les renforcer. Plusieurs types de matériaux ont été successivement développés [22].

2.2.2.3.3. Les vitrocéramiques :

Ce sont des matériaux mis en forme à l'état de verre puis traités thermiquement pour obtenir une cristallisation contrôlée et partielle [24].

Certains composants matriciels (des oxydes) cristallisent par traitement thermique en présence de catalyseurs de germination [22].

2.2.2.3.4. Les céramiques ou plutôt verres hydrothermaux :

Ce sont des matériaux monophasés, (sans phase cristalline), dans la structure desquels, des ions OH ont été incorporés. Ils possèderaient un comportement de surface (dureté) plus proche de celui de l'émail des dents naturelles [22].

2.3. Les propriétés optiques de la céramique et de la céramo-métallique :

L'influence de la translucidité des matériaux d'armature et de la céramique cosmétique se doit d'être prise en compte lors des choix thérapeutiques. Le rendu esthétique est aussi fortement influencé par l'épaisseur de l'infrastructure et de la céramique de recouvrement. Heffernan et al, et Chen rapportent une translucidité importante pour les céramiques feldspathiques (e.max PressR HT, LO et In-Céram Spinelle), moyenne pour l'alumine (ProceraR et In-Céram AluminaR), et faible pour l'In-Céram ZirconiaR et l'e.max PressR HO. La zircone émerge comme la céramique la moins translucide. La céramique sur base opaque (zircone, alumine), malgré des progrès indéniables, ne peut prétendre avoir le même rôle vis-à-vis de la lumière que l'organe dentaire naturel.

La réflexion de la lumière est liée au nombre et à la composition de charges dans la céramique, les qualités esthétiques en découlent. Or, les qualités mécaniques augmentent avec la présence de charges. Il est donc logique de penser que les céramiques qui offrent les meilleures propriétés mécaniques sont moins aptes à diffuser la lumière. Elles aident à réduire

les effets négatifs induits par la dentine radiculaire colorée sur la couleur des restaurations. La translucidité prend toute son importance lorsqu'on fait varier le support dentaire sous-jacent (pilier dyschromie, reconstitution coron-radiculaire métallique, pilier implantaire titane).

En effet, la connaissance du niveau de translucidité du système permet de rechercher un effet masquant ou, au contraire, d'aller vers une translucidité extrême capable de véhiculer les rayons incidents au travers de la dent et des tissus marginaux. L'opacité totale étant bien entendu à éviter pour ne pas retomber dans les carences esthétiques des systèmes céramo-métalliques qui empêchent toute pénétration de la lumière, notamment au niveau des zones cervicales et du fait l'obscurcissement des tissus mous péri-dentaires [27].

3. Une céramique particulière : La zircone :

3.1. Définition :

Le zirconium est un oxyde métallique, on le trouve en 40^{ème} position dans le tableau périodique de Mendeleïev. A partir du zirconium, en absorbant de l'oxygène, on obtient du dioxyde de zirconium ZrO_2 qui est plus couramment nommé zircone (zirconia en anglais). A l'état naturel, on ne retrouve la zircone que dans un seul minéral, la baddeleyite (ou Brasilite).

Elle peut cependant être obtenue industriellement à partir du zircon (silicate de zirconium).

Le zirconium représente 0.02% du poids de la terre, ce qui en fait le 19^{ème} élément le plus courant [25].

La zircone, utilisée le plus souvent pour ses propriétés réfractaires, possède également d'intéressantes caractéristiques : bonne résistance à toutes les formes de corions, bonne biocompatibilité, bonne caractéristique mécanique, en particulier en flexion (1000 à 1500 MPa), et enfin bonne résistance à l'usure et au frottement. S'il existe une grande différence de module d'élasticité entre les céramiques d'alumine et les métaux (environ le double), ce n'est pas le cas des céramiques de zircone qui présente une élasticité similaire à celle des métaux et une ductilité élevée. Leur résistance à la fatigue atteint 10^7 cycles sur le banc d'essai.

La zircone existe sur trois formes cristallines stables selon la gamme des températures de frittage. Elle est en général stabilisée à l'aide d'additifs qui sont également des oxydes : MgO, CaO, Y₂O₃, Al₂O₃... le taux d'additifs est de l'ordre de 5 à 10% [26].

On différencie donc le zircon : silicate de zirconium et la zircone : dioxyde de zirconium.

3.2. Les différentes formes de zircone :

Habituellement, la zircone est présentée sous forme de blocs. Elle est produite industriellement selon quatre procédés :

- La zircone utilisée comme additif ; elle est dite infiltrée.
- La zircone pure ; elle est frittée en une seule étape ; c'est une zircone Y-TZP.
- La zircone préfrittée ; elle sera frittée en deux étapes et passera par une étape "crue", c'est aussi une zircone Y-TZP.
- La zircone multiphasique dérivée de polymères ; c'est de la zircone pure associée à des acides siliciques.

En dentaire, la forme la plus utilisée est la forme stabilisée à l'oxyde d'yttrium. C'est une zircone tétragonale partiellement stabilisée à l'yttrium (Y-TZP) [22].

3.3. Les Propriétés optiques de la zircone :

Les systèmes céramo-céramiques se sont essentiellement développés dans un but esthétique afin d'obtenir des reconstitutions prothétiques d'une couleur et d'une forme la plus proche possible de la dent naturelle.

La couleur naturelle de l'oxyde de zirconium varie du blanc à l'ivoire. Elle est variable en fonction de la densité du matériau. Plus la zircone est dense, plus elle est translucide. Dans un matériau translucide, la lumière circule facilement.

Comparée aux autres céramiques, la zircone est plus opaque et n'est donc pas la céramique de choix en ce qui concerne le secteur antérieur. Son aspect esthétique est tout de

même nettement supérieur aux systèmes céramo-métalliques. Une étude de EDELHOFF et SORENSEN en 2002 a permis de classer les différentes céramiques d'armature en fonction de leur translucidité. Les résultats obtenus sont les suivants: (de plus au moins translucide) In-Céram spinell[®] (céramique infiltrée)> empress II[®] (vitrocéramique)> Procéra[®](céramique alumineuse polycristalline)> zircone Y-TZP préfritée ou HIP >In-céram zirconia[®](céramique alumine 70% zircone 30%). Les chapes contenant de la zircone sont les moins translucides. L'opacité de la zircone présente toutefois un intérêt lorsqu'il s'agit de masquer un pilier fortement coloré ou un inlay core métallique.

Cliniquement, la zircone apparaît blanche. C'est un paramètre important car cela peut perturber le rendu esthétique des couronnes en leur donnant trop de clarté. Il est donc possible de modifier la teinte de la zircone en lui ajoutant des dopants avant le frittage. Cela entraînera toutefois une diminution des qualités mécaniques. Actuellement, des fabricants proposent une gamme de neuf teintes différentes.

L'épaisseur de l'armature est une composante très importante de l'aspect esthétique et de la translucidité de l'armature. En effet d'après HAUPTMANN et coll, il est important de noter qu'une faible épaisseur de céramique opaque sera autant voir plus translucide qu'une céramique plus translucide à la base mais assemblée en couches épaisses. Une chape en zircone de 0.5mm d'épaisseur aura la même translucidité qu'une céramique de 0.8mm. Quand une épaisseur de l'armature augmente de 0.5 à 1.5mm, l'opacité de cette même chape passe de 65 à 85%. C'est un paramètre important à maîtriser car nos armatures dans le cas de couronnes unitaires auront une taille moyenne de 0.8 à 0.9mm mais pourront passer à 1.5mm dans le cas de connexions de bridges. Donc tout pontique de bridge sera nécessairement plus opaque que l'armature au niveau des dents supports [25].

CHAPITRE IV : LES DIFFERENTS SYSTEMES DE PRISE DE COULEUR

CHAPITRE IV : LES DIFFERENTS SYSTEMES DE PRISE DE COULEUR

Le relevé de la couleur, communément appelé choix de teinte, est un problème journalier dans nos cabinets dentaires. L'importance de cette étape est généralement sous-estimée dans la communication avec le laboratoire de prothèse. Beaucoup de praticiens utilisent seulement le «teintier» pour transmettre la couleur. Les appareils d'aide au choix visuel comme les caméras ou les lampes calibrées et les appareils de détermination objective de la couleur, comme les colorimètres ou spectrophotomètres, restent encore très peu utilisés par les praticiens [29].

1. Les teintiers, relevé visuel :

1.1. Introduction :

La détermination visuelle de la couleur par comparaison de la dent avec les dents témoins du teintier est la méthode de prise de couleur de la dent la plus répandue dans les cabinets dentaires. La détermination de la couleur est une appréciation subjective du clinicien [16].

Le teintier doit être positionné sur le même plan que la dent dont on prend la couleur, et le choix doit se faire assez rapidement. Il ne faut pas rester plus de 5 secondes à fixer le même échantillon de couleur, pour ne pas fatiguer les yeux et donc fausser la mesure.

Enfin, du fait du nombre restreint d'échantillons disponibles sur un teintier, il faut rester conscient qu'il s'agit toujours plus d'une approche que d'une certitude [31].

Une fois la couleur déterminée, il faut vérifier celle-ci dans différentes situations lumineuses : patient debout, proche de la fenêtre Cela évite les risques de métamérisme.

1.2. Historique des teintiers :

Divers teintiers existent aujourd'hui sur le marché. Leur nombre relativement important révèle une recherche d'amélioration constante qui démontre la difficulté à établir un teintier performant et satisfaisant quant à la reproductibilité et la précision de la prise de teinte [32].

Le dilemme a beaucoup reposé sur le nombre de teintes-échantillons du teintier. Plus il y en a, plus il y a de comparaisons à établir. A la longue, l'œil humain fatigue et les appréciations perdent de leur fiabilité. Toutefois, moins le teintier comporte de teintes-

CHAPITRE IV : LES DIFFERENTS SYSTEMES DE PRISE DE COULEUR

échantillons plus la prise de teinte est aléatoire, car entre quelques échantillons, il existe de grosses différences [41].

Plus tard, on s'est aussi intéressé à la répartition et l'ordre des échantillons de couleurs...

Les premiers teintiers destinés à sélectionner une teinte auprès du patient sont apparus dans les années 1930 [42]. Les premiers coffrets de présentation des possibilités prothétiques après enquête épidémiologique constatée, des couleurs de dents naturelles font également leur apparition en présentant les teintes pour la prothèse fixée ou amovible.

La découverte de l'effet LUMIN (alternance de lumière du jour et de lumière artificielle), en 1939, donne son nom au teintier LUMIN VACUUM de Vita, qui est introduit en 1956 pour les premières couronnes Jackets. (Fig. 33)

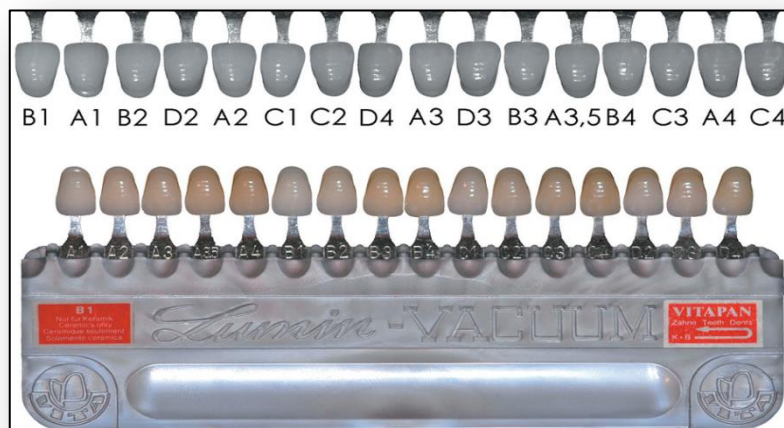


Figure 33 : Premier teintier Lumin Vacuum (1956). Documentation VITA [17].

En 1990 apparaît le teintier Chromascop d'Ivoclar-Vivadent, classant les échantillons par groupe de teinte, puis de saturation au sein de chaque groupe. (Fig. 34)

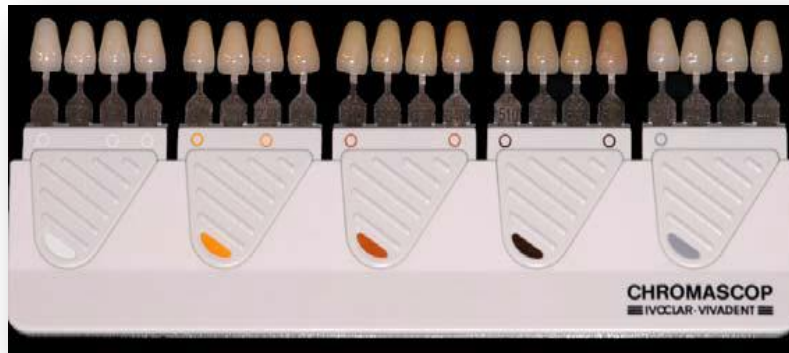


Figure 34 : le teintier Chromascop d'Ivoclar-Vivadent [29].

Enfin, c'est en 1998 qu'est mis sur le marché le teintier 3D-Master de VITA, premier teintier classant les échantillons de dents par luminosité puis par teinte et saturation. Au lancement de ce dernier, le teintier LUMIN VACUUM est rebaptisé VITA CLASSICAL [31]. (Fig. 35).

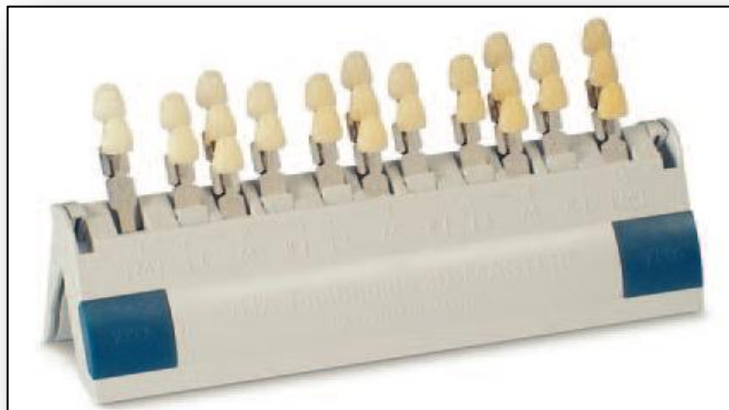


Figure 35 : le teintier 3D-Master de VITA [31].

1.3. Quelques teintiers :

1.3.1. Le teintier VITA Classical :

C'est à ce jour, le teintier le plus utilisé pour les travaux de céramique dentaire. En effet, c'est le premier teintier à avoir intégré la luminosité dans ses échantillons et les fabricants de céramiques proposent presque tous des poudres référencées selon les échantillons de ce teintier.

Il a été conçu empiriquement, en prenant en compte une gamme de couleurs limitées mais représentatives, sans répartition uniforme [31]. (Fig. 36)



Figure 36 : Teintier VITA Classical (a) et Shadeguide d'Ivoclar (b). Ils sont composés de 16 échantillons, répartis en 4 groupes de teintes (auxquels peuvent se rajouter des teintes « bleach ») [31].

Les échantillons y sont répartis en 4 groupes de teintes de tonalité commune :

A1-A4 : rougeâtre-brunâtre, B1-B4 : rougeâtre-jaunâtre, C1-C4 : tons de gris, D2-D4 : gris-rougeâtre.

Au sein de chacun de ces groupes, la couleur va du moins (1) au plus saturé (4).

A cela, il faut rajouter une couleur : A 3,5.

La société Vita indique que le classement décroissant de la luminosité des échantillons est le suivant : B1, A1, B2, D2, A2, C1, C2, D4, A3, D2, B3, A 3,5 , B4, C3, A4, C4.

Afin d'assurer une continuité de ce teintier dans le temps et une indépendance propre, plusieurs compagnies (Ivoclar-Vivadent, Heraeus Kulzer, Dentaaurum, Wieland, Merz Dental et Degudent) ont décidé de produire un teintier commun basé sur les mêmes échantillons que le VITA Classical auxquels sont ajoutés 4 teintes « bleach » : le Shade Guide.

La méthode la plus courante pour effectuer le relevé de couleur consiste à sélectionner un de ces 4 groupes, puis à choisir, au sein de ce groupe, la saturation adéquate [31].

Les luminosités étant différentes d'une teinte à l'autre au sein de chaque groupe, il est de ce fait difficile pour le céramiste de reproduire une luminosité moyenne lorsqu'un assemblage de plusieurs teintes est demandé. C'est pourquoi certains auteurs ont proposé de réarranger ce teintier selon un gradient de luminosité. Cette notion a été pleinement intégrée dans le concept du nouveau teintier 3D-Master.

Méthode d'utilisation :

Il existe différentes méthodes d'utilisation, nous verrons la méthode décrite par Pizaglio:

Le premier paramètre à déterminer est la teinte. Il faut prendre les 4 échantillons de chaque groupe de teinte avec la saturation la plus forte, c'est-à-dire A4, B4 ; C4 ; D4. La saturation étant la plus forte, ces échantillons ont la teinte la plus pure.

Les échantillons sont placés un à un au niveau du collet de la dent pour laquelle on définit la teinte. En effet, le collet est la zone où la saturation est la plus forte, et donc, il est plus facile d'y déterminer la teinte.

Une fois la teinte est choisie, il reste à déterminer la saturation. Pour cela, il faut prendre tous les échantillons du groupe sélectionné, que l'on met dans le teintier par ordre croissant, puis on compare les échantillons un à un, avec la dent dont on détermine la couleur. Cette fois-ci, on se place au niveau du tiers moyen de la dent [16].

1.3.2. Le teintier Vita 3D Master :

Ce teintier a été conçu pour rationaliser et faciliter la prise de teinte dentaire. Il adopte à la fois un autre arrangement, une autre méthodologie et un plus grand choix par rapport à son prédécesseur (VITA Classical). Selon le fabricant, les 26 échantillons de teintes (+ les 3 bleach) sont répartis régulièrement dans l'espace chromatique des dents selon le système $L^*C^*h^*$, contrairement au teintier VITA Classical [31].

Il existe sous deux formes de présentation : le toothguide et le linearguide. (**Fig. 37**)



Figure 37 : Teintiers Vita 3D-Master toothguide (à gauche) et linearguide (à droite) [31].

Les dents de ces teintiers sont réparties en cinq groupes de luminosité commune, avec une luminosité croissant de 4% entre chaque groupe. Au sein même d'un groupe, les échantillons sont répartis en fonction de leur teinte et de leur saturation.

En s'inspirant du système ITS de classification des couleurs de Munsell, les échantillons de dent sont référencés en portant :

- le numéro du groupe de luminosité ;
- la teinte : L : Light (jaune), M : Medium (jaune-rouge ou orange) ou R : Rouge ;
- la saturation (de 1 à 3).

La méthode de relevé de la couleur :

La couleur se relève en trois étapes pour ces deux teintiers. Le linear guide a été conçu pour faciliter l'étape initiale de détermination de la luminosité par rapport au toothguide (seul un échantillon par groupe de luminosité est visible dans le choix initial de la luminosité, mais ce teintier contient les 29 teintes du toothguide) [31].

