



HAL
open science

Restaurations directes dans le secteur antérieur : choix de la couleur

Hilel Mokeddem

► **To cite this version:**

Hilel Mokeddem. Restaurations directes dans le secteur antérieur : choix de la couleur. Chirurgie. 2022. dumas-04038180

HAL Id: dumas-04038180

<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-04038180v1>

Submitted on 20 Mar 2023

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

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



Distributed under a Creative Commons Attribution - NonCommercial - NoDerivatives 4.0 International License



THÈSE

**POUR OBTENIR LE DIPLOME D'ETAT
DE DOCTEUR EN CHIRURGIE DENTAIRE**

Présentée et publiquement soutenue devant

Aix-Marseille Université
(Président : Monsieur le Professeur Éric BERTON)

Faculté des Sciences Médicales et Paramédicales
(Doyen : Monsieur le Professeur Georges LEONETTI)

Ecole de Médecine Dentaire
(Directeur : Monsieur le Professeur Bruno FOTI)

***Restaurations directes dans le secteur antérieur :
choix de la couleur.***

Présentée par

MOKEDDEM Hilel

Né le 27/09/1995
À Marseille

Thèse soutenue le **27 septembre 2022**

Devant le jury composé de

Président : Professeur TASSERY Hervé

Assesseurs : Professeur RASKIN Anne

Professeur RUQUET Michel

Docteur BAUDINET Thomas



THÈSE

***POUR OBTENIR LE DIPLOME D'ÉTAT
DE DOCTEUR EN CHIRURGIE DENTAIRE***

Présentée et publiquement soutenue devant

Aix-Marseille Université
(Président : Monsieur le Professeur Éric BERTON)

Faculté des Sciences Médicales et Paramédicales
(Doyen : Monsieur le Professeur Georges LEONETTI)

Ecole de Médecine Dentaire
(Directeur : Monsieur le Professeur Bruno FOTI)

***Restaurations directes dans le secteur antérieur :
choix de la couleur.***

Présentée par

MOKEDDEM Hilel

Né le 27/09/1995
A Marseille

Thèse soutenue le **27 septembre 2022**

Devant le jury composé de

Président : Professeur TASSERY Hervé

Assesseurs : Professeur RASKIN Anne

Professeur RUQUET Michel

Docteur BAUDINET Thomas



ADMINISTRATION

Doyens Honoraires

Professeur	Raymond SANGIUOLO†
Professeur	Henry ZATTARA
Professeur	André SALVADORI
Professeur	Jacques DEJOU

Directeur

Professeur	Bruno FOTI
------------	------------

Directeurs adjoints

Professeur	Michel RUQUET
------------	---------------

Professeur	Anne RASKIN
------------	-------------

Chargés de missions

Formation Initiale

Professeur	Michel RUQUET
------------	---------------

Recherche

Professeur	Anne RASKIN
------------	-------------

Formation Continue

Professeur	Frédéric BUKIET
------------	-----------------

Relations Internationales

Professeur	Hervé TASSERY
------------	---------------

Internat et Diplômes d'Etudes Spécialisées

Professeur	Virginie MONNET-CORTI
------------	-----------------------

Affaires générales

Docteur Patrick	TAVITIAN
-----------------	----------

Responsable Administrative

Madame	Katia LEONI
--------	-------------

PROMOTIONS :

2019 Raymond SANGIUOLO

2020 Gaston BERGER

2021 Joseph MIGOZZI

LISTE DES ENSEIGNANTS

PROFESSEURS DES UNIVERSITÉS – PRATICIENS HOSPITALIERS

BUKIET Frédéric (58-01)
FOTI Bruno (58-02)
LE GALL Michel (56-01)
MONNET-CORTI Virginie (57-01)
RASKIN Anne (58-01)
RUQUET Michel (58-01)
TARDIEU Corinne (56-01)
TARDIVO Delphine (56-02)
TASSERY Hervé (58-01)
TERRER Elodie (58-01)

PROFESSEUR DES UNIVERSITÉS

ABOUT Imad (65)

PROFESSEURS ÉMÉRITES

DEJOU Jacques (58-01)
HUE Olivier (58-01)

MAITRES DE CONFÉRENCES DES UNIVERSITÉS – PRATICIENS HOSPITALIERS

ABOUDHARAM Gérard (58-01)	LAN Romain (56-02)
ANTEZACK Angeline (57-01)	LAURENT Michel (58-01)
BANDON Daniel (56-01)	MAILLE Gérald (58-01)
BELLONI Didier (57-01)	MENSE Chloé (58-01)
BOHAR Jacques (56-01)	PHILIP-ALLIEZ Camille (56-01)
CAMOIN Ariane (56-01)	POMMEL Ludovic (58-01)
CAMPANA Fabrice (57-01)	PRECKEL Bernard-Éric (58-01)
CATHERINE Jean-Hugues (57-01)	RÉ Jean-Philippe (58-01)
GAUBERT Jacques (56-01)	ROCHE-POGGI Philippe (57-01)
GIRAUD Thomas (58-01)	SILVESTRI Frédéric (58-01)
GIRAUDEAU Anne (58-01)	STEPHAN Grégory (58-01)
GUIVARC'H Maud (58-01)	TAVITIAN Patrick (58-01)
JACQUOT Bruno (58-01)	TOSELLO Alain (58-01)
LABORDE Gilles (58-01)	



MAITRES DE CONFERENCES DES UNIVERSITÉS ASSOCIÉS

BALLESTER Benoît (58-01)
BLANCHET Isabelle (58-01)
CASAZZA Estelle (58-01)
SILVESTRI Frédéric (58-01)

CHEFS DE CLINIQUE DES UNIVERSITÉS - ASSISTANTS DES HÔPITAUX

ANTEZACK Angeline (57-01)	MADENIAN Pauline (58-01)
ARNIER Canelle (56-01)	MANSUY Charlotte (58-01)
BAUDINET Thomas (58-01)	MARCHAL Paul (58-01)
BOREL Guillaume (56-02)	MARTIN William (56-01)
BRINCAT Arthur (57-01)	ONGHENA Tom (56-01)
BROS Agnès (56-01)	PASCHEL Laura (58-01)
CHIARINI Thomas (58-01)	PILLIOL Virginie (58-01)
DUPRAT Florence (56-01)	PRINCE Fanny (57-01)
FAURE-BRAC Mathias (57-01)	RAYNAUD Camille (58-01)
FERRE Enzo (58-01)	REYNAL Florence (56-01)
FOUQUES Agathe (56-01)	ROMAO Vincent (57-01)
HAMMOUTENE Stéphane (57-01)	ROUSCOFF Eva (57-01)
LAFONT Jacinthe (57-01)	SADOWSKI Camille (57-01)
LAURENT Camille (58-01)	TERRER Jérémy (58-01)
LIOTARD Alicia (58-01)	VIEILLARD Pierre (56-01)

ASSISTANT DES UNIVERSITÉS ASSOCIÉ

BROTON Adèle (56-01)

Intitulés des sections CNU :

56^{ème} section : Développement, croissance et prévention

56-01 Odontologie pédiatrique et orthopédie dento-faciale

56-02 : Prévention – Epidémiologie – Economie de la santé – Odontologie légale

57^{ème} section : Chirurgie orale, Parodontologie, Biologie Orale

57-01 : Chirurgie orale – Parodontologie – Biologie orale

58^{ème} section : Réhabilitation orale

58-01 : Dentisterie restauratrice – Endodontie – Prothèses – Fonction-Dysfonction – Imagerie – Biomatériaux

L'auteur s'engage à respecter les droits des tiers, et notamment les droits de propriété intellectuelle. Dans l'hypothèse où la thèse comporterait des éléments protégés par un droit quelconque, l'auteur doit solliciter les autorisations nécessaires à leur utilisation, leur reproduction et leur représentation auprès du ou des titulaires des droits. L'auteur est responsable du contenu de sa thèse. Il garantit l'Université contre tout recours. Elle ne pourra en aucun cas être tenue responsable de l'atteinte aux droits d'un tiers

Remerciements,

A Monsieur le Professeur TASSERY Hervé

Vous me faites l'immense honneur de présider ce jury. Je vous remercie pour votre accessibilité, votre sympathie et votre enseignement tout le long des années d'études. Veuillez y trouver l'expression de mon plus profond respect.

A Madame la Professeur RASKIN Anne

Je tiens à vous remercier de faire partie des membres du jury de cette thèse. Un immense merci pour votre gentillesse et votre dévouement tout au long de mes études. Vos conseils et vos staffs du mercredi matin, 8h30 précis seront ancrés dans ma mémoire pour toujours. Soyez assurée de ma profonde reconnaissance et de ma sincère gratitude.

A Monsieur le Professeur RUQUET Michel

Je voudrais vous remercier d'avoir accepté de me faire le grand honneur de siéger à ce jury de thèse. Votre bienveillance auprès des étudiants n'a pas de précédent, je tenais donc à vous témoigner le plaisir que cela a pu être d'avoir été sous votre enseignement. Veuillez y trouver l'expression de mon immense respect.

A Monsieur le Docteur BAUDINET Thomas

Je souhaite vous remercier d'avoir accepté de diriger ce travail de thèse. Merci pour votre aide, votre soutien et votre patience tout au long de ce travail et de mes années d'études. Votre disponibilité auprès des étudiants est remarquable et vos encadrements cliniques resteront pour moi de précieux souvenirs. Veuillez trouver dans ce travail témoignage de ma gratitude et de mon profond respect.

Table des matières

INTRODUCTION	1
I. Lumière et dimension de la couleur.	2
A. Définitions.....	2
1. La lumière.....	2
2. La couleur.....	3
B. Les propriétés optiques de la lumière.....	4
1. L'absorption.....	4
2. La réflexion.....	4
3. La réfraction.....	5
4. La diffusion.....	6
C. Les attributs de la couleur.....	8
1. La trivariance de la couleur.....	8
a) La luminosité.....	8
b) La saturation.....	9
c) La teinte.....	9
2. Les systèmes colorimétriques.....	9
a) Le système de Munsell.....	9
b) L'espace CIE L*a*b.....	10
II. Les fondamentaux colorimétriques de la dent naturelle.	12
A. Structure de la dent naturelle.....	12
1. L'émail.....	12
2. La dentine.....	13
3. La pulpe dentaire.....	14
4. Les variations dentaires.....	14
a) L'amplitude interdentaire.....	14
b) Les modifications selon l'âge.....	14
B. La carte chromatique dentaire.....	15
1. La luminosité (value).....	16
2. La chromaticité.....	16
3. L'opalescence.....	17
4. Les intensifs.....	18
5. Les caractérisations.....	18
6. La fluorescence.....	19
7. La translucidité.....	19

8. La stratification.....	19
9. L'effet nacre.	20
10. L'état de surface.....	20
C. L'interaction de la lumière avec les tissus dentaires.	21
1. L'absorption de la lumière par la dent.	21
2. La réflexion et la réfraction dentaire.....	21
III. Les différents systèmes de détermination de la couleur.....	23
A. Les systèmes visuels direct.	24
1. Les teintiers classiques.	24
a) Les teintiers construits par groupes de teinte.	24
b) Les teintiers construit par groupes de luminosité.....	25
2. Les teintiers personnalisés.	27
a) Teintier réalisé à partir d'un micromètre.....	27
b) Teintier personnalisé par moule préfabriqué.	29
3. Les teintiers spécifiques aux composites.	30
4. La technique des boutons.	31
B. Les systèmes visuels assistés.	32
1. Les lampes calibrées.....	32
2. La photographie.	33
C. Les dispositifs numériques : choix objectif.	35
1. Les colorimètres.	35
a) Le Shade Scan de Cynovad.	35
b) Le Shade Vison de X Rite.	36
2. Les spectrophotomètres.....	36
a) Le Spectro Shade de MHT.	37
b) Le Vita Easy Shade de VITA.	38
c) Le Rayplicker Handy de Borea.....	39
CONCLUSION	41
BIBLIOGRAPHIE	I

INTRODUCTION

De nos jours, la demande esthétique du patient est primordiale. Le praticien se voit d'y répondre de la meilleure manière qui soit afin de satisfaire le patient. Cette demande est d'autant plus importante lorsqu'il s'agit des secteurs antérieurs.