Le concept du teintier VITA 3D Master est de définir en premier le groupe de luminosité de la dent, paramètre le plus important. Pour cela, il est suggéré de ne conserver sur le présentoir que les barrettes centrales de chaque groupe de luminosité. Cette sélection doit être rapide et les autres échantillons mis à l'écart, sous peine de douter de ses choix [17].

La saturation est ensuite déterminée en comparant les 3 échantillons de la barrette sélectionnée avec la dent. La saturation étant choisie, il reste à déterminer si la dent possède

CHAPITRE IV : LES DIFFERENTS SYSTEMES DE PRISE DE COULEUR

une teinte plus rouge (R) ou plus jaune (L). Il est également possible de choisir des teintes intermédiaires (1,5) ou (2,5). (**Fig. 39, 38**)

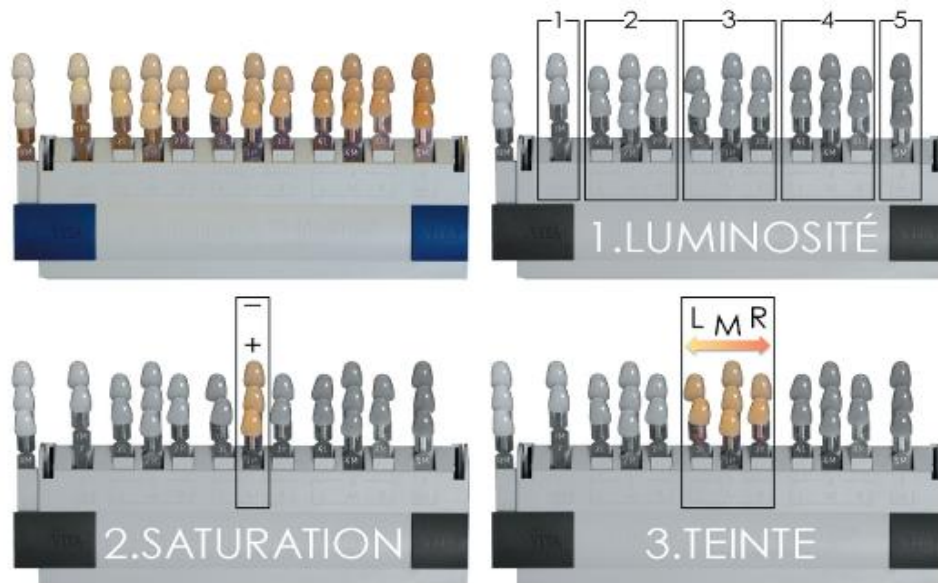


Figure 38 : Trois temps du relevé visuel de la couleur à l'aide du teintier VITA Toothguide 3D-MASTER [17].

1. Le choix de la luminosité se fait en premier dans un environnement neutre. Il doit être rapide (de 5 à 7 secondes) pour éviter la fatigue oculaire.
2. Une fois le groupe de luminosité déterminé, la saturation est relevée sur l'axe vertical d'une barrette échantillon nommée M.
3. Pour finir, la teinte est estimée. Elle est soit équilibrée (M), soit à dominante jaune (L), soit à dominante rouge (R)



Figure 39: Simplification du relevé visuel de la couleur à l'aide du teintier VITA Linearguide 3D-MASTER [17].

CHAPITRE IV : LES DIFFERENTS SYSTEMES DE PRISE DE COULEUR

- A: détermination du groupe de luminosités de 0 (très lumineux) à 5 (très peu lumineux).
- B : meilleure appréciation de la luminosité en niveaux de gris.
- C : détermination simultanée de la saturation et de la teinte sur la barrette de luminosité (2) correctement sélectionnée.
- D : couleur de base finale retenue.

1.3.3. Le teintier Ivoclar chromascop :

Ce teintier est le teintier de référence pour l'ensemble des produits de la société Ivoclar-Vivadent.

Il est divisé en 5 groupes de teinte : blanc (groupe 100), jaune (200), brun clair (300), gris (400), brun foncé (500), auquel se rajoute le groupe «bleach» pour les blanchiments.

Chacun des groupes de base se décline en 4 échantillons, du moins au plus saturé et du plus au moins lumineux. Il présente ainsi un total de 20 + 4 échantillons. Au numéro des centaines caractérisant le groupe, s'ajoute le numéro des dizaines précisant la saturation et la luminosité.

Il existe une correspondance approchée entre ce teintier et le teintier SR-Vivo PE de la même société, utilisé, lui, pour le choix des dents en prothèse amovible. En revanche, il n'existe aucune correspondance directe entre les teintiers VITA et Chromascop. De ce fait, Ivoclar-Vivadent a développé des poudres de céramique référencées 'VITA' lorsque la couleur est relevée avec le teintier VITA Classical [31]. **(Fig. 40)**



Figure 40 : Le teintier Chromascop. La répartition en groupes de couleur (blanc, jaune, gris, brun) donne à ce teintier une palette large, comportant des couleurs très saturées adaptées à la reproduction des dents âgées [31].

1.3.4. Les autres teintiers :

1.3.4.1. Les teintiers de moignon :

Ces teintiers ont un intérêt lorsque la dent à reconstituer est fortement dyschromiée et qu'une reconstitution céramo-céramique est envisagée.

Les colorations de la dentine peuvent assombrir l'édifice, aboutissant à un échec cosmétique [31]. (Fig. 41, 42, 43)



Figure 41 : Teintier de moignon (Die Material, Ivoclar-vivadent) [31].



Figure 42: Utilisation clinique lors de la réalisation de deux couronnes vitro-céramique dont l'une présente une forte dyschromie [29].



Figure 43 : Teintier de moignon (IPS Natural Die Material d'Ivoclar Vivadent) pour dents dyschromiées [17].

Le but de ce relevé de couleur est de tenir compte de cette particularité pour la masquer par le choix de l'armature et la stratification de la céramique sus-jacente.

Une photo de la préparation avec le teintier peut être transmise au céramiste. Pour reproduire la situation clinique, ce dernier peut réaliser un modèle chromatique avec des dies en résine dans la teinte correspondante [43].

1.3.4.2. Les teintiers de gencive :

Ces teintiers se sont développés avec l'essor de l'implantologie. En effet, dans un certain nombre de situations cliniques, l'impossibilité de régénérer les crêtes osseuses à leur hauteur initiale amène les praticiens à devoir mettre en place sur la supra-structure implantaire de la fausse gencive afin d'éviter un aspect de dent longue, notamment pour les secteurs esthétiques. Cette fausse gencive est aussi utilisée pour les réhabilitations complètes fixées trans-vissées (bridges sur pilotis) [31].

Les teintiers de gencive permettent au céramiste de monter une fausse gencive dont les nuances de couleur se rapprochent le plus possible de la gencive perdue. Le résultat esthétique est alors moins aléatoire qu'avec une teinte universelle de fausse gencive. **(Fig. 44)**



Figure 44 : Teintier pour fausse gencive en céramique. Le défaut gingival en 22 est masqué à l'aide d'une céramique gingivale, restituant au mieux l'illusion de l'alignement des collets [31].

1.3.4.3. Les teintiers d'armature :

Ces teintiers permettent d'ajuster la teinte des armatures (zircone, céramique Haute Opacité...) à celle du moignon. La teinte blanche de ces armatures - souvent réalisée par défaut – donne généralement à la dent un aspect trop dessaturé et trop lumineux, en dépit de la stratification [31].

1.3.4.4. Les teintiers d'opaque :

Ils servent à orienter la future teinte de la céramique, tout en masquant la chape métallique, ou en laissant passer de la lumière si l'armature est en céramique [31].

1.3.4.5. Les teintiers de margin :

C'est la céramique de stratification la plus proche de la gencive marginale [31].

1.3.4.6. Les teintiers dentine :

Ils représentent la chromaticité principale de la dent. Ils peuvent être utilisés par le praticien après préparation de la dent pour mieux visualiser la teinte sans tenir compte de l'émail [31].

Autrement, le céramiste détermine la bonne teinte à l'aide de ces teintiers en considérant l'émail encore présent, l'armature et l'opaque sous-jacents à mettre en place. Ces teintiers existent également pour la céramique pressée (inlay, endocouronnes...)

1.3.4.7. Les teintiers d'effet (opalescence) :

L'opalescence est la propriété optique d'un matériau transparent ou translucide qui lui donne un aspect ou une teinte laiteuse, avec des reflets irisés rappelant ceux de l'opale. C'est une des principales caractéristiques de l'émail dans la teinte dentaire.

Il vaut mieux parler de 'zone opalescente', située dans le 1/3 incisif, qui caractérise la dent. La classification de Vanini et les teintiers d'opalescence permettent de reconnaître plus facilement cette zone et de la reproduire. L'ambre et le bleu sont utilisés à cette étape [31; 44; 45].

1.3.4.8. Les teintiers intensifs :

Ils permettent de reproduire l'intensité d'une tache, d'une bande ou d'une autre caractéristique de la dent. Cette prise de teinte est réalisée par le céramiste qui est amené à reproduire cette caractéristique [31].

1.3.4.9. Les teintiers incisifs :

Ils peuvent être utilisés en clinique pour déterminer le degré d'opacité du bord incisif, essentiellement pour les restaurations antérieures [31].

1.3.4.10. Les teintiers de maquillage :

Ces teintiers permettent de choisir le maquillage de surface des céramiques au stade du biscuit, ou de restaurations diverses : blocs de céramiques usinés pour la réalisation d'onlays, de facettes... [31].

2. Le relevé visuel assisté :

2.1. Les lampes calibrées :

Dans cette méthode visuelle de prise de teinte, l'environnement lumineux est capital pour valider ces choix,

Les lampes calibrées, portatives, fournissent une source de lumière calibrée et continue.

L'observation s'effectue à travers le cadre d'une lampe maintenue à faible distance de la bouche.

En illuminant les dents avec une lumière de forte intensité, de spectre continu et d'une température de couleur située dans une fourchette de 5000 à 6500°K, ces lampes sont d'une aide très précieuse, en particulier quand les éclairages de cabinet sont défectueux.

Ces cadres lumineux permettent de prendre la teinte dans des conditions constantes de lumière et donc ils introduisent une notion de reproductibilité.

L'éclairage LED est situé sur la partie avant de la lampe et le choix visuel s'effectue à travers son cadre maintenu à proximité des dents. Deux modèles principaux existent, l'Optilume Trueshade d'Optident commercialisé par Bisico [17,29]. (**Fig. 45**)

CHAPITRE IV : LES DIFFERENTS SYSTEMES DE PRISE DE COULEUR



Figure 45 : Lampe d'éclairage normalisé (5 500 K) Optilume Trueshade_ d'Optident. Une loupe permet d'agrandir la zone Visualisée [29].

Et le Demetron Shade Light_ commercialisé par Kerr (modèle dont la fabrication est arrêtée mais qui est encore disponible sur certains sites Internet) (**Fig. 46**)



Figure 46: Lampe d'éclairage normalisé (6 500 K) Demetron Shade Light_ de Kerr. L'environnement coloré neutre du système (gris à 17%) favorise la neutralité colorimétrique environnementale [29].

CHAPITRE IV : LES DIFFERENTS SYSTEMES DE PRISE DE COULEUR

Plus récemment, la firme Smile Line a commercialisé le Smile Lite qui, comme l'Optilume Trueshade, dispose d'une source d'éclairage calibrée et d'un dispositif de grossissement.

Sa faible taille et la possibilité d'adjoindre un filtre polarisant (Style Lense) limitant la réflexion lumineuse le rendent particulièrement attractif. De manière plus anecdotique, le Smile Connect permet de le coupler avec un iPhone d'Apple. L'application Smile Capture permet ensuite la prise de clichés photographiques et leur transmission au laboratoire via Internet. (Fig. 47)



Figure 47 : Lampe d'éclairage normalisé (5 500 K) Smile Lite_ de Smile Line. Il est possible de lui adjoindre un iPhone d'Apple pour faire des photographies et un filtre polarisé (Style Lense_) pour « gommer » les zones de réflexion lumineuse (en bas à droite) [17].

2.2. L'appareil photographique :

Etymologiquement, la photographie est « l'écriture de la lumière » : elle dépend de la lumière, et ceci implique les principes ainsi que les conseils que le praticien doit appliquer lorsqu'il utilise cette technique [46].

L'avènement du numérique a considérablement contribué à démocratiser l'outil fondamental qu'est l'appareil photographique au cabinet dentaire. Ses avantages dépassent largement la transmission de la couleur au laboratoire mais c'est malgré tout lors de cette

CHAPITRE IV : LES DIFFERENTS SYSTEMES DE PRISE DE COULEUR

étape qu'il améliore significativement la communication (Prabhu et al., 2013). Cela nécessite d'acquérir un matériel adapté (d'Incau, 2006a ; Ahmad, 2009a ; 2009b ; Barthélémy, et al., 2011) et de le paramétrer correctement (d'Incau, 2006b, 2010b, c et d ; Ahmad, 2009b) [47].

Malgré cela, tous les appareils numériques possèdent deux défauts majeurs dès lors que l'on s'intéresse à la couleur :

- aucun ne permet par défaut de photographier les mêmes couleurs et les vraies couleurs
- aucun ne permet par défaut de photographier les véritables couleurs de la scène photographiée. (**Fig. 48**)



Figure 48: Aucun appareil photographique numérique ne permet par défaut de capturer les mêmes couleurs et les vraies couleurs [17].

Différentes techniques permettent de contourner ces inconvénients (inclusion dans la scène photographiée d'une charte de gris neutre à 18%, étalonnage des différents périphériques de la chaîne graphique, etc.) (d'Incau, 2010c) mais elles ne sont pas toujours simples à mettre en œuvre [48].

Le plus simple consiste donc à photographier en situation la barrette du teintier correctement sélectionnée. Cet élément sert de référence de couleur pour le technicien de laboratoire (Zyman et Étienne, 2002). La barrette doit être orientée de manière frontale et symétrique selon un axe horizontal, les zones d'intérêt entre la dent et la barrette se faisant face [56]. (**Fig. 49**)



Figure 49: Les barrettes échantillons des teintiers correctement orientées doivent être photographiées en situation pour significativement améliorer la communication avec le laboratoire. En haut à gauche : état initial ; en bas à droite : état final [17].

Dans tous les cas, la référence de couleur doit être visible sur la photographie (Étienne et al., 2010). Cette opération s'effectue à différents temps, en particulier lors de l'essayage des restaurations où l'ensemble des corrections doit être signalé au technicien de laboratoire, directement sur la photographie. (**Fig. 50**)



Figure 50 : Les corrections à apporter doivent être inscrites sur les photographies lors des séances d'essayage. A : état initial. B : modification à apporter. C : image en niveaux de gris pour mieux visualiser la luminosité. D : état final (réalisation G. Reny) [17].

3. Le relevé instrumental :

Afin de limiter la subjectivité et l'imprécision des relevés visuels simples ou assistés, différents outils peuvent être utilisés (Tervil, 2005 ; Lasserre et al., 2006 ; Lasserre, 2007; Chu et al., 2010b ; Chen et al., 2012). Il s'agit des colorimètres et des spectrophotomètres, d'une caméra optique intra orale (TRIOS_ scanner) et d'un logiciel d'analyse photographique (ClearMatch_). Les performances de ces systèmes peuvent être évaluées selon trois critères :

- 1- la fidélité, qui est l'aptitude à donner des mesures exemptes d'erreurs accidentelles. Elle définit la dispersion des résultats.
Un appareil de grande fidélité donne des mesures reproductibles mais qui peuvent être éloignées de la valeur vraie ;
- 2- la justesse, qui est l'aptitude à donner des résultats qui ne sont pas entachés d'erreur. Un appareil de grande justesse donne des mesures proches de la valeur vraie mais qui peuvent être dispersées entre elles (mauvaise fidélité) ;
- 3- l'exactitude, qui est l'aptitude à donner des mesures à la fois fidèles (proches les unes des autres) et justes (proches de la valeur vraie). C'est la principale qualité recherchée [17,49].

3.1. Les colorimètres :

Les colorimètres ou colorimètres à stimuli sont les premiers systèmes instrumentaux de détermination de la couleur à avoir été utilisés en odontologie (commercialisation du Shade Eye Chroma Meter_ de Shofu en 1998). L'analyse spectrale de la réflexion lumineuse se fait à travers trois filtres (rouge, vert et bleu) qui permettent de définir une couleur par ses coordonnées trichromatiques, les résultats de la mesure sont le plus souvent indiqués suivant le système de classification des couleurs CIE lab [51].

Ces appareils doivent être étalonnés sur le blanc avant chaque mesure pour compenser le vieillissement de la lampe source. Certains donnent une mesure ponctuelle ou en 3 points de la dent alors que d'autres fournissent une véritable cartographie 3D qui tient compte de la luminosité, de la saturation et de la teinte. La translucidité est également parfois prise en compte [52,53].

Ces colorimètres peuvent être utilisés au cabinet pour déterminer la couleur des dents ou au laboratoire pour vérifier celle des prothèses [17].

3.1.1. Shade Eye Chroma Meter® de Shofu:

Le premier colorimètre commercialisé (1998) est le Shade Eye Chroma Meter® de Shofu. Il possède plusieurs teintiers en mémoire, le spot central de 2mm est maniable. Il donne soit une mesure unique centrale soit une cartographie 3D de la dent [54, 55]. **(Fig. 51)**



Figure 51: Shade Eye Chroma Meter® de Shofu [31].

3.1.2. Shade Scan® de Cynovad :

. La caméra numérique va scanner la dent, transmettre l'information à un logiciel de traitement de l'image pour la comparer à une base de données d'images numériques. Il possède plusieurs teintiers en mémoire. Les différences de translucidité et les caractérisations seront alors mises en valeur et une cartographie 3D (teinte, saturation, luminosité) est obtenue. Toutefois, ce système reste dépendant de l'éclairage environnant, de l'état de surface amélaire et des mouvements du patient lors de la prise de vue. De plus, le cadre large est encombrant donc peu maniable avec des difficultés pour les secteurs latéraux [31, 60]. **(Fig. 52)**

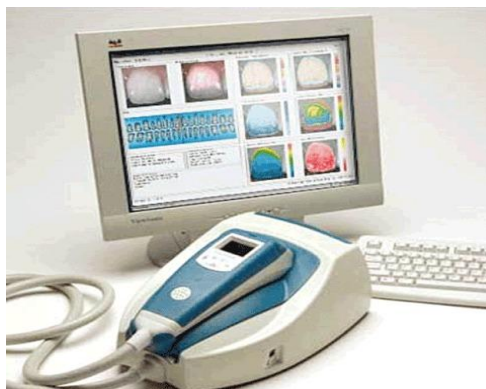


Figure 52: Le Shade Scan® de Cynovad [31].

3.1.3. Le Shade Vision® de X Rite :

CHAPITRE IV : LES DIFFERENTS SYSTEMES DE PRISE DE COULEUR

Le Shade Vision® de X Rite comprend un boîtier sonde portable avec un écran tactile et une station d'accueil (recharge des batteries et liaison informatique). Il enregistre une image numérique globale de la dent. Les clichés sont transférés sur un logiciel, indexé par patient, qui permet de multiples applications : bibliothèque de photographies du patient, détermination de la zone à analyser sur cliché, découpe en trois tiers horizontaux, cartographie 3D de la dent, analyse indépendante de teinte, saturation et luminosité sur histogramme, édition de fiche de laboratoire. Il possède plusieurs teintiers de référence en mémoire. Cependant la sonde reste volumineuse et encombrante avec des difficultés de prise d'image pour certaines dents [54, 57, 55, 58, 59]. **(Fig. 53)**



Figure 53: Le Shade Vision® de X Rite [29].

Ce système ne serait plus commercialisé à ce jour (mais le service après vente serait toujours suivi), mais il reste historiquement le précurseur des colorimètres permettant la transmission de données photographiques des dents avec la visualisation des différents facteurs comme la luminosité, la teinte et la saturation dans des cartes de couleurs. Le fabricant viendrait de sortir un nouvel appareil simplifié : le Shade-X®, sans plus de précision

3.1.4. Le Digital Shade Guide® de Rieth :

Le Digital Shade Guide® de Rieth est un colorimètre avec plusieurs teintiers de référence, il a un spot central de 3 mm, il permet également une mesure ponctuelle ou en 3 points avec possibilité d'obtenir une cartographie 3D de la dent [31, 60]. **(Fig. 54)**

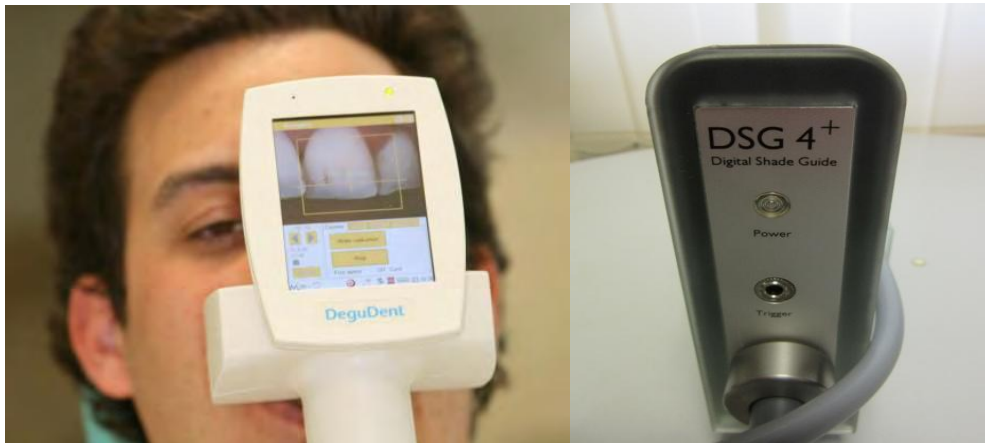


Figure 54 : Le Digital Shade Guide® de Rieth [17].

3.1.5. Le Chromatis® de MH C :

Le Chromatis® de MH C est un colorimètre avec une carte à puce pour chaque teintier (coût supplémentaire) avec un spot central de 3 mm qui donnera une mesure ponctuelle ou en 3 points mais pas de cartographie 3D [55]. (Fig. 55)



Figure 55: Le Chromatis® de MH C [31].

Utilisation du système Chromatis :

- La carte à puce du teintier choisi est insérée dans l'appareil (ex : carte du vita 3D Master)
- Le capteur est étalonné
- Il faut faire ensuite trois mesures de couleur :
 - Au niveau du 1/3 moyen (B pour Body)
 - Au niveau du 1/3 cervical (C pour Cervical)
 - Au niveau du 1/3 incisif (I pour Incisif)

Les mesures s'affichent alors directement sur l'écran de l'appareil. (Fig. 56)

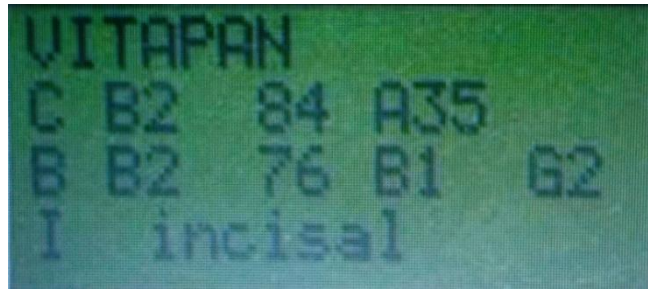


Figure 56 : affichage des résultats [31].

Dans ce cas ci-dessus, le teintier choisi est le vitapan classical. En région cervical, nous avons 84% de B2 et le reste en A3,5 (16%). Le G2 sur l'écran indique le groupe de luminosité. Avec cet appareil nous pouvons aussi réaliser seulement une mesure afin d'avoir la couleur de base de la dent. La mesure doit alors être réalisée au niveau du tiers moyen [31, 60].

3.2. Les spectrophotomètres :

Les spectrophotomètres effectuent une mesure spectrale (non limitée au rouge, vert, bleu comme les colorimètres) du flux lumineux transmis ou réfléchi sous sa propre source lumineuse (variable d'un appareil à l'autre : xénon, halogène) qui est une lumière incidente polychromatique visible donc non influencée par l'éclairage du cabinet. La mesure de la couleur est exprimée en 3 valeurs numériques L^*a^*b (luminosité, teinte, saturation). Pour ce faire, pendant la mesure, l'appareil va scanner la surface à étudier par tranches de longueur d'onde successives plus ou moins larges selon sa précision. Ces appareils doivent également être étalonnés sur un échantillon de céramique avant chaque mesure. [3, 5, 17]

Comme pour les colorimètres, certains fournissent une mesure ponctuelle ou en 3 points de la dent. C'est le cas du VITA Easyshade_ dont il existe plusieurs évolutions [53, 54, 57]. (Fig. 57)

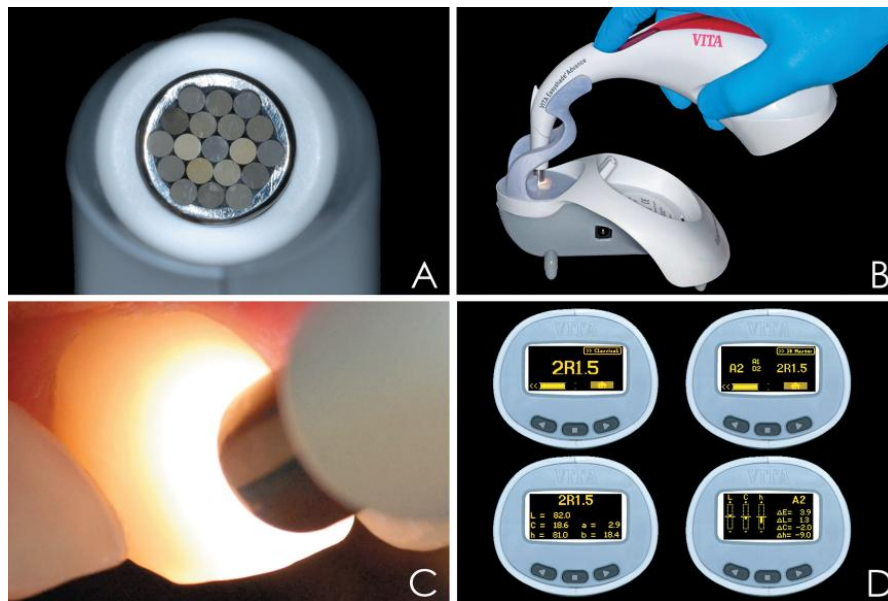


Figure 57: Spectrophotomètre VITA Easyshade_.[17].

A : fibres optiques permettant le relevé des couleurs.

B : étalonnage sur une pastille de céramique de l'Easyshade_ Advance 4.0.

C : sonde correctement positionnée sur la dent à analyser.

D : principales mesures obtenues avec un Easyshade_ Compact (couleur selon les teintiers VITA classical_ et VITA 3D-MASTER_, coordonnées $L^*a^*b^*$, calcul de la valeur DE, etc.).

Les deux référentiels de ce spectrophotomètre sont les teintiers VITA classical_ et VITA 3D-MASTER_. La mesure se fait à l'aide de fibres optiques, par un spot central qu'il est nécessaire de positionner convenablement sur la surface dentaire à analyser.

L'outil est ergonomique, son utilisation est simple et rapide. Sa fidélité (96,4 %) et son exactitude (92,6 %) sont importantes, ce qui n'est pas le cas de tous les systèmes (Kim-Pusateri et al., 2009) [61, 62].

Certains spectrophotomètres fournissent également une cartographie 3D de la couleur ainsi que de nombreuses autres informations. Il en est ainsi du SpectroShade Micro_ de MHT qui permet une analyse selon de nombreux teintiers [17]. (Fig. 58)



Figure 58: Spectrophotomètre Spectro-Shade_Micro de MHT [17].

A : caméra vidéo d'acquisition.

B : étalonnage sur une pastille blanche et une pastille verte.

C : enregistrement des données.

D : analyse très poussée de la couleur.

3.3. Caméra optique intra-orale :

3.3.1. Camera intra buccale TRIOS de 3Shape :

Les caméras optiques intra-orales sont de plus en plus utilisées pour effectuer des empreintes numériques. Celle mise au point par 3Shape (TRIOS_) permet également de déterminer la couleur des dents tout en assurant la prise de photographies en haute définition. Après avoir étalonné le scanner, l'empreinte optique peut être réalisée. Toutes les données colorimétriques sont simultanément enregistrées et consultables a posteriori sur un écran tactile [17]. (Fig. 59).

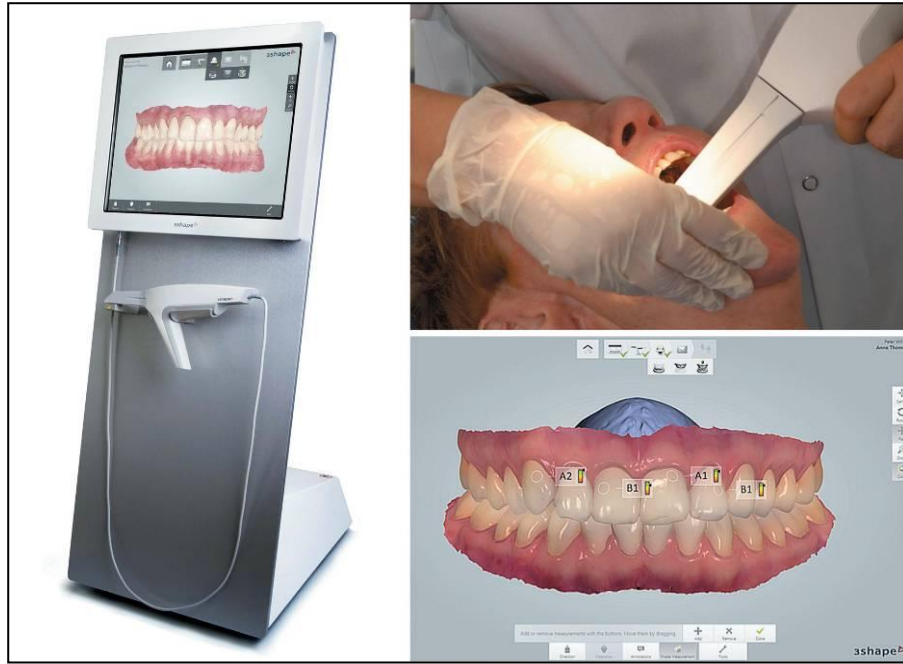


Figure 59 : Caméra intra buccale TRIOS_ de 3Shape. L'analyse de la couleur peut se faire en n'importe quel point dentaire et selon de nombreux teintiers [17].

La couleur de chaque zone d'intérêt peut être déterminée et enregistrée. Cependant, la fidélité et l'exactitude de ce système doivent encore être évaluées. Si elles s'avèrent bonnes, cela devrait contribuer à favoriser la diffusion de ce matériel.

3.3.2. La camera intra buccale Sopro 717 :

La camera Sopro 717 d'Acteon est une caméra intra et extra buccale. Celle-ci a une forme de pièce à main. Grace à un embout spécial, le SoproShade, elle permet la prise de couleur dentaire. La camera est directement reliée à un ordinateur via un câble USB [63]. (Fig. 60)



Figure 60 : La caméra intra buccale Sopro 717 [63].

CHAPITRE IV : LES DIFFERENTS SYSTEMES DE PRISE DE COULEUR

La prise de couleur se fait en 4 étapes :

- 1ere étape : il faut mettre la camera en mode SoproShade. La tête de la caméra est alors placée contre la face vestibulaire de la dent. La tête de la camera possède une petite encoche ou l'on vient positionner le bord incisif de la dent.
- 2eme étape : lorsque l'image sur l'écran nous convient, pour enregistrer l'image il suffit d'appuyer sur le bouton « SoproTouch », ou bien sur la pédale. La moitié gauche de la dent est alors mémorisée sur l'écran.
- 3eme étape : cette fois-ci, la camera est mise en mode SoproShade. Il faut prendre notre teintier et filmer les échantillons. A l'écran, la comparaison de la couleur se fait au niveau du tiers moyen de l'échantillon et de la dent naturelle.
- 4eme étape : une fois que l'échantillon le plus proche de la couleur de la dent est sélectionnée, il faut appuyer sur le bouton SoproTouch, ou sur la pédale, afin d'enregistrer l'image.

L'image obtenue peut ainsi être envoyée au laboratoire. En plus des renseignements sur la couleur, le prothésiste a des informations sur la forme, l'état de surface, ou les caractérisations à reproduire [50, 64].

3.4. Logiciel d'analyse photographique :

ClearMatch_ est un logiciel créé il y a une dizaine d'années par la société américaine Clarity Dental Corporation (Salt Lake City). Il ne fonctionne que sous Windows. Sa fonction principale est d'analyser les données RVB de clichés pris à l'aide d'un appareil photographique numérique puis de réaliser une cartographie colorimétrique des dents analysées avec pour référence la plupart des teintiers commercialisés (céramique, résine, composite) [17]. **(Fig. 61)**

CHAPITRE IV : LES DIFFERENTS SYSTEMES DE PRISE DE COULEUR



Figure 61: Logiciel ClearMatch_ de Clarity Dental Co. [17].

A : détermination du blanc pur sur une barrette témoin photographiée en situation.

B : détermination du noir pur.

C : détermination de la couleur de la barrette du teintier.

D : cartographie colorimétrique des dents.

Son utilisation comprend différentes étapes visant à normaliser les couleurs en localisant sur la photographie certaines zones d'intérêt photographiées en situation (blanc et noir purs d'une barrette étalon, barrette de teintier). Bien qu'intéressante, cette technique souffre cependant de certaines imprécisions selon le teintier sélectionné. Elle mériterait d'être améliorée (Pivet, 2013) [17].

CHAPITRE IV : LES DIFFERENTS SYSTEMES DE PRISE DE COULEUR

4. Avantages et inconvénients des différentes méthodes :

Les différentes méthodes de prise de couleur énumérées ci-dessus présentent plusieurs avantages et inconvénients ; une comparaison a été faite sous forme d'un tableau. (**Tab. 02**).

Tableau 02 : comparaison entre les différents systèmes de prise de couleur [31].

méthode	avantages	inconvénients
Visuelle par teintiers	● coût faible ● transportable ● utilisation facile ● 2D ou 3D selon le teintier	● subjective par l'évaluation visuelle ● dépendance de l'environnement et de l'éclairage ambiant
Visuelle avec lampes calibrées	● coût raisonnable ● utilisation facile ● indépendance de l'éclairage ambiant	● subjective par l'évaluation visuelle
Visuelle assistée par caméra intra orale	● indépendance de l'éclairage ambiant ● conservation du teintier habituel ● agrandissement de la dent sur un moniteur ● logiciel de communication avec le laboratoire avec saisie de photographies numériques	● subjective par l'évaluation visuelle ● accessibilité mauvaise aux dents postérieures ● nécessite un moniteur TV ou un ordinateur ● choix comparatif limité à la teinte de base de la dent ● coût élevé
Instrumentale par spectrophotomètres ou colorimètres	● objective ne dépend plus de l'œil de l'environnement et de l'éclairage ● rapide ● possibilité selon les appareils d'analyse 3D et de cartographie couleur ● logiciels sophistiqués de communication avec le laboratoire dans les appareils les plus évolués ● contrôles possibles au laboratoire	● apprentissage à la manipulation longue ● sensibles aux erreurs de positionnement de l'embout ● mesure ponctuelle de la teinte de base en spot central pour plusieurs appareils ● encombrement et accessibilité mauvaise aux dents postérieures ● nécessitent souvent un ordinateur ● coût allant de moyen à très élevé

CHAPITRE V : LE RELEVÉ DE LA COULEUR ET TRANSFERT AU LABORATOIRE

1 – Les conditions du relevé de la couleur :

L'intégration esthétique des restaurations prothétiques passe par de nombreuses étapes. Celle du choix de la couleur (improprement appelée « choix de la teinte ») est certainement la plus importante, elle est même fondamentale. Elle est pourtant souvent pratiquée de manière empirique, sans véritable méthodologie. Les résultats sont donc aléatoires et aucune solution n'est apportée en cas d'échec. La détermination de la couleur répond pourtant à certaines règles simples à appliquer. Des outils existent également pour l'améliorer de manière significative. L'objectif de ce chapitre est donc, de rappeler les conditions optimales pour le choix de la couleur.

1.1. L'environnement et l'éclairage :

1.1.1. L'environnement :

Selon C. Gamain (2003), « le cabinet dentaire idéal est une pièce située au nord avec une fenêtre située juste en dehors de l'angle visuel du praticien au travail, mais pouvant y pénétrer sans effort. Une fois l'ergonomie de circulation de la pièce déterminée, l'œil du praticien au travail ne doit rencontrer que des surfaces sombres, sans complémentaires. Les murs situés en arrière de l'œil ainsi que le plafond devraient être clairs pour éviter une sensation de claustrophobie ».

La pièce ou au moins un de ses murs doit être dans une teinte neutre, mettant les cônes de l'œil au repos, telle que le gris ou le beige.

Pour un praticien droitier, le sol, le mur derrière la tête et le mur à gauche du patient doivent nécessairement être sombres. Par contre, les deux autres murs et le plafond peuvent être parfaitement clairs et pourquoi pas blanc.

Le choix de la teinte d'une dent est toujours plus sombre dans une pièce meublée de façon foncée que dans une pièce très claire [15].

1.1.2. L'éclairage :

La lumière est le premier élément à maîtriser. En effet, comme chacun le sait, la perception colorée est différente selon la nature de l'illuminant (lumière du jour, lampe à

incandescence ou tube fluorescent). Classiquement il est conseillé de choisir la couleur de la dent à la lumière du jour au nord, par une journée moyennement ensoleillée. Malheureusement ces conditions ne sont pas la règle, et il est donc préférable de standardiser le choix de la teinte sous une source lumineuse artificielle proche de la lumière du jour. De nombreux équipements sont proposés aux praticiens.

L'éclairage de Gamain reste la référence en la matière, composé de tubes fluorescents lumière du jour, de lampes à incandescence et d'un tube de lumière noire, il équilibre l'ensemble des longueurs d'ondes émises par la lumière du jour ce qui n'est pas le cas des éclairages composés uniquement de néons. Le plafonnier situé au-dessus et perpendiculairement au fauteuil doit être composé de lumière fluorescente et incandescente ayant une température de couleur équivalente à la lumière du jour c'est-à-dire 6500° Kelvin.