L'esthétisme en restauration antérieur est directement corrélé à la recherche d'illusion naturelle pour que le travail soit apprécié par le patient. Cette recherche passe par la reproduction de la forme géométrique, la position, la fonctionnalité de la dent mais aussi par la couleur de celle-ci.

Il faut pouvoir se calquer sur le sourire du patient, ainsi la restauration directe maintiendra l'harmonie du sourire : c'est le « biomimétisme ».

Le choix de la couleur est capital pour intégrer la restauration au sourire et peut s'avérer complexe. En effet la couleur de la dent naturelle est soumise à de nombreux facteurs et requiert de nombreuses connaissances en termes de structure dentaire et de propriétés optiques.

La couleur est dépendante de la perception visuelle de celle-ci et donc de l'environnement. La lumière joue alors un rôle majeur dans cet enjeu qui est de mimer au plus près la matière naturelle afin de parfaire le sourire.

Pour cela un arsenal thérapeutique, de plus en plus varié, est mis à disposition du chirurgien-dentiste pour pouvoir choisir au mieux la teinte du matériau de restauration en prenant en compte la réflexion lumineuse.

Nous verrons alors en premier lieu quels sont les fondamentaux de la lumière en parlant de son interaction avec la matière et donc de sa directe implication dans la perception des couleurs qui est indispensable en Odontologie.

Ensuite nous aborderons les différentes caractéristiques colorimétriques de la dent naturelle en passant par sa structure et son comportement face à la lumière qui viendra déterminer sa couleur. La maîtrise de ces éléments est indispensable pour pouvoir s'intégrer de la meilleure manière au sourire.

Enfin nous parlerons des différents systèmes de choix de la couleur en termes de restauration directe. Des plus conventionnels aux plus techniques nous détaillerons les options qui

s'offrent à nous pour optimiser notre travail et choisir la résine composite la plus assimilable aux tissus dentaires.

I. Lumière et dimension de la couleur.

A. Définitions.

1. *La lumière.*

La lumière est un ensemble d'ondes électromagnétiques qui vont émettre un rayonnement. Ce rayonnement qui est autre qu'une énergie est définie par une longueur d'onde λ se déplaçant à la vitesse de la lumière soit 300 000 000 mètre/seconde.(1)

L'œil humain n'est capable de voir seulement qu'une petite partie des rayonnements de la lumière. Ces ondes électromagnétiques sont comprises entre 380 et 780nm, cela représente le spectre visible. La lumière que nous percevons est comprise entre les ondes infrarouges et les ultraviolets.

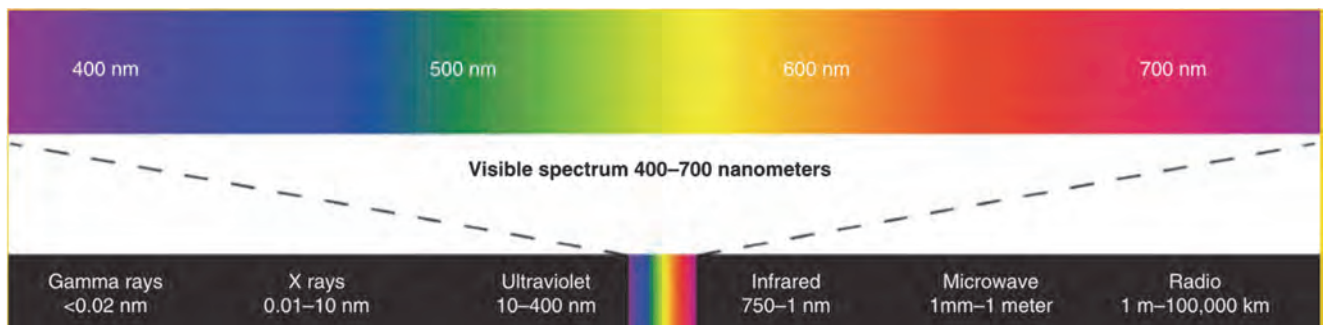


Figure 1 - Spectre électromagnétique et lumière visible. (1)

La lumière peut être polychromatique, c'est-à-dire composée de plusieurs longueurs d'ondes, ou monochromatique donc composée d'une seule longueur d'onde.

Isaac Newton, physicien, a démontré lors de ses expériences en 1676 que la lumière blanche du soleil pouvait être décomposée à l'aide d'un prisme. Ainsi, la lumière blanche est construite de plusieurs énergies de longueurs d'ondes différentes donnant lors de sa décomposition les couleurs spectrales que l'œil peut percevoir : rouge, orange, jaune, vert, bleu et violet. (2,3)

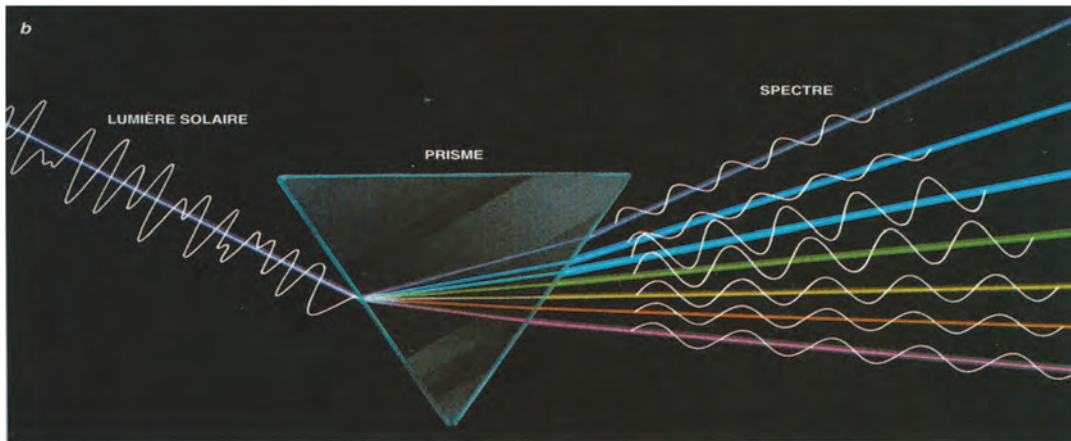


Figure 2 - Prisme et décomposition de la lumière

La lumière interagit avec la matière nous renvoyant les informations telles que la texture, les caractères physiques ainsi que la couleur de l'objet. (4)

Il faut savoir que lorsqu'on parle de lumière on parle également de la « dualité onde/corpuscule » de la lumière. Ce terme a été introduit par Louis de Broglie, un physicien français, en 1922.

Comme dit précédemment la lumière est une onde électromagnétique mais pas seulement, elle est également composée de photons ce qui lui donne un comportement corpusculaire. Les photons sont des particules élémentaires qui n'ont ni charge, ni masse, ils donnent l'aspect ondulatoire à la lumière. (5)(6)

2. La couleur.

La couleur n'est que la représentation physique de la lumière. La quantité de lumière détermine la perception de la couleur par l'œil humain, il est donc impossible d'observer une couleur s'il n'y a pas de lumière. (7)

Il est important de savoir que la couleur d'un objet dépendra de la lumière incidente absorbée puis de la lumière réfléchie, plus ou moins réfractée et diffusée. La couleur sera alors la perception visuelle de la longueur d'onde reflétée. (3)

La couleur que l'on perçoit est donc celle qui n'est pas absorbée par l'objet ainsi la couleur propre d'un objet et celle qui apparaît lorsqu'on l'éclaire avec la lumière blanche.

Un objet noir est un objet qui absorbe toutes les ondes électromagnétiques de la lumière alors qu'un objet qui paraît blanc est un objet qui n'en absorbe aucune.

Par exemple une fraise est rouge car sa matière absorbe toutes les longueurs d'ondes sauf celles du rouge mais si nous l'éclairons avec une lumière privée du spectre rouge, celle-ci apparaîtra noire car aucune couleur ne sera réfléchie.

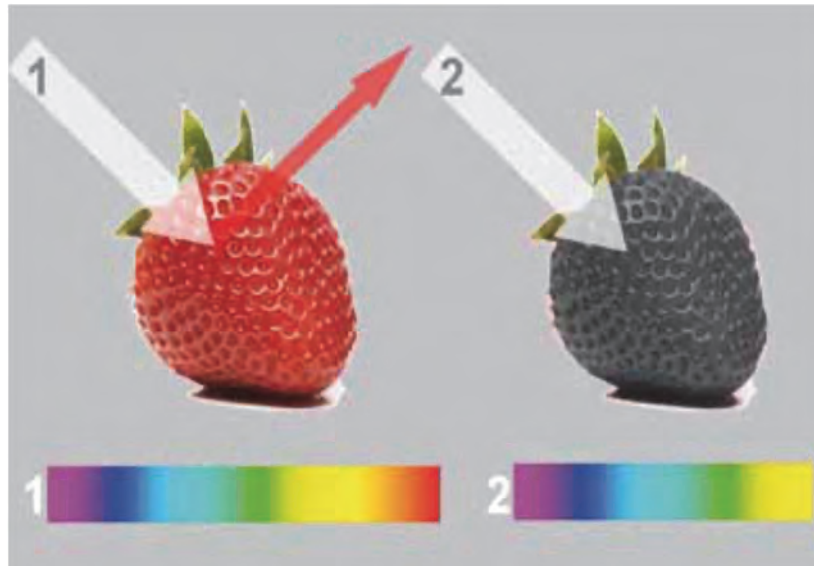


Figure 3 - Réflexion de la lumière sur une fraise (2)

La couleur d'un objet est donc le résultat de la rencontre entre la lumière et la matière de celui-ci ce qui la rend quantifiable et modifiable selon la luminosité. En effet on ne verra pas le même vert en regardant la pelouse à midi et à 18h.

La couleur est une sensation perçue par l'œil humain de la réflexion d'un spectre lumineux, ce qui la rend extrêmement subjective et dépendante de nombreux facteurs variés tels que les récepteurs rétiniens ou encore l'environnement.

B. Les propriétés optiques de la lumière.

1. *L'absorption. (8,9)*

La lumière incidente qui va toucher un objet ne va totalement être transmise, une partie de cette énergie est absorbée. La matière va ainsi retenir une partie de la lumière, les photons sont absorbés par les électrons atomique de l'objet qui vont transformer l'énergie électromagnétique en chaleur suite à leur excitation.