Le plafonnier doit être installé à une hauteur permettant de diffuser une lumière d'intensité située entre 1500 et 2000 Lux. Si l'intensité de la lumière incidente est trop forte, les bâtonnets fatiguent, ce qui provoque un éblouissement. Pour enregistrer la couleur d'une dent, le scialytique doit être éteint. Une ambiance lumineuse et colorée neutre autour de la zone de travail est recommandée.

L'éclairage du poste de travail est le point crucial dans l'exercice au quotidien. L'existence d'une couleur suppose la réunion d'une source lumineuse, d'un objet qui la réfléchit et d'un observateur.

L'acuité visuelle, incluant le contrôle visuel des couleurs varie en fonction du niveau d'éclairement.

Afin d'éliminer toute cause de fatigue supplémentaire, il est donc préférable de travailler en lumière blanche, avec un spectre qui se rapproche le plus possible de celui de la lumière du jour à laquelle l'œil est adapté et habitué. Une nuance ne peut être exactement perçue qu'éclairée par un illuminant dont la répartition des énergies dans le spectre est parfaitement équilibrée et dont la température est de 6504° Kelvin.

Chaque jour, dans des conditions naturelles normales, le système visuel a recours à 1/4 de notre énergie pour remplir ses fonctions (ajustement aux contrastes, à la distance, à la

couleur de la lumière...). Trop souvent négligé, l'éclairage général, s'il est déficient, est cause de fatigue (Physique et nerveuse), de maux de tête et de troubles de la vue [15].

1.2. L'œil humain :

La vue est le sens qui permet d'observer et d'analyser l'environnement et les différentes couleurs qui le constituent. L'œil est l'organe de la vue c'est-à-dire de la perception visuelle, il permet la réception et la transmission des flux visuels.

1.2.1. Rappel anatomique :

Situé dans l'orbite qui le protège, l'œil est constitué d'un organe principal et des organes accessoires indispensables à son fonctionnement : les muscles et la gaine du bulbe, le corps adipeux de l'orbite, la conjonctive, l'appareil lacrymal et les paupières [30]. (**Fig. 62**)

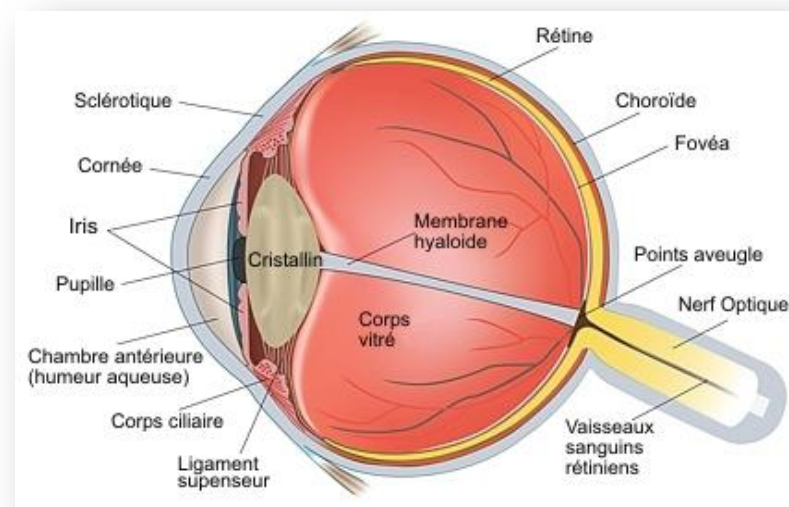


Figure 62 : Schéma anatomique de l'œil humain [78].

1.2.2. La physiologie de l'œil humain :

L'œil est l'organe permettant la transformation d'un signal lumineux optique en signal sensoriel, secondairement analysé par les processus cognitifs du cerveau qui interprète l'image tant sur les perspectives, ombres et reliefs, la texture et les transparences que sur les mouvements. Le système d'analyse des couleurs par l'œil humain est complexe. Il permet la distinction d'une centaine de couleurs spectrales.

Cet organe est comparable à un système photographique permettant l'accommodation, la focalisation de la lumière en un point précis ainsi que la régulation du flux lumineux entrant. Ainsi, après avoir traversé le cristallin, la lumière est focalisée sur la rétine où se trouvent les cellules sensorielles de la vision (cellules photoréceptrices) : les cônes et les bâtonnets.

Les bâtonnets, quinze fois plus nombreux que les cônes, perçoivent la luminosité et permettent la vision nocturne, ou scotopique. Ces cellules sont aussi associées à la détection des mouvements par le cortex. Leur nom est tiré de leur forme cylindrique.

Les cônes, quant à eux, sont spécialisés dans la vision diurne et colorée, ou vision photopique.

Lors de la prise de teinte, la distribution non uniforme des cônes et bâtonnets permet à l'observateur de solliciter préférentiellement ses bâtonnets pour évaluer la luminosité en regardant la dent de façon excentrée. Ainsi il économise ses cônes pour l'évaluation de la saturation et de la teinte.

La vision colorée normale est trichromatique, cela signifie qu'elle est due à l'absorption des radiations lumineuses par trois types différents de pigments visuels, chacun contenu dans un type spécifique de cellules à cônes de la rétine. On distingue les cellules S (Short) perçoivent les longueurs d'onde courtes, elles permettent de visualiser le bleu ; les cellules M (Medium) captent des longueurs d'onde correspondant au vert ; et les cellules L (Long) captent des longueurs d'onde correspondant au rouge [2].

1.2.3. Les dyschromatopsies :

Les dyschromatopsies regroupent l'ensemble des défauts de perceptions des couleurs. Elles peuvent être soit héréditaires, soit acquises.

1.2.3.1. Les dyschromatopsies héréditaires :

C'est ce que l'on appelle le daltonisme. Le physicien John Dalton a décrit cette anomalie de vision des couleurs il y a deux siècles. Les dyschromatopsies héréditaires sont bilatérales et symétriques, invariables au cours du temps. Elles sont classées en trois catégories :

1.2.3.1.1. La vision trichromatique anormale :

C'est une altération partielle de la vision d'un pigment coloré. La vision reste trichromatique, mais l'altération de la molécule d'un des trois pigments cause un décalage de sa courbe d'absorption, d'où une déficience colorée. La vision des trichromates anormaux diffère de la normale par une moins bonne discrimination des teintes et pour les mélanges des couleurs.

1.2.3.1.2. La vision dichromatique :

C'est l'absence totale de la vision d'un pigment coloré. On parle de protanopie lorsque le déficit concerne le pigment rouge, de deutéranopie pour le pigment vert et de tritanopie pour le pigment bleu. (Fig. 63)

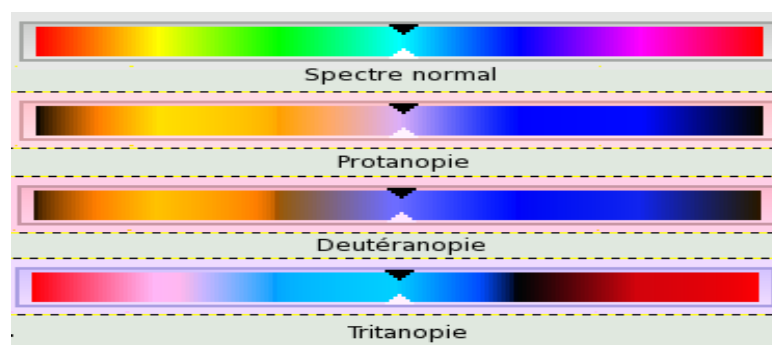


Figure 63 : la vision dichromatique [79].

1.2.3.1.3. La vision monochromatique :

C'est un défaut total de perception colorée. On parle aussi d'achromatisme. La vision se fait seulement en noir et blanc, avec des nuances de gris.

Les déficits de vision des pigments rouges et verts concernent le chromosome X et le déficit de vision des pigments bleus concerne le chromosome n°7. Cela explique que la majorité des dyschromatopsies héréditaires se retrouve chez les hommes [16].

1.2.3.2. Les dyschromatopsies acquises :

Les dyschromatopsies acquises sont secondaires aux maladies de l'œil et au vieillissement. Elles sont le plus souvent bilatérales, asymétriques et évolutives. Les hommes et les femmes sont atteints dans des proportions identiques. Les causes les plus fréquentes sont l'alcool, le diabète, l'administration prolongée de certains médicaments, et l'altération du cristallin lié à l'âge (la cataracte) [16].

1.2.3.3. Le dépistage :

Le dépistage se fait par l'intermédiaire de test de confusion pigmentaire. Le test à l'aide des planches pseudo isochromatiques d'Ishihara est le plus connu (**Fig. 64**). Sur un fond composé de plusieurs couleurs, on présente un chiffre qui est lui aussi composé de plusieurs couleurs différentes de celles du fond. Un individu sain distingue aisément les chiffres, alors qu'un dyschromate ne les distingue pas (**Fig. 65**). Le test est fiable à 98% [16].

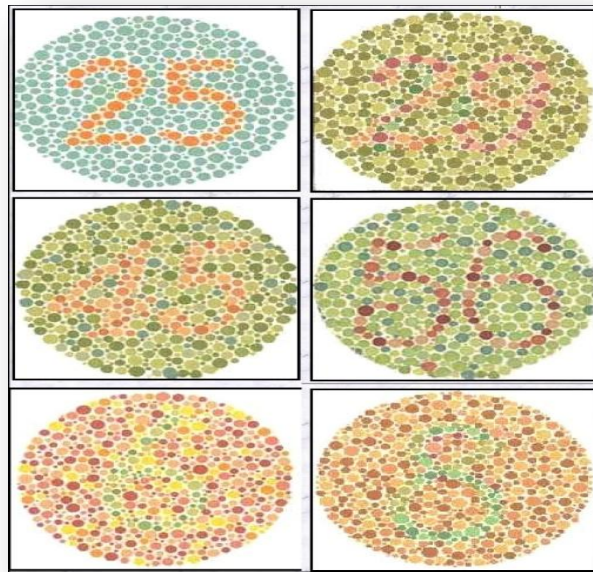


Figure 64: planches pseudo isochromatiques d'Ishihara [80].

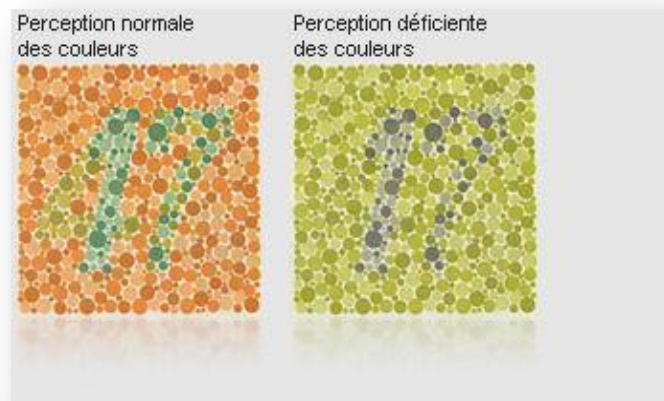


Figure 65: différence entre la perception normale et la perception déficiente des couleurs [81].

Donc, le médecin dentiste doit être doté d'une bonne vision et indemne de toute pathologie en relation avec la vision des couleurs.

1.2.4. Le métamérisme :

Le phénomène de métamérie se produit lorsque deux objets placés sous une lumière de spectre identique ont la même couleur. En revanche, si on les place sous une deuxième

lumière de spectre différent de la première, leur couleur est alors différente. Ce phénomène peut se produire lorsque nous choisissons la couleur de notre restauration sous la lumière du scialytique. La couleur choisie peut être identique à la dent sous cet éclairage, mais à la fin du soin, une fois le scialytique éteint, la couleur de la dent est différente [16]. (Fig. 66)

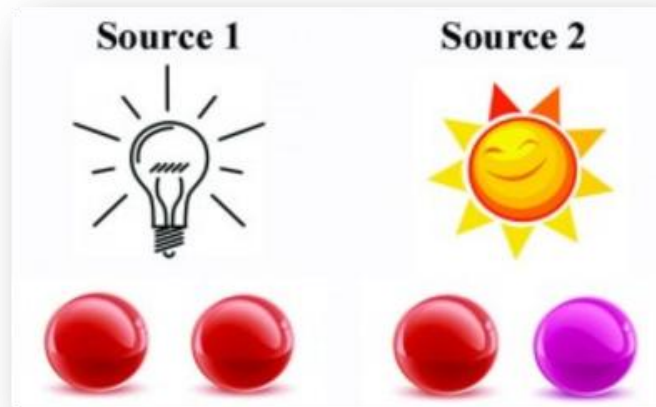


Figure 66 : le métamérisme [82].

1.3. L'environnement dentaire :

L'environnement dans lequel est positionné un objet a une forte influence sur la perception de sa couleur. Notre perception des couleurs est toujours faussée, parce que lorsque l'on regarde un objet, l'œil a tendance à mesurer, à comprendre, à évaluer sa couleur en fonction de la scène qui l'entoure. La perception de la couleur devient pour une grande partie une affaire de contraste entre l'objet observé et l'environnement immédiat au contact duquel il se situe [15].

1.3.1. Les dents adjacentes et antagonistes :

Face ou à côté d'une dent absente, les dents présentes apparaissent plus claires par l'effet de contraste avec le caractère sombre de la cavité buccale [15].

1.3.2. La gencive :

Elle peut influencer la teinte de la dent par une simple réflexion de ses pigments rougeâtres sur une dent qu'elle soit claire ou foncée. Quand l'intensité chromatique de la

gencive augmente, les dents paraissent plus blanches (la blancheur dentaire croît quand la coloration gingivale s'intensifie).

C'est ainsi que, chez les personnes à peau noire, dont la gencive est brune, les dents semblent ou apparaissent plus blanches ou lumineuses [15].

1.3.3. Les lèvres :

Lors de l'enregistrement de la couleur d'une dent, il est important que les lèvres soient naturelles, sans rouge à lèvres, pour éviter à nouveau cet effet de contraste [15].

1.3.4. Le visage :

Il en va de même pour la peau du visage que pour les lèvres. Elle doit être, dans les conditions d'enregistrement de la couleur, dans des conditions de maquillage et de bronzage (habituelles) pour le choix de la couleur des dents [15].

1.3.5. La salive :

Des dents déshydratées à cause de l'utilisation du spray apparaissent plus blanches (Plus opaques mais moins brillantes) d'où l'importance d'enregistrer la teinte d'une dent de référence humide dans un environnement humide physiologique en étant recouverte idéalement d'un film de salive (Reis 2001) [15].

2- Transfert au laboratoire :

Précédemment, l'empreinte parvenait au laboratoire sans directives précises sur la couleur. Les moyens de transférer les informations ont changé. Une communication saine est indispensable à la réalisation d'un joli sourire.

La disponibilité des nouveaux matériaux et leurs techniques d'utilisation en dentisterie adhésive ont grandement élargi l'éventail esthétique, et il est nécessaire que le patient, le praticien et le prothésiste restent en contact pour garantir un haut niveau de performances, associant leur savoir et talents et leurs expériences faites de réussites et d'échecs dans un cadre de confiance, de dialogue, de consensus et de complicité.

Le résultat esthétique désiré n'est atteint qu'avec une collaboration solide du chirurgien dentiste et du laboratoire. Mais, pour cela, l'un et l'autre doit être correctement informé des nouvelles tendances et garder un accès à la communication entre eux ouverte à tous moments. Ce n'est pas encore suffisant, car l'équipe prothétique doit travailler ensemble (chirurgien dentiste et prothésiste) pour développer des buts, des intérêts, des valeurs, des capacités et désires communs, ce qui permettra la prise de conscience par le praticien de ce qui se passe au laboratoire et la connaissance par le prothésiste de ce qui se passe au cabinet dentaire.

2.1. Les schémas de couleur :

Le relevé de couleur au cabinet doit être accompagné d'une illustration schématique figurant sur la fiche de laboratoire. Il peut s'agir d'une illustration simplifiée ou plus élaborée, selon le cas clinique, mais aussi selon les compétences individuelles dans le «décodage» des couleurs.

2.1.1. Le schéma simplifié :

Il doit au minimum décrire les 3 zones de couleur de la dent:

Le 1/3 cervical, en principe plus saturé,

Le 1/3 médian, ou couleur de base,

Le 1/3 incisal, où la translucidité et les effets de halo sont plus présents. (Fig.67)

a



b

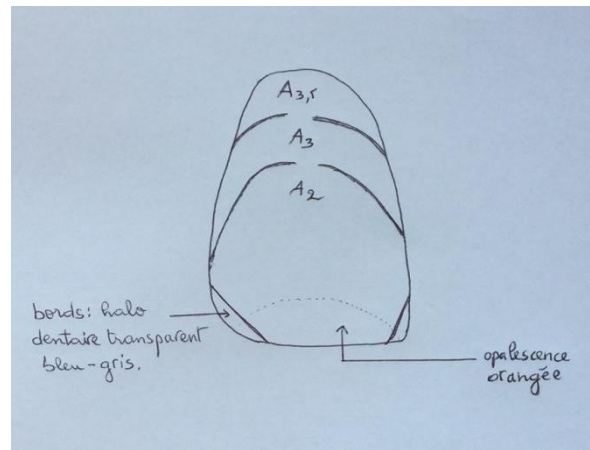


Figure 67 : Schéma simplifié: la dent est analysée en tiers (a)
puis reproduite et annotée (b) [03].

Il peut avantageusement être complété par le dessin des caractérisations (nuages dans l'émail, sillons caramel,...) et du bord libre (halo, lobes dentinaires,...).

Certains fabricants proposent des fiches de renseignements détaillées, permettant au praticien de préciser un maximum d'informations. Ce schéma simplifié, rapide à réaliser trouve tout son sens dès lors qu'il est accompagné d'une ou de plusieurs photographies qui le complètent [3].

2.1.2. Le schéma élaboré :

Ce type de schéma est bien plus souvent l'apanage des prothésistes céramistes. Il est basé sur les teintiers spécifiques à la marque de céramique utilisée, et s'apparente presque à une œuvre d'art. Il permet au prothésiste d'enregistrer les informations nécessaires à sa future stratification [3]. (Fig. 68)

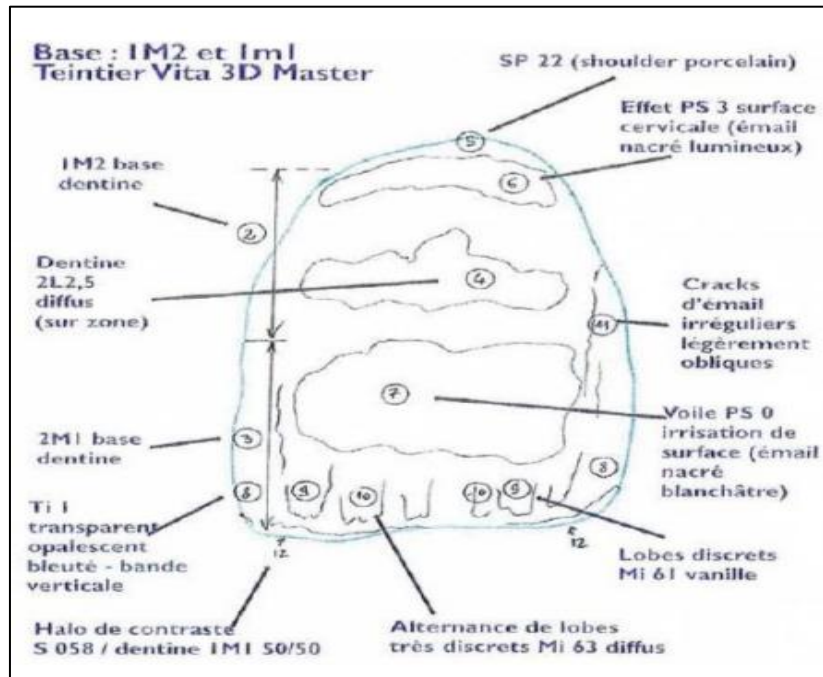


Figure 68: schéma élaboré [02].

2.2. La photographie :

Pour les restaurations esthétiques du secteur antérieur, la communication et le transfert de la couleur est peut être le plus délicat et le plus difficile, l'idéal serait que le prothésiste soit présent lors du choix de la teinte. Si non, des photographies sont la manière la plus efficace de communiquer des informations sur la couleur et l'aspect.

Une photo ou tout ce qui est susceptible de transférer une image n'a pas de prix. Le praticien peut facilement communiquer des informations sur la forme et la texture des dents avec des diapositives, des tirages papiers ou des photographies intra buccales. Les images permettent au prothésiste dentaire d'appréhender facilement les contours de la dent, la translucidité de son bord libre, les taches d'hypoplasies, la coloration et l'intensité réelle de la caractérisation de l'émail. . L'imagerie vidéo, plus sophistiquée, peut également fournir des informations précieuses sur la forme désirée.

2.2.1. Les plaquettes de teintier :

La plaquette de teintier choisie sur la photographie et les informations qu'elle transmet dépendent de l'appareil, du flash, du film...etc. Mais il est possible de procéder à des corrections si la plaquette de teintier figure sur la photo et que les différences entre cette plaquette et la dent sont précisément notées. La couleur sera correctement rendue si la plaquette et la dent sont photographiées sur le même plan et placées bord à bord. Autrement, la luminosité ne sera pas bonne. La plaquette doit être clairement visible, et en faire figurer plusieurs, si possible, sur le cliché améliore le résultat final. La couleur de la restauration est alors peaufinée d'après les différences notées sur la photo. Pour comparer différentes luminosités, les photos en noir et blanc sont les plus utiles.

2.2.2. La translucidité :

Avec la couleur, la communication de la translucidité et de l'état de surface sont des paramètres qui jouent un rôle important dans la luminosité de la dent. La transformation des détails incisifs nécessite des techniques de photographies très pointues. Lors de la photographie des mamelons, il y a trop de lumière réfléchi si l'appareil est tenu perpendiculairement à la face vestibulaire. Pour l'éviter, l'appareil doit être tenu incliné de 30 degrés vers le bas. Pour enregistrer la translucidité, les dents doivent être photographiées serrées et les lèvres écartées. L'épaisseur de la couche d'émail et les fissures sont visibles sur les photos prises sous un angle de 30 degrés.

2.2.3. La photographie du visage :

Les documents ne doivent pas être limités à des photos buccales dans un rapport 1/1 car des images de tout le visage sont très utiles et doivent toujours être prises et utilisées. C'est le meilleur moyen pour communiquer au laboratoire les informations sur les rapports des dents avec les lèvres et leur dispositions dans l'ensemble du visage. Les documents doivent avoir été pris avant, pendant et après les préparations et la mise en place des provisoires. Ajoutées à toutes les techniques préconisées pour placer correctement la ligne incisive, les photographies apportent une grande contribution au résultat. Des images des provisoires même si elles ne sont pas parfaites, seront prises. Elles fourniront au moins au chirurgien dentiste, au prothésiste et au patient une base de discussion sur le but à atteindre [65].

PARTIE

PRATIQUE

Les causes d'échecs de la prise de couleur en prothèse fixée

1- Etude descriptive :

Ces résultats ont été recrutés au niveau des villes de : Tizi-Ouzou, Béjaia et Dellys : n=40.

Objectif : 40 avis professionnels ont été recrutés au près des médecins dentistes (spécialistes et omnipraticiens) afin de mettre en évidence les causes des échecs des choix de la couleur en prothèse fixée.

Les différentes réponses obtenues sont représentées par les graphiques ci-dessous :

Question 01 :

Nous constatons que la moitié des médecins dentistes interrogés ont des murs peints en différentes couleurs claires (appart le blanc), alors qu'un quart d'entre eux ont des murs blancs. La couleur verte est présente chez 07 dentistes, le bleu et l'orange est utilisé chez 02 dentistes.

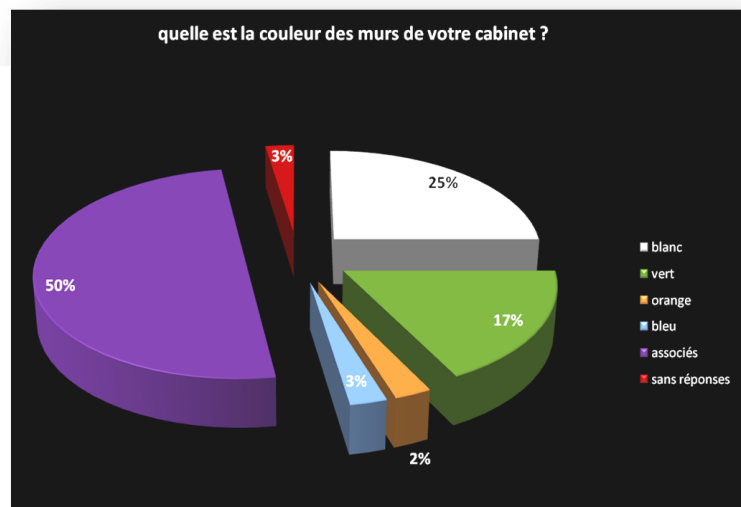


Figure 69 : secteur illustrant le pourcentage de réponses à la question « quelle est la couleur des murs de votre cabinet »

Question 02 :

Nous avons 70% des médecins dentistes qui ont choisi eux même la couleur des murs de leur cabinet dentaire contre 30% de non. Parmi les oui, nous constatons que 64% l'ont fait à titre décoratif.

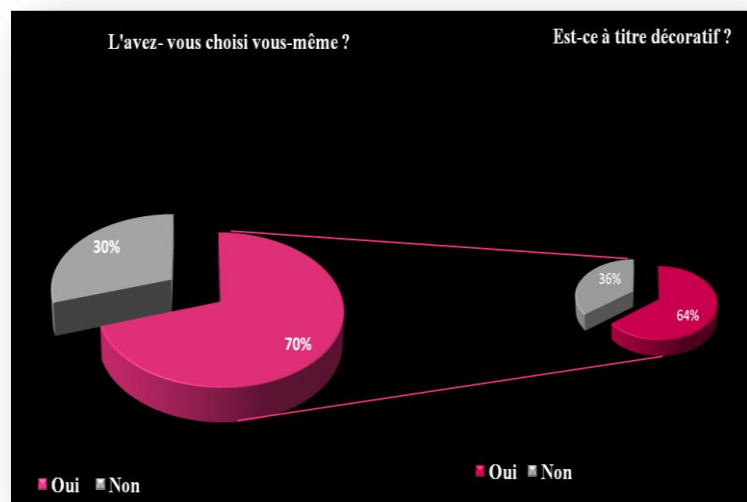


Figure 70 : secteur illustrant le pourcentage de réponses à la question « L'avez-vous choisi vous-même » et « Est-ce à titre décoratif »

Questionnaire des dentistes

➤ La moitié des médecins dentistes ont choisi la couleur des murs de leur cabinet dentaire en tenant compte de leur pratique quotidienne, tant dis que 28% ne l'ont pas fait pour cette raison.

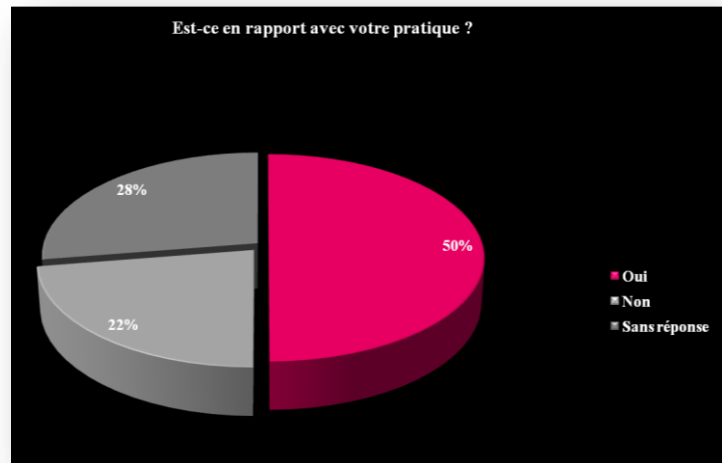


Figure 71 : secteur illustrant le pourcentage de réponses à la question «Est-ce en rapport avec votre pratique »

Question 03 :

80% des médecins dentistes ont la fenêtre de leur cabinet située en face du fauteuil dentaire, alors que chez 17%, la fenêtre est située ailleurs.

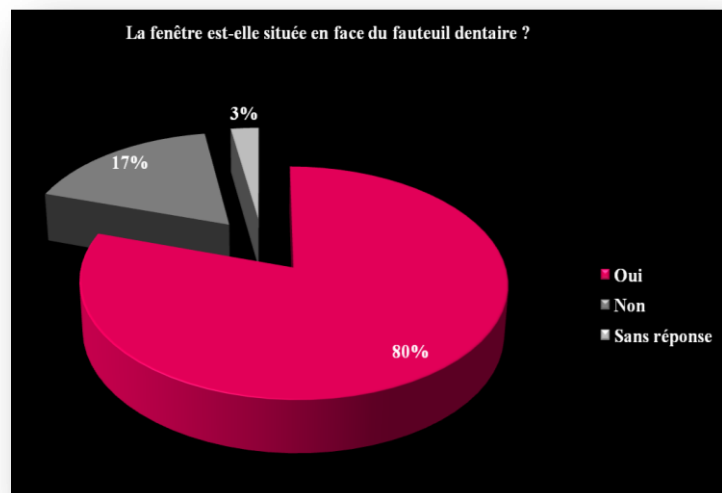


Figure 72 : secteur illustrant le pourcentage de réponses à la question «La fenêtre est-elle située en face de votre fauteuil dentaire»

Question 04 :

90% des médecins dentistes interrogés (soit 36 sur 40) disent qu'ils prennent la couleur à la lumière du jour, alors que 07% affirment que non.

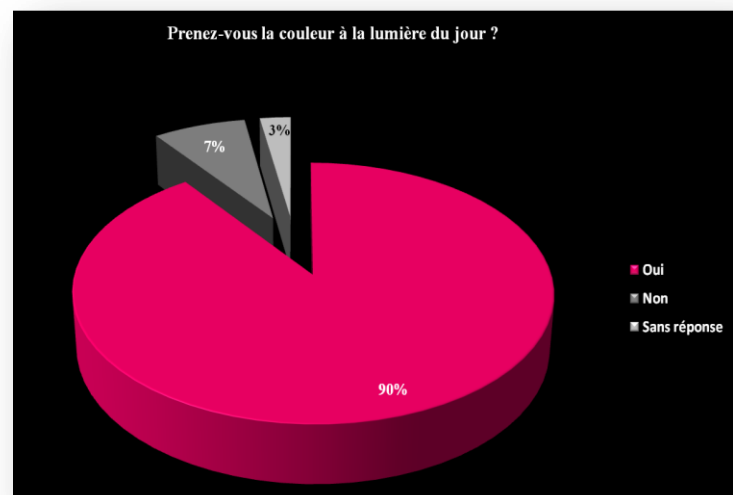


Figure 73 : secteur illustrant le pourcentage de réponses à la question «Prenez-vous la couleur à la lumière du jour »

Questionnaire des dentistes

➤ 77% des médecins dentistes n'utilisent pas une autre source de lumière appart la lumière du jour alors que 20% utilisent une autre source de lumière : 06 d'entre eux ont une lumière blanche et les 02 restants l'ont en jaune.

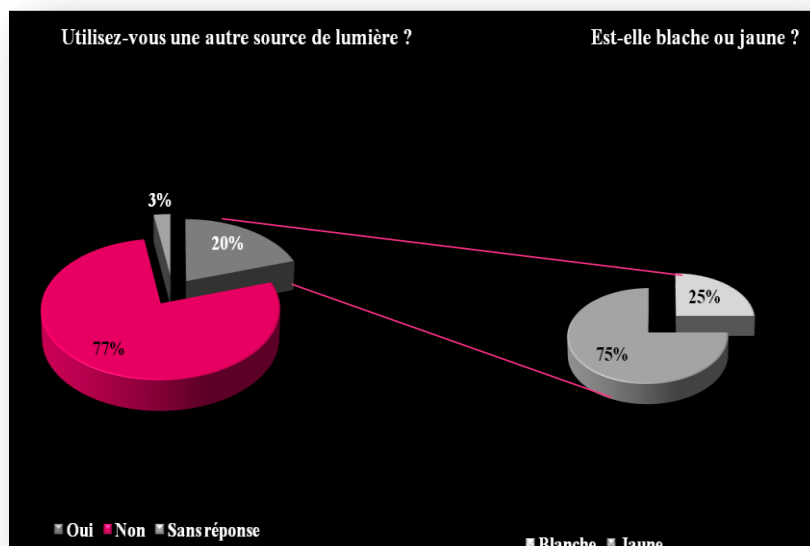


Figure 74 : secteur illustrant le pourcentage de réponses à la question «Utilisez-vous une autre source de lumière» et « Est-elle blanche ou jaune »

Question 05 :

Plus de la moitié des médecins dentistes ont affirmé prendre en charge l'inflammation gingivale avant la prise de la couleur, 37% ne le font pas.

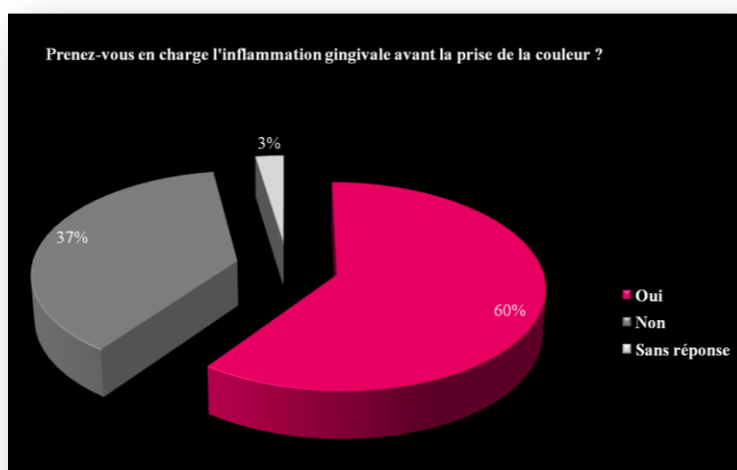


Figure 75 : secteur illustrant le pourcentage de réponses à la question «Prenez-vous en charge l'inflammation gingivale avant la prise de la couleur »

Question 06 :

Tout le monde utilise le teintier classique pour la prise de la couleur alors qu'une seule personne utilise le 3D. Nous constatons que le numérique n'est pas utilisé.

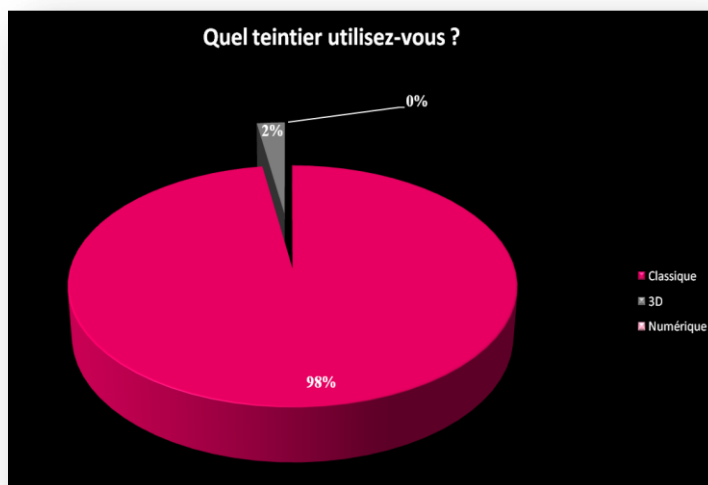


Figure 76 : secteur illustrant le pourcentage de réponses à la question «Quel teintier utilisez-vous »

Questionnaire des dentistes

➤ 95% des médecins dentistes utilisent le même teintier peu importe la restauration, tant dis que 05% changent de type de teintier selon la restauration.

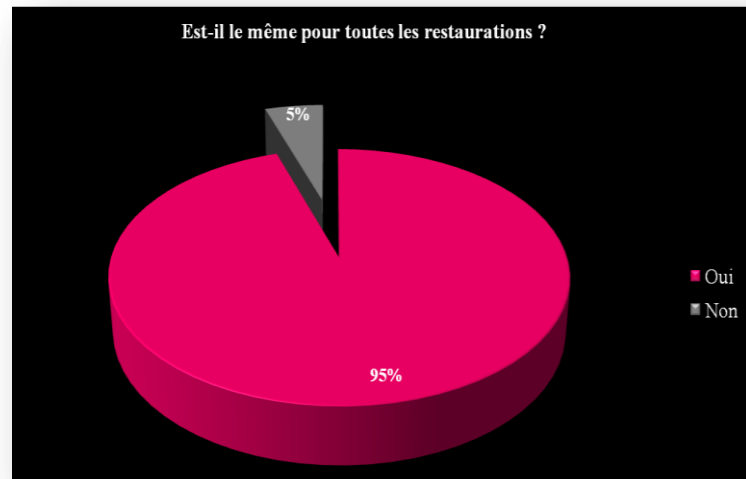


Figure 77 : secteur illustrant le pourcentage de réponses à la question «Est-il le même pour toutes les restaurations »

Question 07 :

36% des médecins dentistes prennent la couleur de la dent après la taille, 26% le font avant la taille de la dent alors que 38% prennent la couleur selon le cas qui se présente.

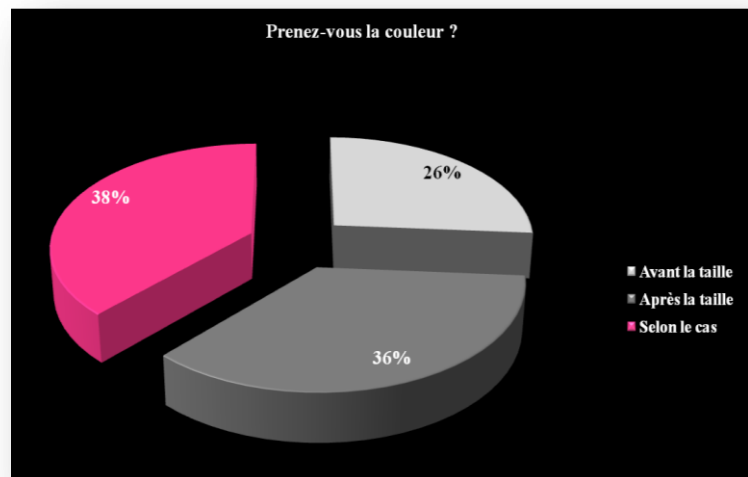


Figure 78 : secteur illustrant le pourcentage de réponses à la question «Prenez-vous la couleur avant ou après la taille»

Question 08 :

Plus de la moitié des médecins dentistes demandent aux femmes d'enlever leur rouge à lèvres avant de prendre la couleur, alors que 35% jugent cela inutile.