L'énergie non-absorbée peut être réfléchie, réfractée, voire les deux simultanément.

2. *La réflexion. (10,11)*

Une partie de la lumière incidente non-absorbée va rebondir sur l'objet et sera réfléchie en ligne droite, cela s'appelle la réflexion lumineuse.

Selon la loi de Descartes-Snell cette lumière sera réfléchie avec le même angle que la lumière incidente sur l'objet.

La surface de l'objet viendra déterminer la direction de la réflexion : si la surface est lisse la lumière sera réfléchi en une seule direction, par contre si elle est rugueuse, elle sera réfléchi en plusieurs directions.

La théorie de la surface lisse ne s'applique qu'en cas de miroir parfait, en effet les objets ont majoritairement des irrégularités au niveau microscopique.

Nous observons différentes réflexions :

- La réflexion spéculaire (Fig.4) existe lorsque les rayonnements réfléchis pointent tous dans la même direction, ainsi un rayonnement incident donne un rayonnement réfléchi unique. Ce type de réflexion existe uniquement lorsque l'objet présente une surface parfaitement lisse et nous permet d'apprécier la brillance de l'objet.

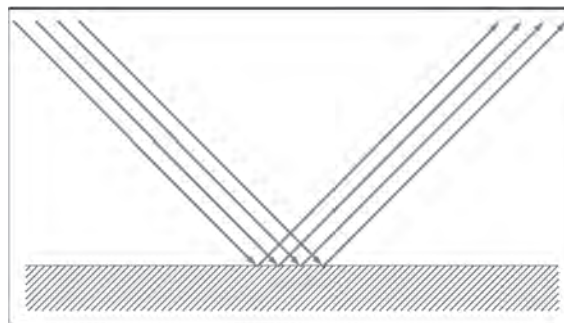


Figure 4 - Réflexion spéculaire. (10)

- La réflexion diffuse (Fig. 5) existe lorsque les rayonnements réfléchis pointent dans des directions différentes. Cette réflexion se fera sur des surfaces irrégulières ou rugueuses et rendra l'objet mat.

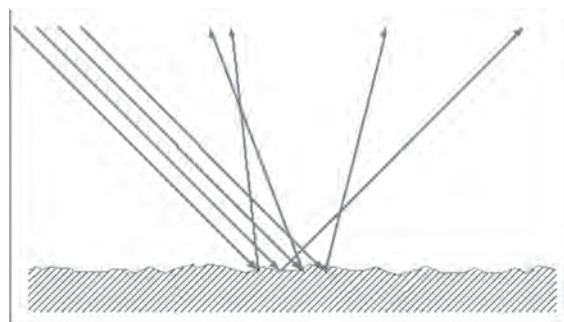


Figure 5 - Réflexion diffuse. (10)

3. La réfraction. (8,11)

Il s'agit de la déviation du rayon lumineux lorsque qu'il traverse un milieu de densité différente.

Cette déviation est due au changement de vitesse de la lumière lors de la pénétration de la lumière d'un milieu transparent à un autre.

Chaque milieu possède un indice de réfraction qui nous permettra de calculer l'angle grâce à la relation Descartes-Snell : $n_1 \cdot \sin i = n_2 \cdot \sin r$.

Avec n les angles respectifs des milieux 1 et 2.
 i l'angle formé par le rayon incident.
 r l'angle formé par le rayon réfracté.

Lorsque $n_1 > n_2$, le rayon réfracté s'éloigne du rayon incident (Fig. 6) car il rencontre un milieu moins réfringent.

Lorsque $n_2 > n_1$, le rayon réfracté est proche du rayon incident (Fig. 7) car il rencontre un milieu plus réfringent.

Ainsi plus un milieu est réfringent, plus la vitesse du rayon sera ralentie et la déviation sera moindre.

Il existe un angle limite de réfraction, si cet angle est dépassé on parlera alors de réflexion totale.

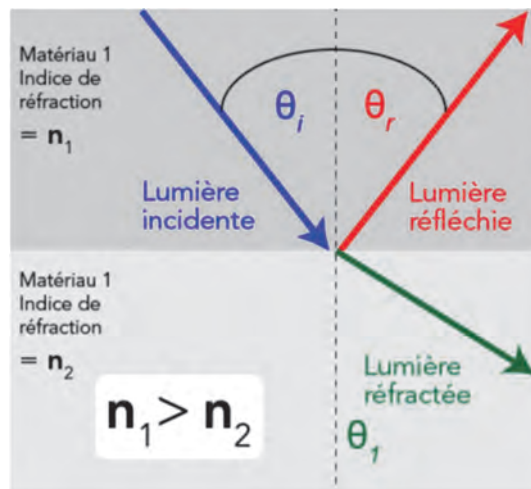


Figure 6 - La réfraction dans un milieu moins réfringent. (11)

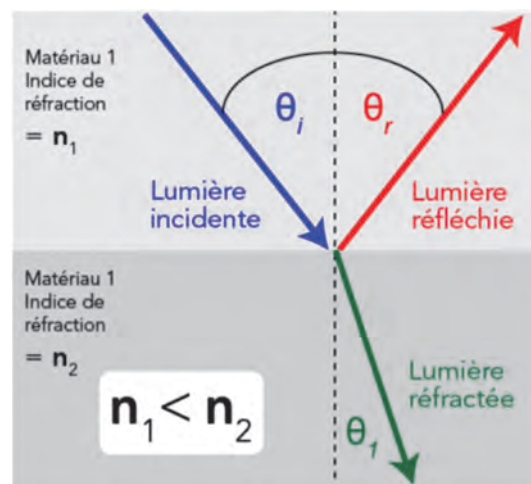


Figure 7 – La réfraction dans un milieu plus réfringent (ex : passage de l'air vers l'eau). (11)

4. La diffusion.

La diffusion est directement liée aux particules de la matière, elles permettront la diffusion du rayon lumineux. La taille de ces particules va influencer la quantité de lumière diffusée : au plus la taille des particules sera petite, moins la lumière sera diffusée.

C. Les attributs de la couleur.

Comme dit précédemment, la couleur est une perception sensorielle produite chez l'observateur grâce à la lumière. Bien que la couleur soit subjective, il existe des systèmes qui permettent de quantifier cette perception.

On appelle l'étude de la couleur la colorimétrie.

Trois paramètres sont nécessaires pour pouvoir parler de couleur :

- **La lumière**

- **L'objet** : ce sont ses particularités qui réfléchiront la lumière de différentes manières.

- **L'observateur** : les cellules rétiniennes transmettront l'information visuelle au cerveau, ce qui permettra d'interpréter la couleur. (1)

Selon l'observateur la couleur ne sera pas forcément perçue de la même manière. Cela dépend des facteurs environnementaux mais aussi de l'acuité visuelle.

Ceci est valable également pour le même observateur au fil de l'âge avec des paramètres biologiques qui changent tels que le vieillissement rétinien.

En vieillissant les couleurs perdent de leur vivacité, la vision des bleus diminue vers 60 ans et les couleurs brunes s'intensifient avec la cataracte. (12)



Figure 8 - Altération de la couleur avec l'âge. (12) À gauche la vision d'une personne jeune, au milieu vers 60 ans, à droite entre 70 et 80 ans.

Nous allons ainsi voir les différentes dimensions de la couleur et les moyens de la représenter.

1. *La trivariance de la couleur.*

La couleur est tri variante et se définit par trois dimensions que nous allons citer par ordre d'importance :

a) *La luminosité. (1,2,12-14)*

Ou value en anglais présente de nombreux synonymes tels que clarté ou brillance. Elle se définit par la quantité de blanc contenue dans la couleur autrement dit par la quantité de lumière réfléchiée par la matière. Plus un objet sera lumineux, plus il paraîtra blanc.

Elle se mesure en candela par mètre carré.

On l'apprécie mieux dans des endroits de faible luminosité pour privilégier la fonction des bâtonnets rétinien qui sont les capteurs de la luminosité.

Son appréciation est aussi plus précise lorsqu'elle s'effectue rapidement, en clignant des yeux par exemple. La perception de la luminosité est très fine et définit le facteur le plus important dans le choix de la couleur.

Elle est représentée par l'axe noir et blanc dans les différents systèmes colorimétriques.

b) La saturation. (1,12,13,15)

Représente la densité ou l'intensité de la couleur, on l'appelle chroma en anglais.

C'est la quantité de teinte contenue dans une couleur, autrement dit le degré de pureté de celle-ci et elle s'exprime en pourcentage de pureté.

Une couleur peut être désaturée par adjonction de noire, on la qualifiera de couleur rabattue, elle en sera plus terne.

Elle peut également être désaturée par adjonction de blanc, elle donnera alors un ton pastel.

La saturation nous permet de distinguer une couleur forte d'une couleur faible.

Elle est différente de la luminosité, en effet une couleur avec une faible luminosité paraîtra noire alors qu'une couleur avec une faible saturation tendra vers le gris.

C'est le deuxième facteur d'importance dans le choix de la couleur.

c) La teinte. (12,13)

Troisième critère de choix, donc le moins important nous concernant, nous pensons souvent que c'est le principal et faisons une erreur en assimilant les mots couleur et teinte, la teinte n'est qu'un aspect de la couleur.

Appelée hue en anglais ou tonalité chromatique, elle définit la longueur d'onde majoritaire reflétée par la matière de l'objet.

Elle nous permettra de différencier les différentes familles de couleurs comme le rouge, le bleu, le jaune, ...

2. Les systèmes colorimétriques.

a) Le système de Munsell. (12,16,17)

Albert Henry Munsell, peintre et Professeur américain a été le premier à définir et décrire la tridimensionnalité de la couleur.

Il a créé une échelle cylindrique où sont représentées les variations de la couleur selon la luminosité, la saturation et la teinte. Il contient toutes couleurs existantes.

C'est un espace chromatique cylindrique dont l'axe central, le vertical représente la luminosité allant de 0 à 10. Plus nous descendons au niveau de cet axe plus la couleur sera sombre. Le 0 correspond au noir tandis que le 10 correspond au blanc.

La saturation est représentée par le rayon du cercle, autrement dit l'axe horizontal, au plus nous serons au centre au plus la couleur sera terne et à l'inverse, en se rapprochant de la périphérie le degré de saturation sera élevé et la couleur sera plus pure.

Enfin la teinte est répartie en périphérie du cylindre, en suivant l'axe horizontale, chaque famille sera plus ou moins saturée et plus ou moins lumineuse selon l'axe vertical.

Ce schéma représente simplement la trivariance de la couleur mais n'est pas suffisant en odontologie.