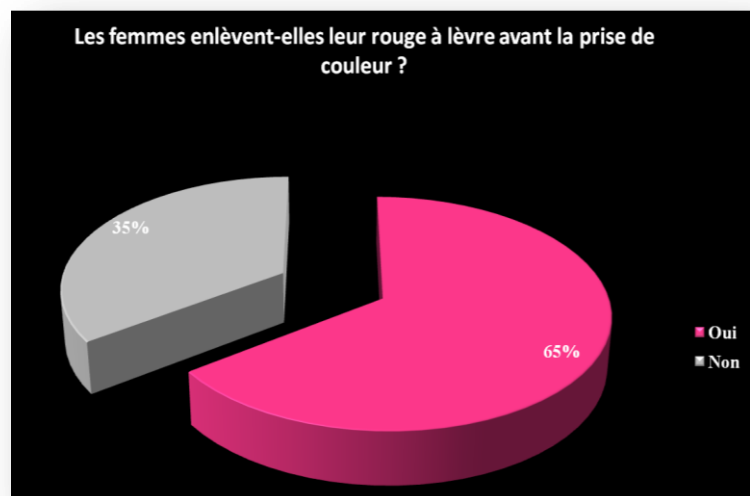


Figure 79 : secteur illustrant le pourcentage de réponses à la question «Les femmes enlèvent-elles leur rouge à lèvres avant la prise de la couleur»

Question 09 :

La majorité des médecins dentistes soit 90% n'allument pas leur scialytique lors de la prise de la couleur, alors que 10% l'allument.

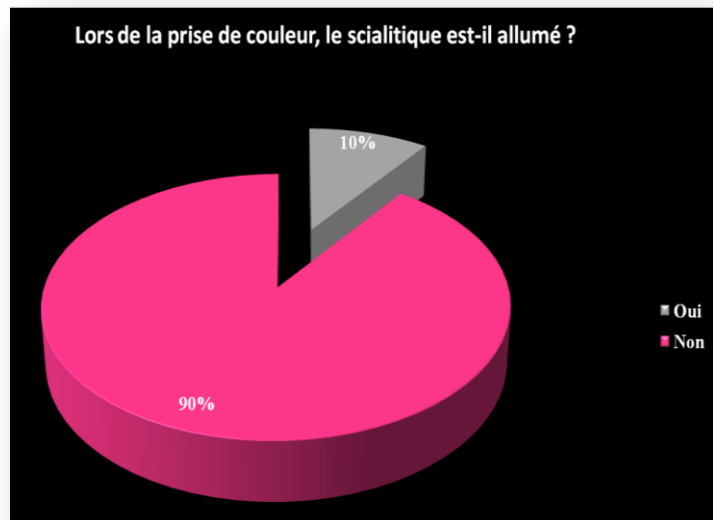


Figure 80 : secteur illustrant le pourcentage de réponses à la question «Lors de la prise de couleur, le scialytique est-il allumé»

Question 10 :

55% des médecins dentistes font un séchage de la dent avant la prise de la couleur, 45% ne le font pas.

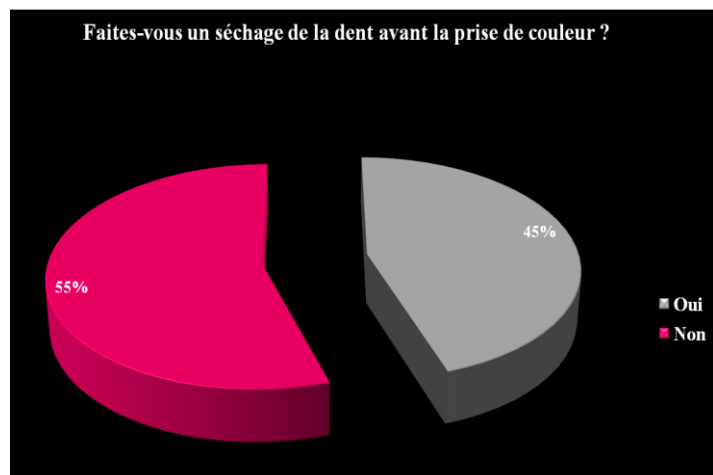


Figure 81 : secteur illustrant le pourcentage de réponses à la question «Faites-vous un séchage de la dent avant la prise de la couleur»

Question 11 :

73% des médecins dentistes prennent plus de 10 secondes pour choisir la couleur de la dent, 20% le font en 10 secondes alors que 07% prennent 05 secondes pour faire leur choix.

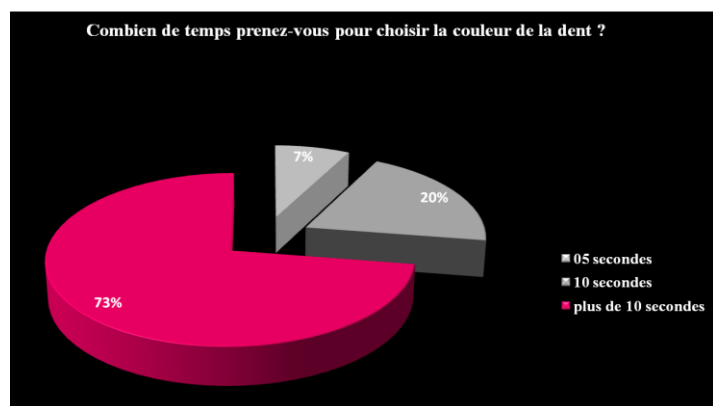


Figure 82 : secteur illustrant le pourcentage de réponses à la question «Combien de temps prenez-vous pour choisir la couleur de la dent»

Question 12 :

Nous constatons que 75% des médecins dentistes (soit 30 sur 40) prennent en compte les désirs du patient à propos du choix de la couleur.

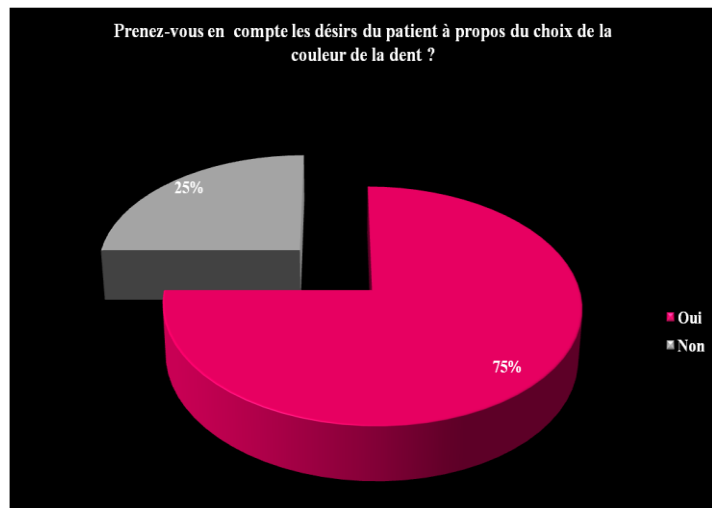


Figure 83 : secteur illustrant le pourcentage de réponses à la question «Prenez-vous en compte les désirs du patient lors du choix de la couleur»

➤ Pour 20% des médecins dentistes, la prise en compte des désirs du patient est limitée quand le choix est non esthétique, chez 10% si le choix est loin de la réalité. Chez 10% autres quand cela causera un échec ou un rejet ultérieur.

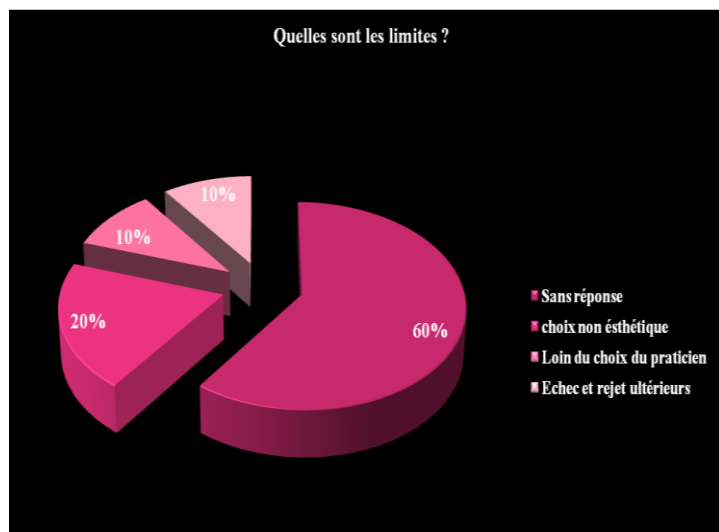


Figure 84 : secteur illustrant le pourcentage de réponses à la question «Quelles sont les limites de cette prise en compte»

Question 13 :

Plus de la moitié des médecins dentistes soit 27 sur 40 ne font pas de photographie à envoyer aux prothésistes alors que les 32% restants le font.

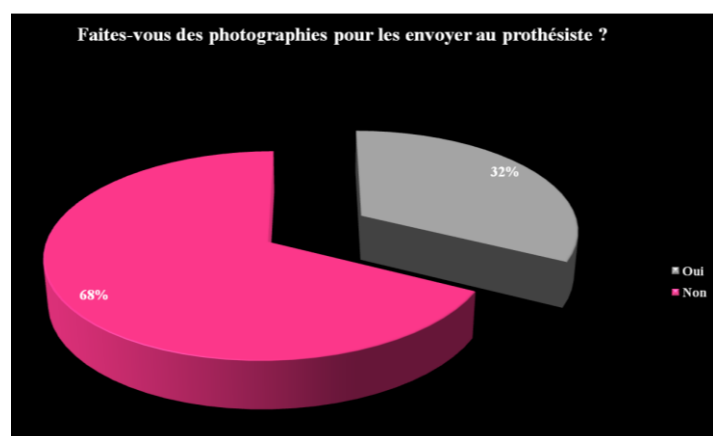


Figure 85 : secteur illustrant le pourcentage de réponses à la question «Faites-vous des photographies pour les envoyer au prothésiste»

Question 14 :

Nous constatons qu'un peu plus de la moitié des médecins dentistes soit 24 sur 40 font des schémas de nuances de couleurs aux prothésistes ce qui n'est pas le cas des 40% restants.

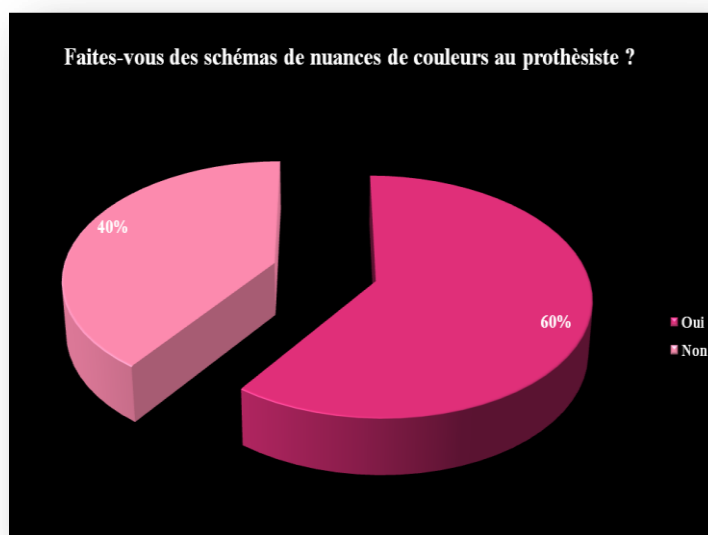


Figure 86 : secteur illustrant le pourcentage de réponses à la question «Faites-vous des schémas de nuances de couleurs au prothésiste »

Question 15 :

Les patients ne se plaignent pas d'une différence de couleur après livraison dans 73% des cas.

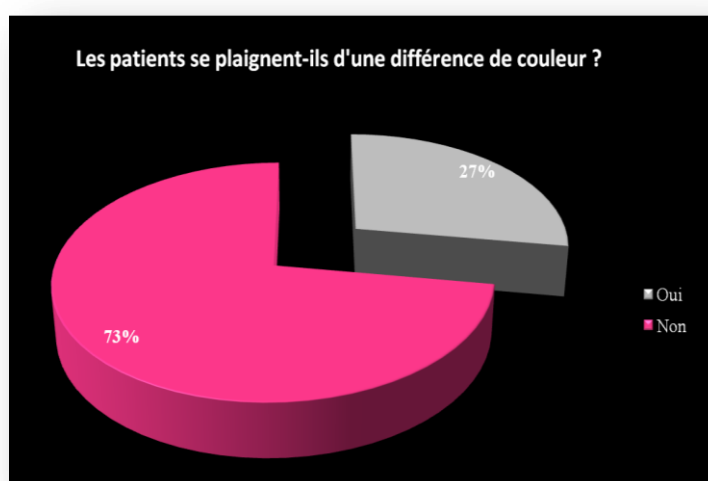


Figure 87 : secteur illustrant le pourcentage de réponses à la question «Les patients se plaignent-ils d'une différence de couleur »

Question 16 :

Les nombreux échecs de couleur en prothèse fixée sont liés à plusieurs raisons ; selon 40% de nos médecins dentistes, la cause est le non respect des conditions de la prise de la couleur au cabinet dentaire, 26% dénoncent la réalisation laboratoire mal menée, 17% pensent que c'est la mauvaise communication dentiste-prothésiste et 17% autres impliquent la prise en compte du désir du patient au delà des limites de la pratique.

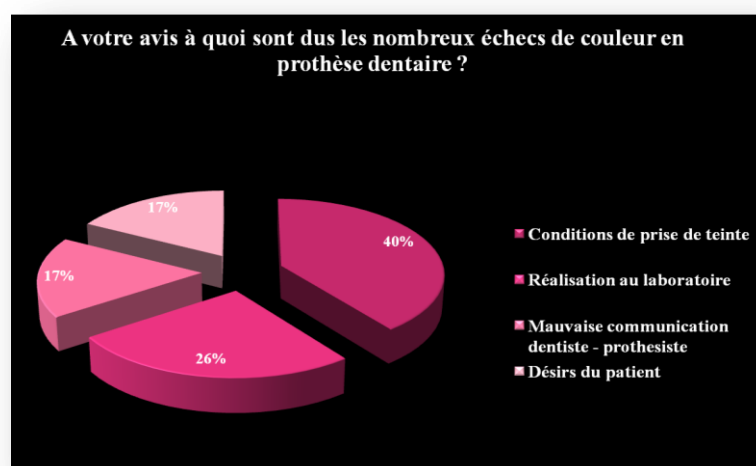


Figure 88 : secteur illustrant le pourcentage de réponses à la question «A votre avis à quoi sont dus les nombreux échecs de couleur»

Questionnaire prothésiste

Résultats recrutés au niveau des villes de : Tizi-Ouzou, Béjaia et Dellys : n=16.

Objectif : 16 avis professionnels ont été recrutés au près des prothésistes afin de mettre en évidence les causes des échecs des choix de la couleur en prothèse fixée.

Les différentes réponses obtenues sont représentées par les graphiques ci-dessous :

Question 01 :

Nous constatons que 1/5 prothésistes reçoivent des photographies de la part des dentistes.

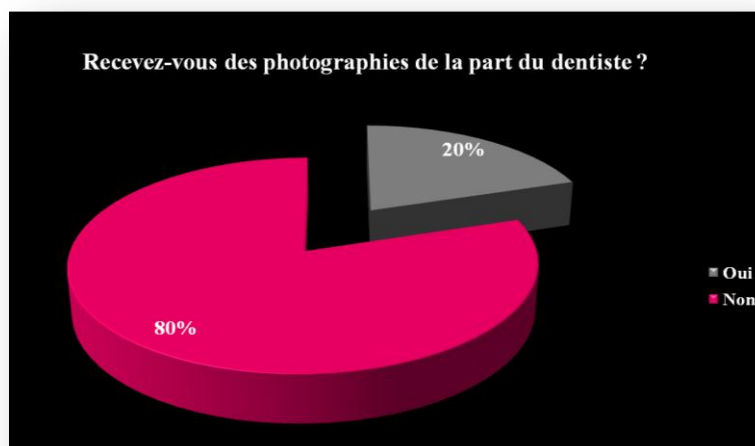


Figure 89 : secteur illustrant le pourcentage de réponses à la question « Recevez-vous des photographies de la part du dentiste ».

Question 02 :

Les résultats révèlent que la moitié des prothésistes interrogés reçoivent des schémas de nuances de la part des médecins dentistes contrairement à l'autre moitié.

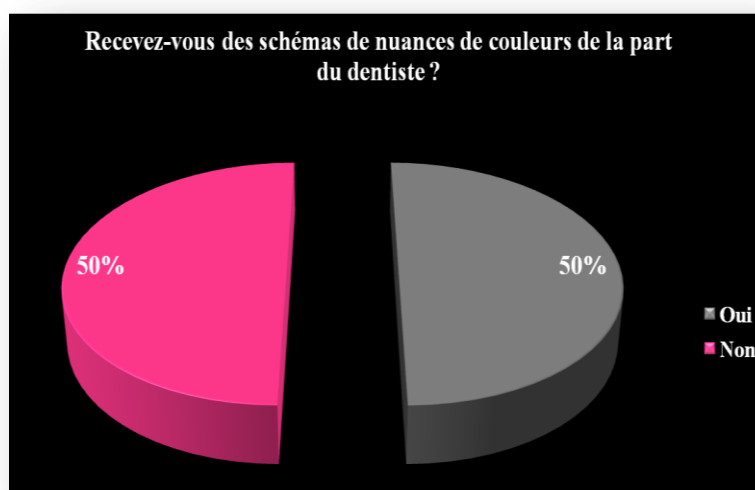


Figure 90 : secteur illustrant le pourcentage de réponses à la question « Recevez-vous des schémas de nuances de couleurs de la part du dentiste ».

Question 03 :

Plus de 90 % des prothésistes affirment que les dentistes leurs communiquent le teintier utilisé.



Figure 91 : secteur illustrant le pourcentage de réponses à la question « Le dentiste vous communique-t-il le teintier qu'il a utilisé lors de la prise de la couleur ».

Question 04 :

Nous avons retrouvé que la grande majorité des prothésistes (83%) utilisent les teintiers classiques et la minorité (17%) utilisent le 3D master et aucun n'utilise le numérique.