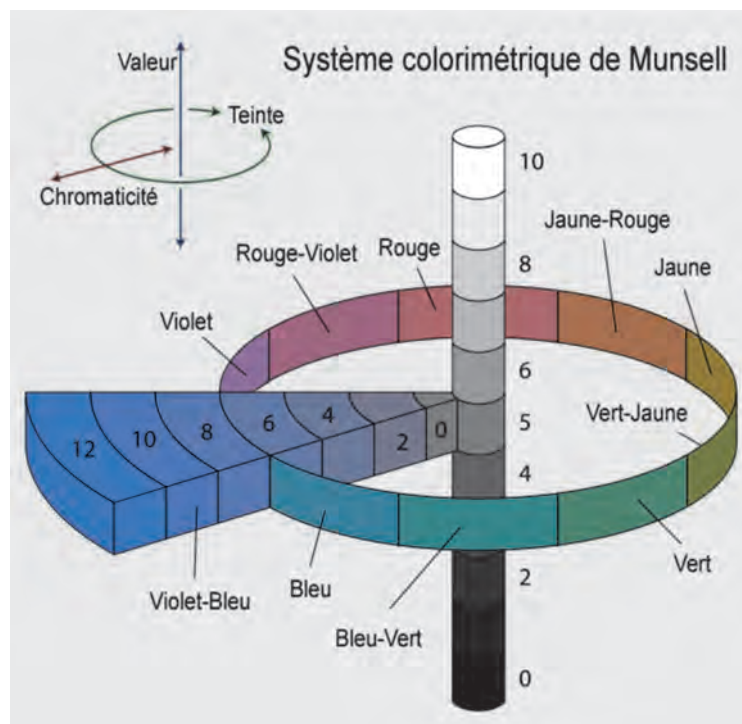


Figure 9 - Système colorimétrique de Munsell (16)

b) L'espace CIE $L^*a^*b^*$. (12,14,15,18,19)

La Commission Internationale de l'Éclairage est une ONG ayant pour devoir de caractériser les couleurs de manière à être le plus proche de ce que perçoit l'œil humain.

En 1976, elle crée un espace chromatique sphérique qui permet de classer les couleurs visibles par l'Homme mais aussi de situer chacune des couleurs de manière objective grâce à une relation mathématique permettant de les classer.

Cet espace tridimensionnel est représenté par 3 axes (Fig. 10) :

- L : l'axe longitudinale qui représente la luminosité prenant les valeurs comprises entre 0 (noir) et 100 (blanc).
- L'axe -a ; +a : représentant les variations du vert au rouge.
- L'axe -b ; +b représentant les variations du bleu au jaune.

Les 3 axes se coupent perpendiculairement en leur centre et crée une sphère chromatique. Plus les coordonnées sont hautes (donc L proche de 100) plus les couleurs sont lumineuses, et plus elles sont proches du centre (donc a ; b proche de 0) plus elles seront désaturées donc grises.

Grâce à ce système, deux couleurs qui nous paraissent identiques pourront être distinguées avec un ΔE (delta E) qui représente la différence calculée à partir des coordonnées colorimétriques et une formule se basant sur le théorème de Pythagore :

$$\Delta E = \sqrt{(\Delta L)^2 + \Delta a^2 + \Delta b^2}$$

Un seuil a été échelonné, en effet un delta inférieur ou égal à 1 ne permet pas à l'œil humain de différencier 2 couleurs.

Un ΔE compris entre 1 et 3 peut être perçu par un œil éduqué tel qu'un artiste peintre ou un chirurgien-dentiste et enfin s'il est supérieur à 3 il peut être aperçu par toute personne.

Une étude clinique a permis de poser un seuil de tolérance selon les dentistes dans quels cas il faudrait refaire la restauration.

Avec un delta égal à 2,6, 50% des dentistes de l'étude arrivent à percevoir la différence de couleur.

De plus, 50% des participants estiment qu'un delta égal à 5,6 différenciant la couleur de la dent et du matériau nécessite de reprendre la restauration, un seuil de tolérance est ainsi déterminé. (19)

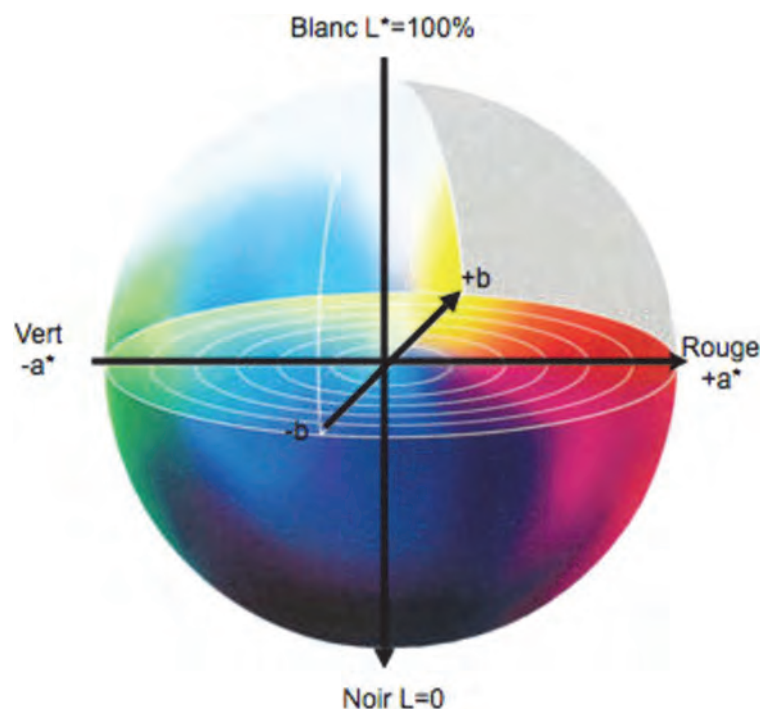


Figure 10 - sphère chromatique CIELAB

II. Les fondamentaux colorimétriques de la dent naturelle

A. Structure de la dent naturelle

Il est important afin de déterminer la couleur de connaître ses composants, la dent est composée de 4 tissus bien différents qui viennent lui conférer ses caractéristiques colorimétriques : **l'émail, la dentine, la pulpe dentaire et le ciment.**

Émail et dentine constituent les tissus minéralisés de la couronne dentaire qui nous intéressent particulièrement afin d'illustrer ce sujet. Le ciment quant à lui recouvre la racine, nous ne nous y intéresseront pas dans le cadre de cette thèse.

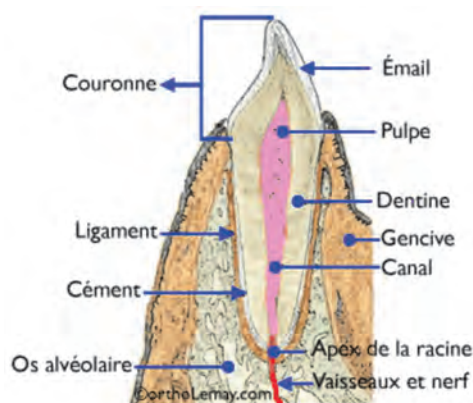


Figure 11 - Anatomie d'une incisive mandibulaire.

1. *L'émail. (20,21)*

L'émail est le tissu dentaire le plus superficiel, il recouvre la couronne dentaire jusqu'à la jonction émail-ciment qui se situe au niveau du collet.

Il est le tissu le plus dur et le plus minéralisé de l'organisme composé de 95% de minéraux pour seulement 5% de matière organique et eau.

C'est un tissu dit inerte car il n'est pas vascularisé ni innervé

La phase minérale est constituée de cristaux d'hydroxyapatite de calcium agencés sous forme de prismes tandis que la phase organique est faite de protéines.

Sa forte minéralisation et l'agencement des cristaux confère la force de ce tissu mais également sa fragilité car il cela le rend cassant et friable.

Il est translucide mais tellement minéralisé qu'il apparaît comme le tissu dentaire le plus radio opaque.

Déterminant la luminosité de la dent, ses propriétés optiques varient selon plusieurs paramètres : sa composition, son épaisseur, sa structure, sa translucidité, son opalescence ou encore son état de surface. Ces paramètres sont menés à changer tout au long de la vie ce qui rend ses propriétés encore plus variables.

L'épaisseur décroît en allant du bord incisif vers le collet : au tiers incisif elle peut atteindre 1,5 mm ce qui confère le caractère translucide du bord libre que nous verrons plus tard. Tandis qu'au tiers cervical l'émail est relativement fin dans les alentours de 0,3 mm le rendant transparent nous laissant percevoir le tissu sous-jacent : la dentine.

2. *La dentine. (20–22)*

La dentine est le tissu situé sous l'émail coronaire et sous le cément radiculaire, elle entoure la pulpe dentaire et occupe le volume le plus important de la dent.

Moins dur que l'émail, elle est constituée de 70% de minéraux, 20% de matière organique (principalement de collagènes de type I, II, III et de phosphoprotéines) et de 10% d'eau. C'est le deuxième tissu le plus dur de l'organisme.

Ayant une architecture qui lui est propre, la dentine est parcourue dans tout son volume par les tubuli dentinaires qui sont des canalicules disposés perpendiculairement à la jonction émail-dentine/ cément-dentine.

Ces tubuli sont occupés sur toutes leurs longueurs par les prolongements des odontoblastes que l'on appelle les fibres de Tomes. Elle contient également des prolongements nerveux : c'est un tissu vivant et dynamique.

La **dentine primaire** est la dentine synthétisée jusqu'à ce que la dent fasse son éruption sur l'arcade dentaire. Moins minéralisée et plus organique que l'émail elle est donc plus opaque. De plus son architecture fait réfractée la lumière d'une manière bien différente que celle de l'émail.

La dentine se densifie au cours de la vie au détriment de la pulpe ce qui va modifier le comportement optique de la dent. Sa structure et sa composition ne cessent d'évoluer principalement lors de la formation de la **dentine secondaire physiologique** dont les dépôts se font de manière épisodique. Elle est plus minéralisée que la primaire donc moins opaque mais plus saturée.

La **dentine réactionnelle** fait suite à une agression extérieure de la dent tel qu'un choc ou une carie. Les odontoblastes vont se défendre de cet évènement par apposition d'une dentine encore plus saturée que la primaire et la secondaire en regard de la zone affectée.

Le diamètre des tubuli dentinaires va se réduire par le dépôt de dentine qu'il soit physiologique ou réactionnel.

Au niveau de la jonction amélo-dentinaire nous observons une dentine caractéristique : la **dentine transparente** qui est hyperminéralisée. Très translucide elle joue un rôle capital dans la transmission de la lumière et la transparence de la dent.

3. *La pulpe dentaire. (20)*

La pulpe est le « cœur » de la dent : c'est un tissu conjonctif lâche vascularisé et innervé contenu dans la chambre pulpaire en coronaire se prolongeant par les canaux dans les racines jusqu'à l'apex.

Elle possède des fibroblastes dispersés de manière non uniforme au sein d'une matrice extracellulaire.

Les odontoblastes se situent tout au long de sa périphérie et sont responsables de la formation de la dentine.

Son volume varie au fil des années par apposition dentinaire et sa couleur est rouge de par sa vascularisation importante.

4. *Les variations dentaires.*

a) *L'amplitude interdentaire.*

Sur une même personne et une même arcade, nous observons des variations de couleur : la canine étant plus saturée, elle paraît toujours plus jaune que les autres dents antérieures.

En comparant l'arcade mandibulaire et maxillaire, les dents mandibulaires paraissent également plus jaunes que les maxillaires car elles possèdent un émail plus fin donc plus transparent, on aperçoit donc plus facilement la dentine qui est plus saturée.