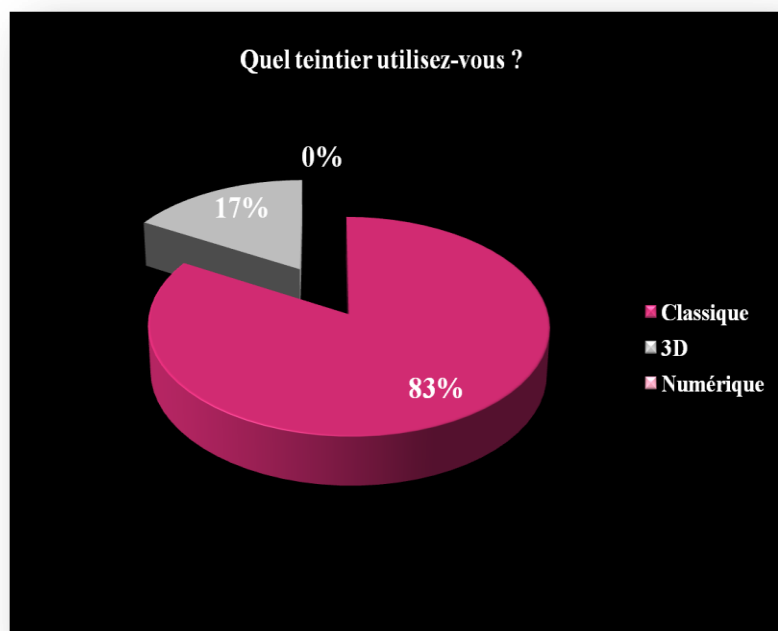


Figure 92 : secteur illustrant le pourcentage de réponses à la question « Quel teintier utilisez-vous ».

Question 05 :

Nous constatons que 10 prothésistes (62%) utilisent la lumière naturelle lors de la préparation des couronnes tandis que 02 utilisent la lumière artificielle (13%) et le reste utilisent les deux (25%)

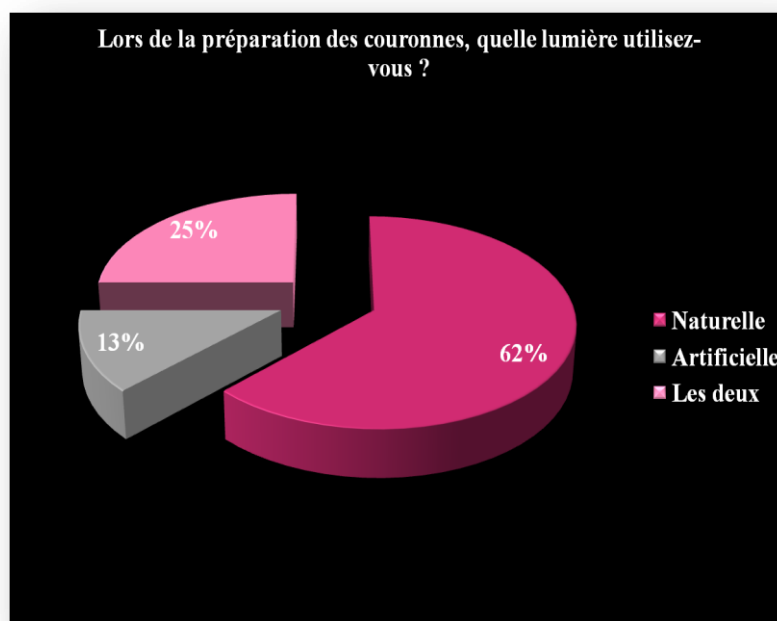


Figure 93 : secteur illustrant le pourcentage de réponses à la question « Lors de la préparation des couronnes, quelle lumière utilisez-vous ».

Question 06 :

Les prothésistes nous rapportent qu'un peu plus de la moitié des médecins dentistes se plaignent d'une différence de couleur après la livraison.

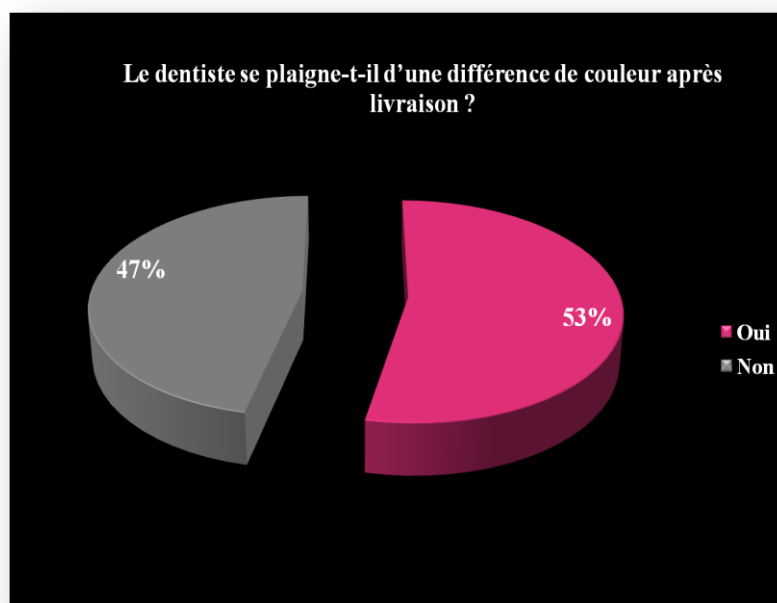


Figure 94 : secteur illustrant le pourcentage de réponses à la question « Le dentiste se plaint-il d'une différence de couleur après livraison ».

Question 07 :

Pour les prothésistes, les nombreux échecs de couleur en prothèse fixée sont dus en premier lieu à la réalisation au laboratoire (35%), puis à la mauvaise communication avec le dentiste (30%) en plus des conditions de prise de teinte et les désirs du patient 25%,10% successivement.

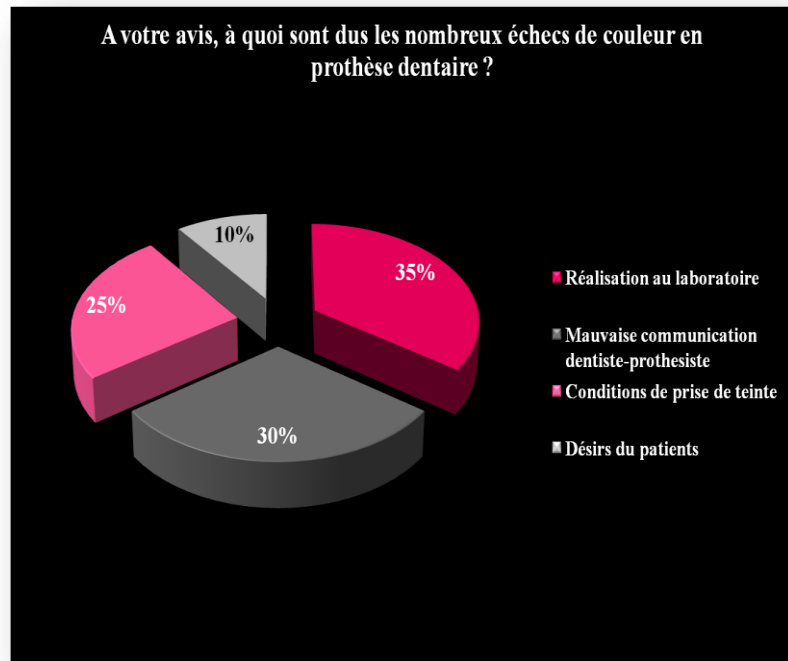


Figure 95 : secteur illustrant le pourcentage de réponses à la question « A votre avis, à quoi sont dus les nombreux échecs de couleur en prothèse fixée ».

Résultats

Après la collecte et l'étude des différentes réponses, nous parvenons aux conclusions suivantes concernant les causes des échecs de prise de la couleur en prothèse fixée :

- 1- L'utilisation du teintier classique comme unique référence pour la prise de la couleur alors qu'il y a d'autres teintiers plus performant et précis (l'inconvénient du prix onéreux et de la non capacité à utiliser les autres teintiers par les dentistes explique ce résultat).
- 2- L'utilisation du même teintier peu importe le matériau de restauration chez la majorité des dentistes et prothésistes.
- 3- Le séchage de la dent avant la prise de la couleur est fréquent chez nos médecins dentistes ce qui fausse le choix de la couleur de la dent.
- 4- La durée nécessaire pour choisir la couleur de la dent est capitale et n'est malheureusement pas respectée.
- 5- Les photographies sont un moyen de communication qui assure la transmission de la couleur souhaitée au laboratoire, ce qui n'est pas adopté par la plupart des médecins dentistes.
- 6- Selon les médecins dentistes et prothésistes interrogés, d'autres causes d'échecs sont évoquées et sont les suivantes :
 - Conditions défavorables de prise de la couleur.
 - Mal réalisation au laboratoire.
 - Mauvaise communication dentiste- prothésiste.

2- Les cas cliniques :

Cas clinique n °01 :

Il s'agit de mademoiselle X âgée de 22 ans, qui s'est présentée à notre consultation dans un but esthétique (12 dyschromiée), visant à réaliser une couronne en zircone.

Avant la taille :



Prise de la couleur :



Résultat final :



Cas clinique n ° 02 :

Il s'agit de mademoiselle X âgée de 18 ans, qui s'est présentée à notre consultation dans un but esthétique et fonctionnel sur la 13, visant à réaliser une CCM avec un faux moignon métallique.

Avant la taille :



Après la taille :



Prise de la couleur :



Résultat final :



Cas clinique n ° 03 :

Il s'agit de mademoiselle X âgée de 46 ans, qui s'est présentée à notre consultation dans un but esthétique (Récession et égression au niveau de la 13), visant à réaliser une CCM avec une fausse gencive.

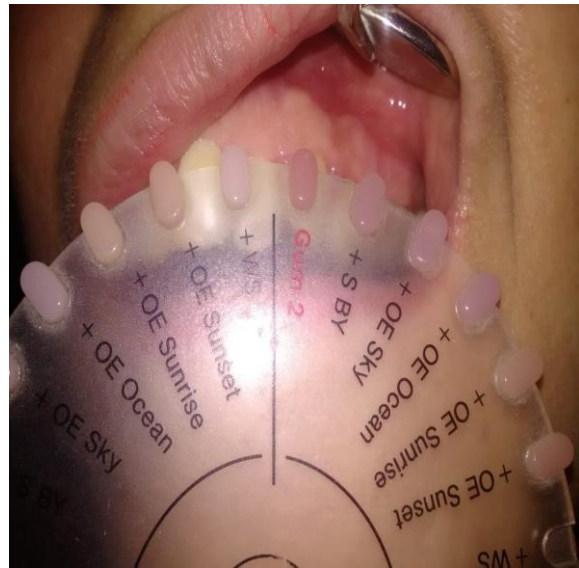
Avant la taille :



Après la taille :



Prise de la couleur (gencive + dent) :



Résultat final :



Cas clinique n °04 :

Il s'agit de mademoiselle X âgée de 32 ans, qui s'est présentée à notre consultation dans un but esthétique (dyschromie), visant à réaliser un bridge en zircone de 12 éléments.

Avant la taille :

Résultat final :



Synthèse :

Chaque restauration prothétique possède un comportement optique spécifique, ces propriétés ne se limitent pas à la couleur de la restauration (luminosité, teinte, saturation), elles sont directement fonction de la nature du matériau, de son épaisseur, de l'état de surface, du mode d'assemblage et du type du substrat sous-jacent. L'interprétation optique de l'observateur sera la synthèse de l'interaction de la lumière avec l'ensemble de ces éléments.

En fonction du système utilisé et de son épaisseur, des effets masquant ou translucides seront obtenus. La translucidité ou l'opacité de l'armature peut être utilisée comme un atout face à la situation clinique. Dans le cas de facettes céramiques et de restaurations unitaires antérieures sur piliers non dyschromiés, l'utilisation d'une armature translucide (système céramo-céramique) est un avantage afin de permettre la diffusion de la lumière dans la dent.

A contrario, un pilier décoloré (dyschromie et/ou faux moignon métallique, pilier implantaire) nécessite une armature plus opaque (auparavant le système céramo-métallique mais actuellement le choix se porte sur une armature opaque In-Ceram® Alumina ou semi-opaque Procera® alumine ou zircone) afin de supprimer toute influence défavorable du substrat sur le résultat esthétique final.

Une très bonne connaissance de ces propriétés optiques est fondamentale pour indiquer leur bonne utilisation en fonction de la situation clinique.

Tableau 03 : Tableau récapitulatif .

Type de biomatériau	Types de restauration	Indications	Contre indications	Type de teintier
Résine	Couronne et bridge	-Restaurations temporaires	Restaurations définitives	-Le chromascop d'ivoclar-vivadent. -Le vita classical. -Les teintiers numériques.
Céramique	Facettes	- Colorations dues aux tétracyclines. - Dents réfractaires aux blanchiments externes ou internes. - Dents coronaires. - Fermeture des diastèmes et triangles noirs inter-dentaires. - Allongement des bords libres et restitution de la prééminence incisive. - Fractures coronaires étendues. - Perte d'émail étendu par érosion et usure. - Malformation généralisée congénitales et acquises.	-Anomalies colorimétriques importantes. -Les malpositions majeures.	-Le vita 3D master. -Les teintiers numériques.
	CCC	-Dents antérieures. -Légère malpositions dentaires. -Dysplasie et dents naines. -Dents pulpées faiblement dyschromiées. -Dents pulpées faiblement délabrées. -Disparition des fêlures inesthétiques.	-Sous faux moignon métallique.	
	CCM	- Dents ayant changés de teinte après mortification. -Dents délabrées.		
Zircone	Couronne et bridges.	-Secteur antérieur (limité) : Dents piliers ou dyschromiées. -Secteur postérieur.	-Dents antérieures vivantes.	-Le vita 3D master. -Les teintiers numériques.

Remarques :

- Les indications de la zircone restent limitées au niveau antérieur car cette dernière présente une faible translucidité.
- CCM : La présence de métal sous la céramique ne permet pas d'obtenir le même degré de translucidité que les dents naturelles ce qui peut donner un aspect opaque à la couronne.
- CCM : reste la restauration de choix, son inconvénient est qu'elle présente un liseré métallique ce qui limite son utilisation au niveau du secteur antérieur.
- CCC : les faux moignons métalliques doivent être évités en raison de la translucidité de la CCC et des effets de la transmission de la lumière, ces restaurations métalliques font paraître inévitablement la céramique sous-jacente grisâtre après collage signant l'échec esthétique (utiliser des moignons esthétiques).

Les conditions optimales :

Pour optimiser la réussite de la prise de la couleur en prothèse fixée, il faut :

- 1- Que la teinte soit toujours assortie avant la préparation de la dent à restaurer.
- 2- Demander au patient de supprimer toutes les distractions avant d'essayer de faire correspondre une nuance.
- 3- Nettoyer les dents et enlever toutes les taches et débris.
- 4- Avoir la bouche du patient au niveau des yeux du dentiste.
- 5- Que les comparaisons de teintes soient effectuées à intervalles de cinq secondes afin de ne pas fatiguer les cellules coniques de la rétine.
- 6- Que la nuance corresponde aux valeurs, à la chrominance et à la teinte.
- 7- Ne pas sécher les dents préparées avant de prendre la teinte du moignon, car elles apparaîtront plus brillantes et plus foncées que prévu lors du scellement.
- 8-En cas de confusion, choisir une teinte plus claire (il est plus facile d'assombrir).

Conclusion

La connaissance et la compréhension des théories concernant la lumière, les couleurs, les phénomènes optiques permettent au praticien d'améliorer sa pratique quotidienne, de clarifier sa communication avec le laboratoire de prothèse, de mieux comprendre le fonctionnement des divers instruments dont il dispose, mais aussi d'éviter des erreurs.

La détermination et la communication de la couleur sont deux étapes fondamentales en dentisterie esthétique. Elles peuvent être effectuées correctement à condition de prendre en compte sa nature tridimensionnelle et différents autres paramètres complémentaires. Cela implique d'abord l'utilisation de teintiers organisés par groupes de luminosités.

Le recours aux photographies numériques est également indispensable ou encore mieux, les méthodes instrumentales. L'avenir s'oriente ainsi vers la mise au point et l'essor des caméras optiques. Un seul instrument devrait donc s'imposer dans le futur pour effectuer des empreintes numériques intra-buccales et le relevé colorimétrique des dents.

Connaissant la physiologie de l'appareil visuel, le praticien comprend comment l'œil peut observer et analyser les différentes couleurs et l'influence de l'environnement (infrastructure de cabinet et l'environnement dentaire) sur sa perception.

Les biomatériaux sont en perpétuelle évolution les rendant plus performants et donnant aux restaurations un aspect de plus en plus proche du naturel rappelant l'expression « une prothèse réussite est une prothèse qui passe inaperçue ».

Bibliographie :

- [01] : Zananiri C. Couleurs et lumière. France : ellipses ; 2003.
- [02] : Daries C .Relevé de la couleur au cabinet dentaire : connaissances et moyens d'optimisation actuels [thèse].Toulouse : université Toulouse III – Paul Sabatier faculté de chirurgie dentaire ; 2013.
- [03] : Pignoly C, Aubut V, Baixe S, Barthelemy H, Etienne O, Girard JL, et al. Prise de teinte, des techniques conventionnelles aux techniques électroniques. ADF. 2010.
- [04] : Aïche H, Hamel L. Le choix des dents artificielles des dents complètes. ECM.2007 ; 23325 F¹⁰ : 10-20.
- [05] : Eichelberger A. Détermination des coefficients d'absorption de la lumière des couleurs dentines par une resine composite et une céramique dentaire [thèse]. Nancy : Université henri poincare-nancy 1 Faculte de chirurgie dentaire ; 2010.
- [06] : Sikri V K. Color: Implications in dentistry. Journal of conservative dentistry. Oct-Déc 2010 ; 13 : 249-255.
- [07] : Vanel T. Impact des facteurs humains dans l'intégration esthétique d'un élément céramique [Thèse]. Nancy: Université Henri Poincaré ; 2007.
- [08] :Villaroel M, Fahl N, De Sousa A M, De Oliveira O B. Direct Esthetic Restorations Based on Translucency and Opacity of Composite Resins. Journal of esthetic and restorative dentistry. Fev 2011; 23: 77-88.
- [09]: Balterz A, Vanik KJ, la définition des teintes des dents, quitessenz Zahntechnik .2004; 30:S725-740.
- [10]: Brewer JD, Wee A,Seghi R. Advances in color matching. Dent Clin North Am. 2004 Apr; 48:S341-58.
- [11]: Denissen H, Dozic A.Photometric assessment of tooth color using commonly available software. Eur J Esthet Dent. 2010 Summer;5(2):S204-15.
- [12]: Joiner A. Tooth colour: a review of the literature. J Dent. 2004;32:S3-12.
- [13] : Lasserre JF. Les sept dimensions de la couleur des dents naturelles. Clinic. 2007; 28:S417-430.
- [14]: Sikri VK.Color: Implications in dentistryJournal of Conservative Dentistry Editor. Department of Conservative Dentistry and Endodontics.2010;13:S249-255.
- [15] : Wack E. Enregistrement de la teinte: Les teintiers et les systèmes numériques [Thèse]. Nancy : Université Henri Poincaré ; 2008.
- [16] : Giau F. Les différentes techniques d'enregistrement de la teinte en prothèse fixée [Thèse]. Nantes : Université de Nantes unité de formation et de recherche d'odontologie ; 2012.