On observe donc une saturation plus importante en se dirigeant vers les dents postérieures et sur l'arcade mandibulaire.

b) *Les modifications selon l'âge.*

Une dent dite « âgée » paraîtra moins blanche qu'une « jeune » pour plusieurs raisons :

- L'émail a perdu de son épaisseur, il est donc plus transparent et va laisser paraître la dentine sous-jacente saturée.
- La dentine a subi de nombreuses modifications telle que l'apposition de dentine secondaire physiologique qui est plus saturée que la primaire. De plus il y a plus de chance que la dent ait été agressée donc une dentine tertiaire a pu être synthétisée, ce qui va encore plus opacifier la couleur de la dentine.
- La surface vestibulaire ne réfléchira pas la lumière de la même manière car au fil de l'âge elle aura perdu ses microreliefs et paraîtra plus lisse.

Ainsi de nombreuses variations peuvent être observées sur une même personne selon la dent voire même selon son âge.

B. La carte chromatique dentaire.

Il serait insuffisant de se limiter à la luminosité, saturation et teinte pour parler de la couleur de la dent. Le système de Munsell ne permettrait pas un choix de couleur optimal, d'autres paramètres colorimétriques propres à la dent entrent en jeu.

Lorenzo Vanini, professeur chirurgien-dentiste, intègre deux nouvelles dimensions colorimétriques en plus de la luminosité, de la saturation et de la teinte (qu'il regroupe en les appelant chromaticité) : l'opalescence, l'intensité et les caractérisations. (14,23)

D'autres dimensions sont à considérer telles que la fluorescence, la translucidité, l'effet nacré, la stratification ou encore la texture de surface. (24)



Figure 12 - Les cinq dimensions de la dent selon Vanini (14)

NAME			TOOTH			DATE		
BC: 1-2-3-4			UD1 UD2 UD3 UD4 UD5 UD6			GE1 GE2 GE3		
V: 1-2-3			IW IM					
I: 1-2-3-4 w-m			OBN OG OA					
O: 1-2-3-4-5 b-g-a			DW IW IM OA SW SY SB					
C: 1-2-3-4-5 w-a-y-b								

Figure 13 - La carte chromatique selon Vanini (23)

La carte chromatique permet de pouvoir définir les cinq dimensions colorimétriques de manière individuelle pour chaque personne.

1. La luminosité (value). (23,25,26)

L'émail absorbe réfléchit et transmet la lumière, ainsi la luminosité est directement liée celui-ci. Un émail épais, riche en macro et micro-géographie, typique chez le patient jeune, transmettra une haute luminosité : il réfléchira une quantité de lumière importante.

Un émail fin ayant perdu sa texture, comme chez la personne âgée, sera quant à lui moins lumineux car il réfléchira moins la lumière.

Lorenzo Vanini considère 3 luminosités notées V sur la carte chromatique où la numéro 1 représente une luminosité faible, la 2 une luminosité moyenne et la 3 une haute luminosité (voir fig. 13).

2. La chromaticité. (7,27)

Elle rassemble la teinte et la saturation et elle est déterminée par le corps dentinaire.

Sur les dents antérieures on observe une saturation progressive en partant du bord livre vers le tiers cervical et la face palatine/linguale est plus saturée que la vestibulaire.

La dent « jeune » sera également moins saturée que la dent « âgée ».

Pour étudier la chromaticité d'une dent la zone idéale est le tiers cervical.

On l'appelle BC (basic chromaticity) sur la carte chromatique et elle représente une moyenne des chromaticités aux différents niveaux de la dent.

Il existe quatre BC : la 1 étant la moins saturée et la 4 la plus saturée.

Avec ces 2 dimensions qui englobent les 3 dimensions basique de la couleur nous pouvons placer les caractéristiques de la dent dans la sphère chromatique CIELab.

Elle occupe un volume de forme rhomboïde assez haut dans la sphère avec un étirement le long de l'axe principal ce qui signifie qu'il y a une certaine amplitude au niveau de la variation de luminosité. (Voir fig. 14)

Sur l'axe horizontal, elle se situe entre l'axe rouge (+a) et jaune (+b) mais quand même plus proche du jaune. L'espace qu'occupe la dent se situe plus vers le désaturé que vers le saturé. De plus l'étroitesse du rhomboïde, qui peut être assimilé à une forme de banane, signifie que la variation de chromaticité est faible.

Nous nous situons donc dans un espace représenté par une luminosité élevée, une teinte tendant vers le jaune voire l'orangé et une saturation faible. (15,24)

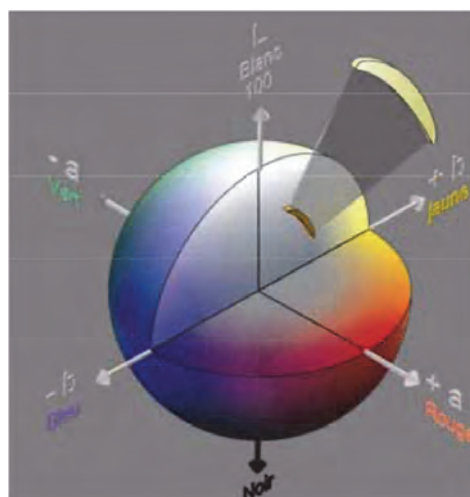


Figure 14 - L'espace chromatique rhomboïde de la dent naturelle.(24)

3. *L'opalescence. (23,24,28)*

L'opalescence né directement du caractère translucide de l'émail et se réfère à l'opale, pierre constituée d'eau et de silices.

C'est un phénomène optique : en réflexion lumineuse l'émail aura un aspect bleuté car il réfléchira les longueurs d'ondes courtes.

Cependant en transmission lumineuse il aura un aspect ambré car l'émail filtrera les longueurs d'ondes courtes pour laisser passer les longueurs d'ondes rouges-orangées : c'est l'effet opale.

L'opalescence peut être observée sur toute la dent mais est plus facilement appréciable au niveau du bord libre car majoritairement composé d'émail.

Vanini a classé les effets opalescents (O) en 5 catégories selon l'âge du patient (voir fig. 16) :

- Type 1 : « mamelon » présent sur la dent qui vient de faire son éruption sur arcade avec un halo translucide sur le bord incisif sous le corps dentinaire trilobé.
- Type 2 : halo identique au type 1 mais avec un lobe centrale dentinaire dédoublé.
- Type 3 : en « peigne » les lobes dentinaires se sont divisés donnant un aspect d'alternance translucide/dentine.
- Type 4 : « fenêtre » nous n'observons plus de strie mais une bande régulière translucide entre le corps dentinaire et le bord incisif.
- Type 5 : une tâche ou halo ambré allant du bord incisif vers le tiers moyen retrouvé souvent chez les personnes âgées.

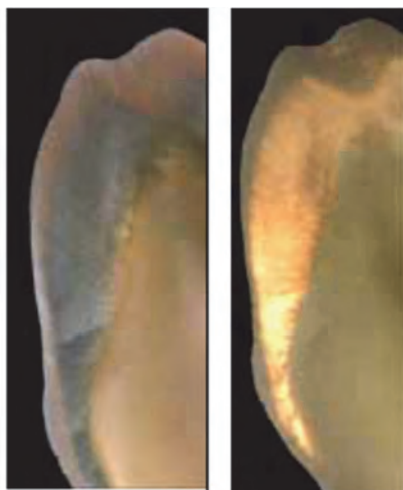


Figure 15 - coupe d'émail en réflexion lumineuse (gauche) et transmission lumineuse (droite). (24)

4. Les intensifs. (14,27)

Ils sont définis par des zones de minéralisation défectueuse à la surface de l'émail qui vont finir par donner des tâches opaques et perlées voire laiteuses si le défaut de minéralisation est intense.

Ces pigmentations selon leurs formes, leurs agencements et leurs couleurs sont classifiées toujours selon Vanini (voir fig. 16) :

- Type 1 : tâches isolées, uniforme, limitées et plutôt rondes.
- Type 2 : se prêtant à la forme de petits nuages ma limités, distribués sur l'émail.
- Type 3 : flocons de neige distribués de manière uniforme sur la surface amélaire.
- Type 4 : des bandes horizontales assez denses.
- W : blanc froid/perlé
- M : blanc chaud/laiteux.

5. Les caractérisations. (23)

Elles concernent l'émail et la dentine, ce sont des aspects colorés qui peuvent être acquis ou innés

Cinq types se déclinent : mamelons, en bandes blanches horizontales, en marge incisale, tâches ambrées sur le bord libre et fêlures amélaire. (Voir fig. 16)

Ces aspects colorés varient : blanc doux (OW), blanc froid (IW), blanc laiteux (IM), ambre (OA), blanc intense (SW), jaune intense (SY) ou marron intense (SB).

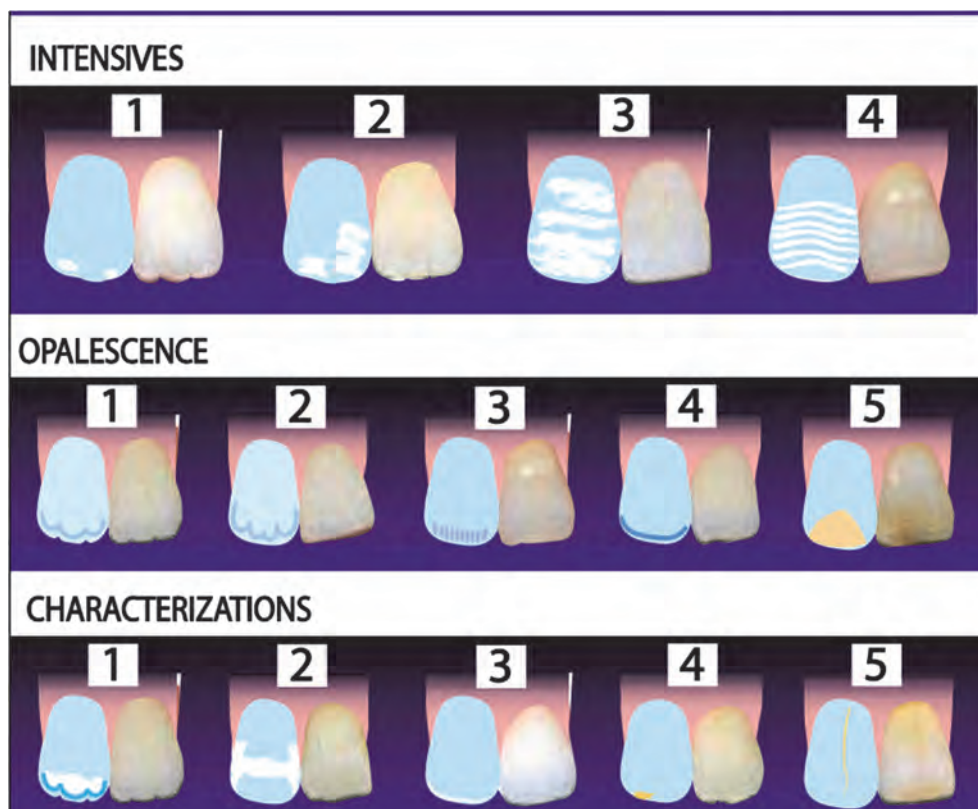


Figure 16 - La classifications des intensifs, opalescents et caractérisations. (14)

Ainsi les cinq dimensions citées par Vanini nous permettent d'approcher au mieux la couleur de la dent et de l'illustrer grâce à la carte chromatique qui contient toutes ces informations. Seulement, d'autres critères peuvent être pris en compte pour parfaire la connaissance colorimétrique dentaire.

6. *La fluorescence. (24,29)*

C'est une notion physique qui définit la capacité d'un objet soumis à un rayonnement ultraviolet non visible de réémettre cette lumière dans une bande spectrale visible de longueur d'onde courte bleutée.

La dent naturelle possède cette propriété présentant une fluorescence blanc-bleutée et la dentine en est l'acteur majeur. Cependant le vieillissement de la dentine augmentant sa minéralisation diminue la fluorescence de la dent.

La lumière du soleil étant riche en UV fait vivre cette propriété naturelle dentaire.

7. *La translucidité. (24,28)*

La translucidité et la transparence sont à différencier : un objet transparent laisse la totalité du rayon incident le traverser alors qu'un objet translucide ne laisse qu'une partie le traverser et réfléchit le reste.

La dent est considérée comme un objet translucide : seulement une partie du rayon lumineux la traverse. Elle n'est pas uniforme due aux différentes couches et structures de la dent.

L'émail est translucide à 70% et la dentine à 40%, la translucidité a un effet direct sur la luminosité : plus la dent sera translucide moins elle sera lumineuse car elle reflètera moins de lumière, celle-ci ayant traversé les différentes couches dentaires.

Avec l'âge la dent perd de sa translucidité et la dentine est plus visible par amincissement de l'émail.

8. *La stratification*

Elle est directement liée au fait que la dent soit constituée de plusieurs couches de tissus différents et que ces tissus réagissent de manière différente au rayon lumineux incident.

Leur épaisseur et leur structure vont permettre à la dent d'avoir des différences notables colorimétriques entre le bord libre et le collet. On observe alors un dégradé de couleur due à l'amincissement de la couche amélaire vers le tiers cervical.

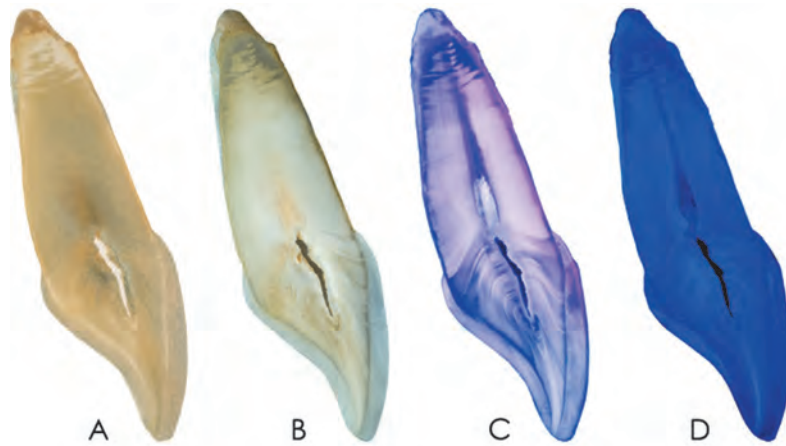


Figure 17 - Coupe sagittale d'une incisive centrale sous différents types d'éclairages démontrant la stratification. **A** : transmission lumineuse montrant l'opalescence ambrée. **B** : réflexion lumineuse montrant l'opalescence bleutée. **C** : lumière UV montrant la fluorescence dentaire. **D** : UV filtrés montrant une fluorescence plus bleutée. (13)

9. L'effet nacre. (24)

Également appelé « pearl effect » selon Sieber est surtout visible sur les dents jeunes en vue oblique et indirecte. Il est influencé par l'opacité en surface de la dent et une forte brillance presque métallique comparable au nacre.

10. L'état de surface.

Il est représenté par la macro et la microgéographie dentaire et est indissociable de sa colorimétrie.

Les lobes dentinaires faisant partis de la macrogéographie ou encore les stries horizontales et les fossettes appartenant à la microgéographie, surtout présents chez les jeunes, vont modifier l'interaction lumineuse sur la dent. Elles laissent un aspect clair et brillant sur la dent même séchée.

Cet état tend à disparaître avec l'âge sous l'effet de l'abrasion et l'érosion rendant la dent moins rugueuse et beaucoup plus lisse ayant une surface « émoussée luisante » (24).

C. L'interaction de la lumière avec les tissus dentaires.

L'interaction de la lumière sur la dent est un phénomène important qui est complexifié par la stratification naturelle dentaire.

L'émail, la jonction amérodentinaire et le corps dentinaire vont influencer le trajet lumineux au sein de la dent et ainsi l'absorption, la réflexion, la réfraction.

1. *L'absorption de la lumière par la dent.*

Le rayon lumineux incident va frapper la dent et une partie en sera absorbée. Comme dit précédemment l'émail est translucide à 70% et la dentine à 40%

L'émail va donc laisser traverser plus de lumière que la dentine. Une partie de cette lumière sera absorbée et transformée en énergie.

2. *La réflexion et la réfraction dentaire.*

Le rayon incident venant frapper la dent va subir un trajet particulier traversant les tissus dentaires.

Il sera réfracté après avoir traversé l'émail puis poursuivra son trajet qui aura été modifié par la réfraction vers la jonction amérodentinaire. Il sera également réfracté par ce milieu, son trajet se subira une autre déviation se dirigeant vers la dentine qui aura le même effet que les tissus précédents.

A chacun de ces trajets, une partie sera transmise à l'autre tissu avec un angle dévié par l'indice de réfraction du milieu et une autre partie sera réfléchi.

Tous ces tissus ont des indices de réfractons différents : (22)

- L'**émail** a un indice de réfraction de 1,63, il ralentira considérablement la vitesse du rayon incident et l'angle de réfraction sera petit.
- La **jonction amérodentinaire** présente le plus petit indice de réfraction de 1,43, l'angle de réfraction sera important. Cette zone est appelée « zone de brillance ».
- La **dentine** a un indice de réfraction de 1,54.

L'état de surface et l'organisation tissulaire influera directement la réflexion : les rayons seront réfléchis à chaque passage et on observera une réflexion diffuse sur les surfaces présentant des irrégularités ainsi qu'une réflexion spéculaire sur les surfaces lisses. (30)

Les rayons lumineux auront ainsi des trajets atypiques selon la zone dentaire et l'organisation du tissu dentaire ainsi que les caractérisations : une infinité de rayons lumineux seront transmis à l'œil de l'observateur.

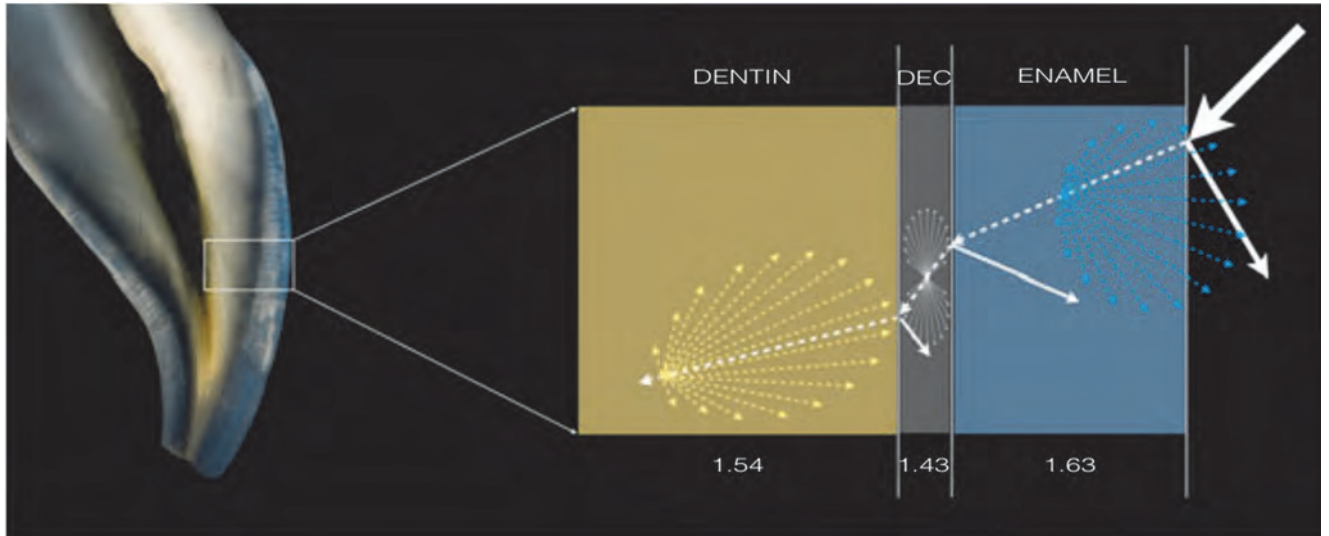


Figure 18 - Interaction de la lumière avec les différents tissus dentaires. (22)

Sur cette figure nous pouvons parfaitement observer la réfraction de la lumière ainsi que sa réflexion selon les différents tissus. Les flèches colorées correspondent aux rayons diffusés tandis que les blanches aux rayons réfléchis, celles en pointillées aux rayons réfractés.

Au nous observons une infinité de rayons orientés vers une multitude de directions.

III. Les différents systèmes de détermination de la couleur

Il existe de nombreuses façons de déterminer la couleur d'une dent avant de la restaurer de façon directe.

Cette étape est primordiale afin de respecter la complexité colorimétrique de la dent et la demande esthétique du patient.

Il est nécessaire d'être dans des conditions idéales afin de déterminer la couleur dentaire, l'éclairage et le moment de la sélection conditionne cette détermination.

Les principales conditions d'éclairage sont (12,31) :

- Éteindre le scialytique car son intensité lumineuse est trop forte.
- La lumière du jour a longuement été considérée comme idéale mais ce n'est pas le cas, son intensité varie au fil du jour ce qui rend le choix non-reproductible.
- L'intensité lumineuse doit se trouver entre 1200 et 1600 lux et le plafonnier doit émettre une lumière comportant tout le spectre du visible.

Le relevé de couleur :

- Il doit être fait en début de séance avant la mise en place du champ opératoire pour éviter que la dent soit déshydratée ce qui altérera son aspect.
- La dent doit être propre exempte de tout dépôt exogène entraînant une coloration telle qu'une tache de café ou de la plaque dentaire. Un détartrage accompagné d'un polissage sont recommandés.
- Si le patient est habillé en couleur vive il est préférable de le couvrir d'un champ de couleur neutre (gris) et si la patiente est maquillée (rouge à lèvres) il faudra le retirer.

Nous allons maintenant voir quels sont les différents moyens de choisir la couleur adéquate pour une restauration directe.

A. Les systèmes visuels direct.

1. *Les teintiers classiques.*

Ils représentent le moyen le plus ancien et le plus répandu d'enregistrer la couleur de la dent.

Ils permettent de retrouver, par comparaison avec les différents échantillons du teintier, la couleur la plus proche de la dent et ainsi pouvoir choisir le matériau de restauration dont la « teinte » correspond à celle de la dent. (32)

On pourra distinguer la couleur dans les trois zones incisale, moyenne et cervicale en superposant les échantillons sur le même plan que la dent.