- [17] : D'Incau .E, Pivet.J. Couleur et teintes en odontologie. JPIO Esthétique. 7 oct 2014 ; 14222 :29.
- [18] :Fouquier R. Au-delà de la prise de teinte les autres indices de réussite .jun 2008 ; n°259 : 28-31.
- [19] : Lasserre J-F, Pop I- S, d'Incau E. La couleur en odontologie Déterminations visuelles et instrumentales. Les cahiers de prothèse. sep2006 ; n°135 :1-15.
- [20] : Martin De Las Heras S, Valenzuela A, Bellini R, Salas C, Rubino M, Garcia JA. Objective measurement of dental color for age estimation by spectroradiometry. Forensic science internationa. 2003; 132 : 57-62.
- [21] : Burdairon G. Abrégé de biomatériaux dentaires. France : MASSON ; 1981.
- [22] : Dejou J. Les céramiques. Société francophone de biomatériaux dentaires ; 2007.
- [23] : Dejou J. Les céramo-céramiques. ADF.2011 ; 2^{ème} édition : 9-17.
- [24] : Perelmuter S, De Cooman J, Degrange M, Lelièvre F,Lecardonnel A, Pompignoli M et all. Les céramo-céramiques. ADF. 2011 ; 2^{ème} édition 12-14.
- [25] : Courcier L .Intérêts et limites de la zircone en prothèse fixée [Thèse]. NANTES : Université de Nantes ; 2011.
- [26] : Muster D, Vouillot JL, Dubruille JH. Biomateriaux, biomateriels et bio-ingénierie en chirurgie orale et maxillofaciale (I). EMC .2010 ; 01-20.
- [27] : Seguela V, D'Incau E. Les restaurations corono-radicaulaires du continuum biomécanique au continuum optique. L'information dentaire. 2 septembre 2015 ; n° 29 :07-08.
- [28] : Pineau S, Mai Moussa F, Sireix C, Cros Dos Santos BA, Massaloux J, Lafougue H. Teinte et couleur : prise d'information et transmission au laboratoire. Atelier clinique démonstration Symbiose .2017 : 14-19.
- [29]: C ALB, C Sireix, I Citrilla-POP. La couleur, la teinte, l'esthétique. Atelier Clinique Démonstration. ADF B36. Symbiose .2017 : 11-15.
- [30]:Kamina P. Anatomie Clinique. 4^{ème} édition. Poitiers :Maloine ;2013.
- [31]: PIGNOLY C, AUBUT V, BAIXE S, BARTHELEMY H, ETIENNE O, GIRARD JL, et al. Association Dentaire Française. Prise de teintes des techniques conventionnelles aux techniques électroniques ; 2010. 31-41.
- [32]: Baltzer, A., & Kaufmann-Jinoian, V. (2004). La définition des teintes de dent. Quintessenz Zahntechnik, 30, 726-740.
- [33]: Bayindir, F., Kuo, S., Johnston, W. M., & Wee, A. G. (2007, septembre). Coverage error of three conceptually different shade guide systems to vital unrestored dentition. The journal of prosthetic dentistry, 98(3), 175-185.

- [34]: Browning, W. B., Contreras-Bulnes, R., Brackett, M. G., & Brackett, W. W. (2009, mai). Color differences: Polymerized composite and corresponding Vitapan Classical Shade tab. *Journal of dentistry*, e34-e39.
- [35]: Capa, N., Malkondu, O., Kazazoglu, E., & Calikkocaoglu, S. (2010). Evaluating factors that affect the shade-matching of dentists, dental staff members, and laypeople. *Journal of the american dental association*, 141, 71-76.
- [36]: Corciolani, G., Vichi, a., Goracci, C., & Ferrari, M. (2009). Colour correspondence of a ceramic system in two different shade guides. *Journal of dentistry*, 37, 98-101.
- [37]: Hammad, I. A. (2003, january). Intrarater repeatability of shade selections with two shade guides. *The journal of prosthetic dentistry*, 89(1), 50-53.
- [38]: Joiner, A. (2004). tooth color : a review of the litterature. *journal of dentistry*, Elsevier
- [39]: Lasserre, J.-F. (2008, Novembre). Le relevé de la couleur : Quelles sont les évolutions instrumentales? *Le fil dentaire*, 37, 30-32.
- [40]: Marcucci, B. (2003). A shade selection technique. *the journal of prosthetic dentistry*, 89(5), 518-521.
- [41]: Park, J.-H., Lee, Y.-K., & Lim, B.-S. (2006, Décembre). Influence of illuminants on the color distribution of shade guides. *The journal of prosthetic dentistry*, 96(6), 402-411.
- [42]: Lasserre JF, Pineau S. Le relevé de la couleur : quelles sont les évolutions instrumentales ? *Le Fil Dentaire* n°37, nov. 2008.
- [43]: Etienne O., Watzki D. : Préparation des modèles de travail en tout céramique : jouer avec la translucidité, *Stratégie Prothétique* mai-juin 2009, vol 9, n°3, 177-184
- [44]: Les secrets de la stratification des résines composites : comment réaliser une restauration naturelle. *Les dossiers de l 'ADF. Odontologie restauratrice*. 2008. Paris.
- [45]: Vanini L. Light and color in anterior composite restorations». *Pratical Periodontolgy and Aesthetic Dentistry* 1996, 8 (7): 673-682.
- [46]: Ahmad I. Digital dental photography. Part 4 : choosing a camera. *Br Dent J* 2009a ; 206 : 575-581.
- [47]: Ahmad I. Digital dental photography. Part 6 : camera settings. *Br Dent J* 2009b ; 207 : 63-69.
- [48]: Barthélémy H, d'Incau E, Étienne O. La photographie numériquedentaire. Première partie : la prise de vue. *Cah Prothèse* 2011 ; 156 : 19-33.
- [49]: Étienne O, Baixe S, Barthélémy H, Dal Gobbo FF. Enregistrer et transmettre les informations chromatiques. In : Pignoly C, Aubut V, Baixe S, Barthélémy H, Étienne O, Girard JL et al. (eds). *Prise de teintes. Des techniques conventionnelles aux techniques électroniques*. Paris : ADF, 2010 : 31-61.
- [50] : Lasserre JF, Pop IS, d'Incau E. La couleur en odontologie 1re partie : déterminations visuelles et instrumentales. *Cah Prothèse* 2006 ; 135 : 25-39.

[51]: Launois C; Marechal H. La détermination de la couleur et sa communication au laboratoire. Clinica 2007; 28: 431-440.

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

[53]: Vichi A, Louca C, Corciolani G et Ferrari M. Color related to ceramic and zirconia restorations: a review. Dent Mater 2011;27(1):97-108.

[54]: Brewer JD, WEE A et Seghi R. Advances in color matching. Dent Clin North Am 2004 ;48(2) : 341-358. Review.

[55]: Tervil B. Le choix de la teinte: apport des dispositifs numériques. Vidéo issue de la conférence lors de l'ADF

[56]: Clinkemaiillé, M. (2011). La Photographie Numérique au cabinet dentaire : Principes, Applications, Recommandations. Bordeaux.

[57]: CHU SJ, TRUSHKOWSKY RD et PARAVINA RD. Dental color matching instruments and systems. Review of clinical and research aspects. J Dent 2010;38(Suppl 2):e2-e16

[58]: Khurana R, Tredwin CJ, Weisbloom M et Moles DR. A clinical evaluation of the individual repeatability of three commercially available colour measuring devices. Br Dent J 2007; 203(12):675-680.

[59]: Robert D. Premier contact avec le ShadeScan System™. The Canadian Journal of Dental Technology 2000: 52-60

[60]: Ortet S, Humeau A, Monleau JD, Lucci D, Etienne JM, Faucher AJ. Le relevé de la couleur : techniques avancées, partie 1. Information Dentaire n°32 et 33, 2005.

[61]: Bala, R. . Chapitre 5 : Device characterization. Dans Digital color imaging handbook. New-York: Xerox Imaging & Services Technology Center.

[62]: Sfreddo, M., & Mason, S. (2005, Septembre/Octobre). Evaluation du blanchiment dentaire par spectrophotométrie et sem. Quintessence internationale, pp. 55-76.

[63]: Kurtzman GM. Improving shade communication. Dent Today 2008; 27(2) :132-136.

[64]: POP IS et Lasserre JF. Détermination de la couleur à l'aide de la caméra sopro 717, 2ème partie: étude comparative .

[65] : Gürel.G. Les facettes en céramique. Paris, Berlin, Chicago, Londres, Tokyo, Sao Paulo, Barcelone, Istanbul, New Delhi, Moscou, Prague, Vienne: Quintessence International; 2016.

[66] : Le repaire des sciences. La physique des couleurs[En ligne].2011.Disponible sur : <https://studylibfr.com/doc/4824627/la-physique-des-couleurs---le-repaire-des-sciences>.

[67] : Gadra A, Résident en Prothèse Dentaire. La physiologie de l'organe dentaire. Conférence de première année résidanat ; 10 août 2015 ; Annaba, Algérie.

[68] : Renaud B. Colorations extrinsèques dues aux bactéries chromogènes: analyse de la littérature [Thèse].Nantes : Université de Nantes ; 2016.

[69] : Dupas PH, Giumelli B, Louis JP, Margerite J, Hubert L, Etienne O et all. Etude des matériaux de reconstitution prothétique odontologique en salive artificielle [Thèse]. Lorraine :Institut polytechnique de Lorraine ;2012.

[70] : Helfer M .Etude des matériaux de reconstruction prothétique odontologique et salive artificielle [Thèse]. Nancy : Université de Lorraine ; 2012.

[71] :https://www.google.fr/search?biw=1366&bih=659&tbm=isch&sa=1&ei=LXEDXZTpJ-aJjLsPvaGO0As&q=experience+de+newton&oq=experience+de+newto&gs_l=img.3.0.0j0i24.159935.159935..162018...0.0..0.441.441.4-1.....0....1..gws-wiz-img.A0lvxma-e0Y#imgsrc=nTG-wFHqDHR_bM:

[72] :https://www.google.fr/search?tbm=isch&sa=1&ei=r5MCXZuJG5KBjLsP2Z2c2AE&q=synth%C3%A8se+additive+des+couleurs&oq=synth%C3%A8se+additive+des+&gs_l=img.3.0.0j0i24.13.85580.87530..89313...0.0..0.442.1990.3-2j3.....0....1..gws-wiz-img.....0i8i30.UvT4p1hf7ng#imgsrc=nASlv7MDSELD-M:

[73] :https://www.google.fr/search?tbm=isch&sa=1&ei=CpQCXZCCNtnlgwfTu4Vw&q=synth%C3%A8se+soustractive+des+couleurs&oq=synth%C3%A8se+soustractive+des+couleurs&gs_l=img.3..0j0i8i30j0i24.62546.70373..71481...2.0..0.453.7788.0j3j3j7j9.....0....1..gws-wiz-img.....0i7i30j0i8i7i30.DvsQqYjgYDw#imgsrc=5somQJNBq3z5tM:

[74] :https://www.google.fr/search?biw=1366&bih=619&tbm=isch&sa=1&ei=MZUCXZ6rOe2CjLsPstaEmAU&q=interpretation+de+la+vision+des+objets+par+le+cerveau&oq=interpretation+de+la+vision+des+objets+par+le+cerveau&gs_l=img.3...25374.51337..52481...4.0..0.1305.39520.2-3j9j11j28j16j1.....0....1..gws-wiz-img.....0..0j0i67j0i8i30j0i24.Sq3rnaju-es#imgsrc=ARJ49DXYSE0FcM:

[75] :https://www.google.dz/search?biw=1366&bih=618&tbm=isch&sa=1&ei=x8cDXd2fCsabjLsPv6uv8A4&q=luminosit%C3%A9%20&oq=luminosit%C3%A9%20&gs_l=img.3...1524074.1536452..1537432...0.0..0.0.0.....0....1..gws-wiz-img.....0.N6jr5_P-QdY&fbclid=IwAR0j4gGqhJyEb5NlnImZNGVToEXZVeErnMUKH1sa3A0Pp-TfepRZzxZMRtk#imgsrc=iNJ9DsmcJWQYJM:

[76] :https://www.google.com/search?hl=fr&rlz=1C9BKJA_enDZ745DZ745&biw=1366&bih=657&tbm=isch&sa=1&ei=BC4HXaeVLpCFjLsPism3uAs&q=saturation&oq=saturation&gs_l=img.3...0.0..46798...0.0..0.0.0.....0.....gws-wiz-img.vaOhYVq_7qs

[77] :https://www.google.dz/search?biw=1366&bih=618&tbm=isch&sa=1&ei=Ds8DXduVLonJgwf5rb4DA&q=teinte%20&oq=teinte%20&gs_l=img.3..0l10.100072.101654..102560...0.0..0.113.826.3j5.....0....1..gws-wiz-img.....0i8i30j0i5i30.Q38QA6jRQQM&fbclid=IwAR0SyIpL6fiQfaWquvtN9gyZKztBmVP0oIoABXSTWFwApawBhmA5pStpWzE#imgsrc=0zDDWQRk_hTrGM:

[78] :https://www.google.fr/search?q=l%27oeil+humain+sch%C3%A9ma&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwjrsWn3ejiAhUKNBQKHXXZoCoUQ_AUIECgB&biw=1366&bih=659#imgsrc=lr44HUya9OcX3M:

[79] :https://www.google.com/search?q=protanopie&client=firefox-b-d&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwiHopaniK_hAhW8AmMBHYECCMoQ_AUIDigB&biw=1366&bih=654#imgdii=vaHHYvQfZ0rolM:&imgsrc=bVjp_cK1OKB_sM:

[80] :https://www.google.com/search?client=firefox-b-d&biw=1150&bih=654&tbm=isch&sa=1&ei=g-EDXdrNPN3RgweDgaf4Dg&q=test+d%27ishihara&oq=test+d%27i&gs_l=img.1.0.0l10.6767.9585..11325...0.0..0.96.713.8.....0....1..gws-wiz-img.....0.RsX-tp9C_p0#imgsrc=pQmwNClFEZMs6M:

[81] :https://www.google.com/search?q=le+m%C3%A9tam%C3%A9risme&client=firefox-b-d&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwj3wvic7a7hAhX56OAKHTGIAqcQ_AUIDigB&biw=1366&bih=654#imgsrc=3V7WwSdFa0BGmM:

[82] :https://www.google.com/search?q=le+m%C3%A9tam%C3%A9risme&client=firefox-b-d&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwj3wvic7a7hAhX56OAKHTGIAqcQ_AUIDigB&biw=1366&bih=654#imgdii=NQXo81xGX0Pf8M:&imgsrc=pSitREmAg_jDFM:

Annexes :

Annexe n° 01 :

Questionnaire pour mémoire de fin d'étude :

« Perception et choix des couleurs en prothèse fixée »

Veuillez répondre aux questions suivantes s'il vous plaît :

1- Quelle est la couleur des murs de votre cabinet dentaire ?.....

2- L'avez-vous choisi vous-même ?

Oui : ☐ Non : ☐

➤ Si oui, est-ce à titre décoratif ?

Oui : ☐ Non : ☐

➤ Ou en rapport avec votre pratique ?

Oui : ☐ Non : ☐

3- La fenêtre est-elle située en face de votre fauteuil dentaire ?

Oui : ☐ Non : ☐

4- Prenez-vous la couleur à la lumière du jour ?

Oui : ☐ Non : ☐

➤ Utilisez-vous une autre source de lumière ?

Oui : ☐ Non : ☐

➤ Laquelle ?.....

➤ Est-elle jaune ou blanche ?

Jaune : ☐ blanche : ☐

5- Prenez-vous en charge l'inflammation gingivale avant la prise de couleur ?

Oui : ☐ Non : ☐

6- Quel teintier utilisez-vous ?

☐ Classique.

☐ 3D.

☐ Numérique.

➤ Est-il le même pour toutes les restaurations ?

Oui : ☐ Non : ☐

7- Prenez-vous la couleur :

☐ Avant la taille.

☐ Après la taille.

☐ Selon le cas.

8- Les femmes enlèvent-elles leur rouge à lèvres avant la prise de la couleur ?

Oui : ☐ Non : ☐

9- Lors de la prise de couleur, le scialytique est-il allumé ?

Oui : ☐ Non : ☐

10- Faites-vous un séchage de la dent avant la prise de couleur ?

Oui : ☐ Non : ☐

11- Combien de temps prenez-vous pour choisir la couleur de la dent ?

☐ 05s

☐ 10s

☐ +10s

12- Prenez-vous en compte les désirs du patient à propos du choix de la couleur dentaire ?

Oui : ☐ Non : ☐

➤ Quelles sont les limites ?.....

13- Faites-vous des photographies pour les envoyer au prothésiste ?

Oui : ☐ Non : ☐

14- Faites-vous des schémas de nuances de couleurs au prothésiste ?

Oui : ☐ Non : ☐

15- Les patients se plaignent-ils d'une différence de couleur ?

Oui : ☐ Non : ☐

16- A votre avis, à quoi sont dus les nombreux échecs de couleur en prothèse
fixée ?.....

.....

Annexe n°02 :

Questionnaire pour mémoire de fin d'étude : « Perception et choix des couleurs en prothèse fixée »

Veillez répondre aux questions suivantes s'il vous plait :

1- Recevez-vous des photographies de la part du dentiste ?

Oui : ☐

Non : ☐

2- Recevez-vous des schémas de nuances de couleurs de la part du dentiste ?

Oui : ☐

Non : ☐

3- Le dentiste vous communique-t-il le teintier qu'il a utilisé lors de la prise de couleur ?

Oui : ☐

Non : ☐

4- Quel teintier utilisez-vous ?

☐ Classique.

☐ 3D.

☐ Numérique.

5- Lors de la préparation des couronnes, quelle lumière utilisez-vous ?

☐ Naturelle

☐ Artificielle

6- Le dentiste se plaint-il d'une différence de couleur après livraison ?

Oui : ☐

Non : ☐

7- A votre avis, à quoi sont dus les nombreux échecs de couleur en prothèse fixée ?

.....
.....

Résumé :

Dans ce mémoire, nous traitons « **la perception et le choix de la couleur en prothèse fixée** », pour cela, nous avons abordé des notions sur la lumière et la vision des couleurs, ainsi que leur interprétation en dentisterie moderne.

Les biomatériaux sont aussi étudiés afin de mettre en évidence leurs propriétés optiques et ainsi savoir poser à chacun son indication en tenant compte de ces dernières qui seraient concrétisées grâce aux différents systèmes de relevé de la couleur sous les conditions les plus appropriées et les plus favorables.

Ensuite, on a mis en évidence les meilleurs moyens de collaboration entre médecin dentiste et prothésiste afin de réaliser des dents et non pas des prothèses.

Enfin, des codifications pour optimiser et réussir le choix de la couleur au cabinet dentaire et sa réalisation au laboratoire sont mises au point.

Summary :

In this thesis, we treat "**the perception and the choice of the color in fixed prosthesis**", for that, we approached notions on the light and the vision of the colors, as well as their interpretation in modern dentistry.

Biomaterials are also studied in order to highlight their optical properties and thus know how to pose to each one his indication taking into account the latter which would be concretized thanks to the different systems of survey of the color under the most appropriate and most favorable conditions.

Then, we highlighted the best ways of collaboration between dentist and prosthetist to make teeth and not prostheses.

Finally, codifications to optimize and succeed in the choice of color in the dental office and its realization in the laboratory are developed.