Il est conseillé de regarder un espace neutre entre chaque barrette pour réinitialiser les récepteurs rétiniens afin de ne pas biaiser notre choix.

Les teintiers font appel aux capacités visuelles du praticien et sont donc des choix opérateurs-dépendants totalement subjectif

Il en existe une multitude, certains sont classés par famille de teinte tandis que d'autres le sont par luminosité. (12)

a) *Les teintiers construits par groupes de teinte.*

Le **VITA classical** (Fig. 19), créé en 1956 par la société VITA ZAHNFABRIK sous le nom de Lumin Vacuum, est le teintier le plus utilisé dans les cabinets dentaires de par sa simplicité.

La plupart des marques de composite s'y réfèrent.

Il est composé de 16 échantillons répartis en 4 groupes de teintes :

- Groupe A : brun-rougeâtre
- Groupe B : rougeâtre-jaunâtre
- Groupe C : gris
- Groupe D : gris-rougeâtre

Chaque lettre est associée à un chiffre allant définissant le niveau de saturation de manière croissante et la luminosité en décroissant. La luminosité et la saturation sont donc indissociables

Ainsi on se retrouve avec A1-A2-A3-A3,5-A4-B1-B2-B3-B4-C1-C2-C3-C4-D2-D3-D4.

A4 serait donc une teinte brune-rougeâtre la plus saturée donc la plus pure et la moins lumineuse du groupe A.

Le fabricant nous propose également un ordre de rangement tenant compte de la luminosité en décroissante : B1-A1-B2-D2-A2-C1-C2-D4-A3-D3-B3-A3.5-B4-C3-A4-C4.

Ce teintier simple d'utilisation n'est pas le plus précis et présente une insuffisance d'échantillon en termes de saturation pour les dents des personnes âgées. (12)



Figure 19 - Teintier VITA classical. (1)

b) Les teintiers construits par groupes de luminosité.

Afin de mieux prendre en compte la trivariance de la dent, le teintier **VITA Toothguide 3D-MASTER** a été mis en place en 1998.

Celui-ci nous permet de choisir la couleur en prenant en compte les trois dimensions et leur ordre d'importance grâce à ses 29 échantillons (fig. 20).

Nous allons d'abord choisir la **luminosité** avec les groupes allant de 0 à 5 en partant du plus lumineux au plus sombre (le groupe 0 concerne les dents ayant subies un éclaircissement). Il faudra prendre en compte l'échantillon « majeur » qui est lui du milieu et du sommet de chaque palette.

La luminosité étant choisie nous pouvons écarter les autres palettes et se concentrer sur la **saturation** qui est représentée sur l'axe vertical et qui est rangée en ordre croissant en descendant sur cet axe. La saturation est déterminée par des chiffres de 1 (le moins saturé) à 3 (le plus saturé) en passant par des intermédiaires tels que 1,5 et 2,5.

Le groupe 1 ne comporte que 2 niveaux de saturation.

Pour choisir la saturation nous allons nous baser sur les échantillons du milieu (M) et descendre jusqu'à trouver la plus correspondante.

Enfin il nous faudra choisir la **teinte** : les groupes 2 3 et 4 ont trois groupes de teintes contrairement au 1 et 5 qui n'en possèdent qu'un.

M (middle) représente la teinte équilibrée, à sa droite la teinte à dominante rouge R et à sa gauche à dominante jaune L. (12,33)

Par exemple la couleur 1M2 est la plus lumineuse, car faisant partie du groupe 1, avec une saturation moyenne (2) et avec une teinte équilibrée (M).

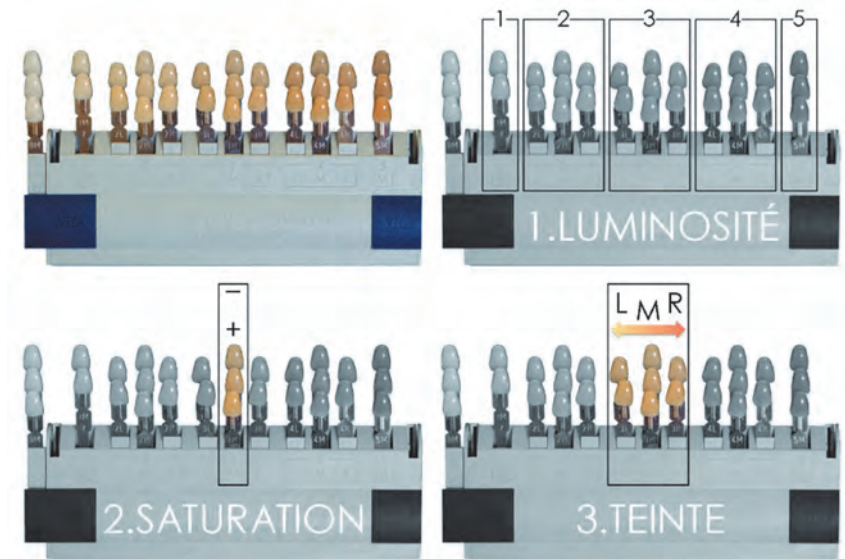


Figure 20 - Teintier VITA Toothguide 3D-MASTER. (13)

Ce teintier a été simplifié par le **Linearguide 3D-MASTER** (fig. 21) : il contient exactement les mêmes échantillons.

Nous allons d'abord choisir la luminosité sur une palette verticale qui prend en considération les M2.

La luminosité choisie nous prenons la palette correspondant au groupe de luminosité et nous pouvons choisir la saturation qui est rangée de manière croissante et linéaire et la teinte M, L ou R.

Ces teintiers permettent un choix plus précis et scientifique de la couleur d'une dent de par la séquence de choix et la multitude d'échantillons (12,33).

Cependant les **teintiers du commerce ont des limites** (13,34) :

- Ils ne sont pas de la même nature que la dent : la majorité sont fait de plastique ainsi la perception de couleur entre la dent, le teintier et le composite sera différente.
- Ils ne peuvent pas non plus représenter les différences colorimétriques entre l'émail et la dentine ainsi que les différentes épaisseurs.
- Ils s'abiment avec le temps et d'un teintier à un autre on peut observer des différences de couleurs.

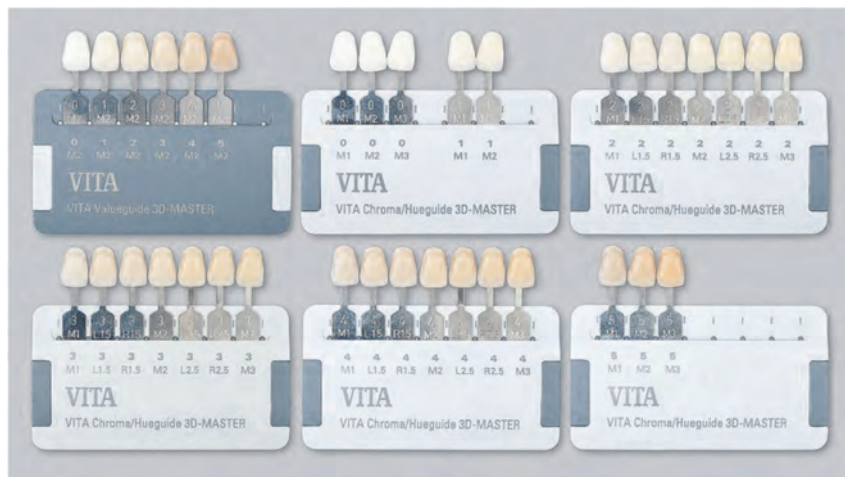


Figure 21 - Teintier VITA Linearguide 3D-MASTER. (1)

2. Les teintiers personnalisés.

Chaque dentiste a sa préférence en termes de composite et les teintes indiquées selon les marques peuvent présenter des différences vis à vis des teintiers du commerce.

Il existe donc des moyens de créer son propre teintier à partir d'échantillon de la marque du composite habituellement utilisé.

a) Teintier réalisé à partir d'un micromètre. (35,36)

À l'aide d'un micromètre, qui est un instrument de mesure dont la précision est de $1/100^{\text{ème}}$ de millimètre, et d'une masse de composite de notre choix nous pouvons réaliser des échantillons nous permettant de choisir la bonne couleur pour le matériau de restauration.

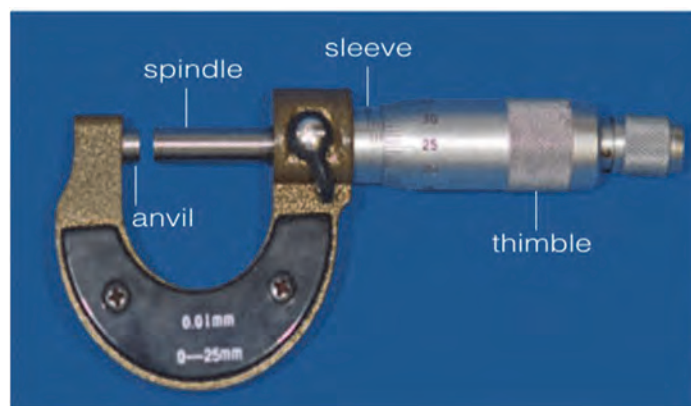


Figure 22 - Micromètre

Le micromètre nous permettra d'avoir des échantillons ronds tout en contrôlant l'épaisseur du composite de manière extrêmement précise.

Il suffit de placer le composite entre les faces de mesurage, de calibrer l'épaisseur souhaitée puis de fermer le tambour (thimble).

On enlèvera les excès, on peut placer une matrice celluloïde autour afin que les contours soient plus nets, puis il faudra photopolymériser.

On peut également superposer les composite émail et dentine afin d'avoir une idée de la lasse dentinaire sous la fine couche d'émail (Fig. 23)

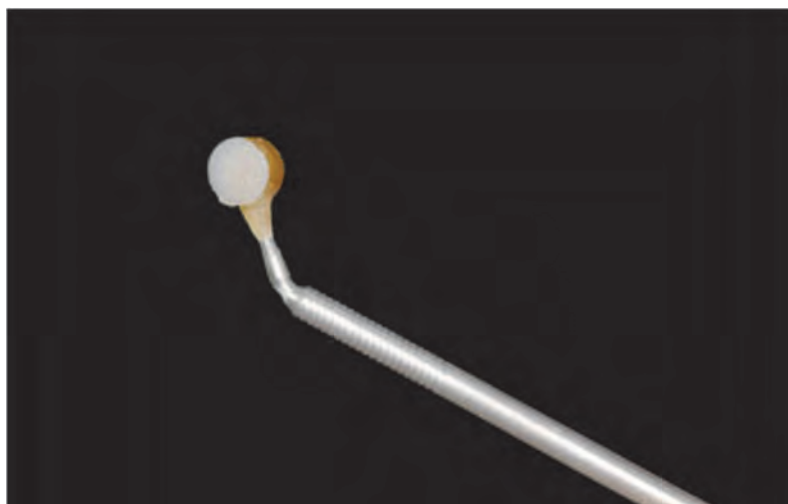
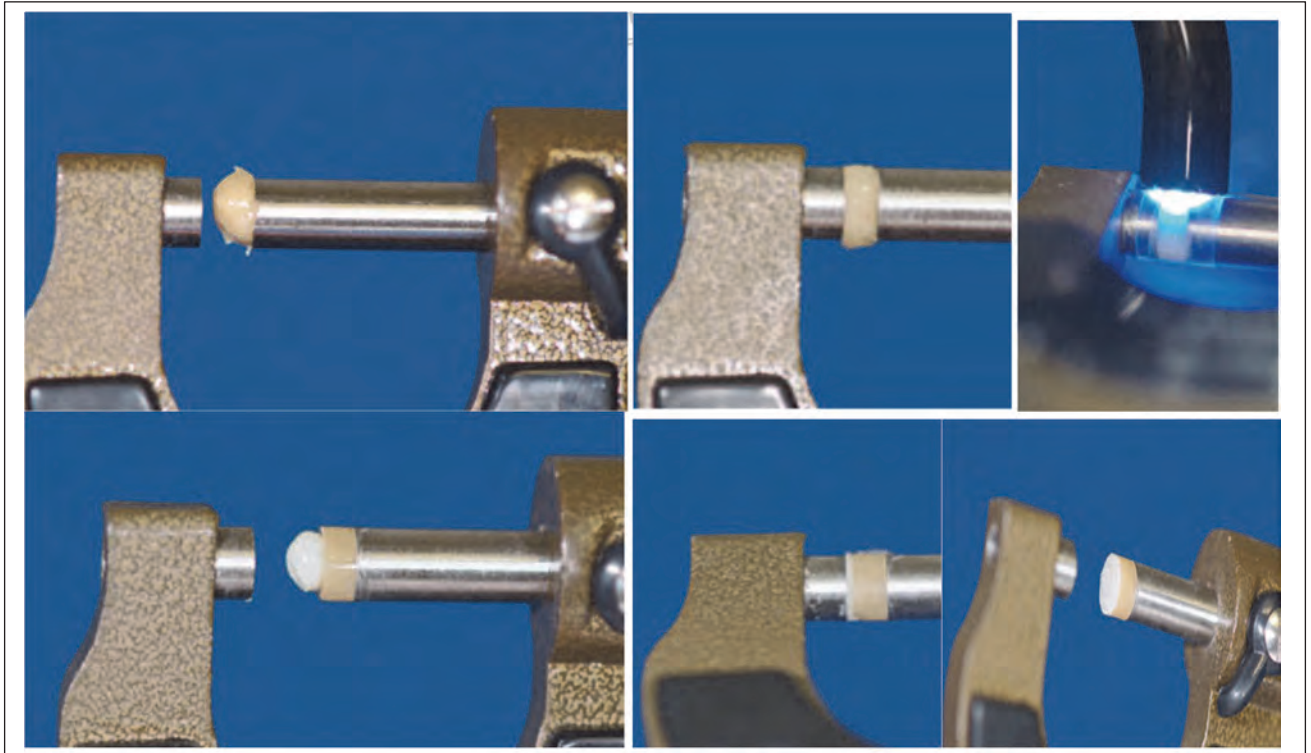


Figure 23 - Réalisation d'un teintier à l'aide d'un micromètre. (35)

Ce système présente tout de même des **défauts** :

- La forme de l'échantillon n'est pas celle d'une dent ainsi la convexité naturelle de la dent antérieure n'est pas reproduite.
- La couche d'émail est uniforme alors qu'en réalité son épaisseur diffère selon le tiers considéré de la dent ce qui fausse le rendu de la superposition émail-dentine.

D'autres systèmes existent et se prêtent plus à reproduire la complexité dentaire.

b) *Teintier personnalisé par moule préfabriqué. (35,37)*

La société SMILE LINE a créé un système appelé MY SHADE GUIDE, grâce auquel à partir d'un moule préfabriqué, nous pouvons réaliser notre propre teintier.

De la même manière qu'avec le micromètre le chirurgien-dentiste va fabriquer son teintier à partir des différentes teintes de composite qu'il a l'habitude d'utiliser.

Il se présente sous forme de deux moules (Fig. 24), une portion négative qui permettra de reproduire la couche amélaire vestibulaire et une portion positive pour le corps dentinaire. Ces deux portions s'assemblent après la mise en place des composites afin de créer l'échantillon du teintier avec une forme de dent antérieure.

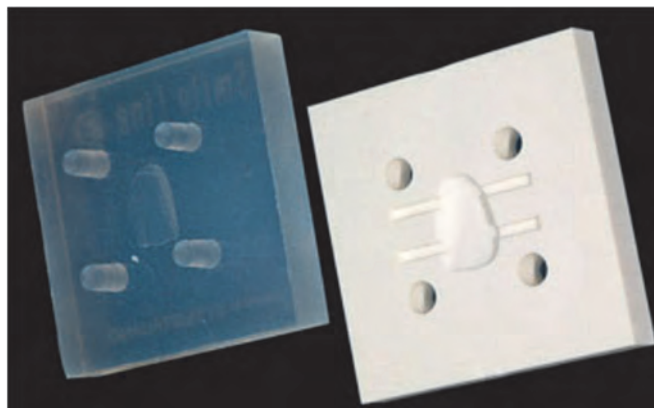


Figure 24 - Moule préfabriqué de SMILE LINE. En bleu la portion positive (dentine) et en blanc la portion négative (émail). (35)

Il suffit d'étaler le composite type émail dans le moule blanc et le type dentine dans le bleu puis d'assembler les deux moules. Les excès fuiront par les quatre ports puis nous pourrions polymériser le tout.

Une fois polymérisé, nous obtenons notre échantillon personnalisé (Fig. 25).

Il est conseillé de respecter des épaisseurs pour la couche d'émail :

- 0,2 mm pour le tiers cervical.
- 0,5 mm pour le tiers moyen.
- 0,7 mm pour le tiers incisal.

Il est possible de mélanger différentes marques de composites voir même de faire un dégradé de différentes teintes de composites.

Donc, par cette technique nous pouvons obtenir des teintiers de la même composition que les matériaux de restauration, avec une épaisseur réaliste et contrôlée ainsi qu'une forme d'échantillon adéquate.

Cependant c'est une technique assez chronophage.



Figure 25 - Échantillons réalisés à partir de moules préfabriqués avec des composites de teintes différentes qui serviront à restaurer la 11 et la 21. (35)

3. Les teintiers spécifiques aux composites. (34)

Certaines marques de composites intègrent dans le coffret un teintier correspondant aux teintes de leurs matériaux.

Nous allons prendre l'exemple des composites Enamel plus HRI de Bisico :

Il est inclus dans le coffret un teintier réalisé en résine composite directement avec toutes les teintes proposées par la marque que ce soit pour l'émail ou la dentine.

Neuf teintes sont proposées pour la dentine ce qui permettra de contrôler la saturation de la restauration et trois teintes pour l'émail afin d'avoir une meilleure approche de la luminosité (fig. 26).

Il est possible de combiner les échantillons dentine/émail afin de mieux appréhender la stratification et ainsi de visualiser le rendu final hypothétique.

Les échantillons sont de forme triangulaire afin de pouvoir choisir la bonne épaisseur de matériaux et de voir ce que pourrait donner une certaine couche de composite dentine sous une autre couche de composite émail : de nombreuses combinaisons sont donc possibles (fig. 27).

Par exemple, nous choisirons la base du triangle de l'échantillon dentine (épais) et le sommet du triangle émail (fin) pour déterminer la couleur du tiers cervical.

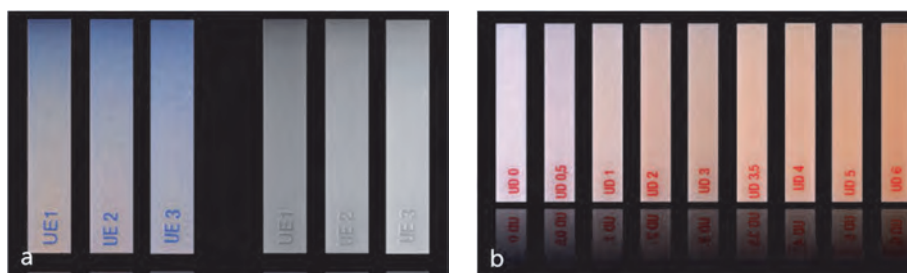


Figure 26 - Teintier Enamel plus HRI. (a) les 3 teintes émail en noir et blanc à droite pour mieux apprécier le degré de luminosité. (b) les 9 teintes dentine. (34)

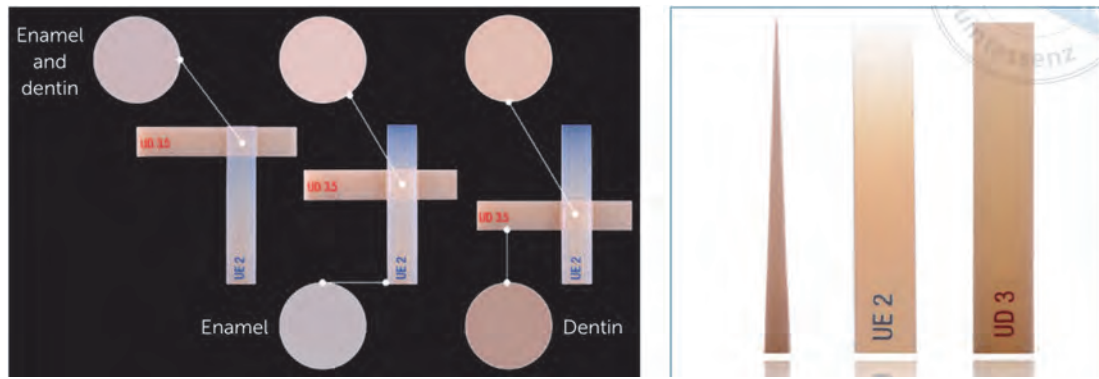


Figure 27 - Superposition des échantillons émail/dentine (gauche) et forme triangulaire des échantillons (droite). (34)

D'autres marques proposent leurs propres teintiers avec possibilité de superposition des échantillons mais celle-ci est la seule les réaliser à partir de sa résine composite.

4. La technique des boutons.

Pour confirmer notre teinte prise par un teintier ou simplement pour déterminer la couleur directement nous pouvons utiliser la technique des boutons.

Il suffit de placer des plots de composites sur les différentes zones de la dent afin de déterminer la couleur la plus appropriée. (38)

Des composites types émail seront mis en place sur le tiers incisal tandis que des composites type dentine seront posés sur les autres tiers.



Figure 28 - Technique des boutons. (34)

Des limites résident dans cette technique :

- Les plots interféreront avec les tissus dentaires sous-jacent ce qui peut modifier la perception de la couleur du composite.
- Il faut être rapide, en effet la déshydratation de la dent lors de la mise en place des plots et de leur photopolymérisation altérera sa couleur et faussera la prise de teinte. (34)

Nous verrons plus tard que la photographie peut améliorer cette technique.

B. Les systèmes visuels assistés.

Il existe des appareils qui permettent d'améliorer les systèmes de détermination visuelle directe : nous allons principalement développer l'utilité des lampes calibrées et de la photographie.

1. *Les lampes calibrées.*

Elles permettent d'apporter une lumière calibrée et continue grâce à un éclairage LED sur la partie avant de la lampe.

La température de la couleur apportée est de 5500 à 6500 K l'équivalent de la lumière du jour, ce qui optimise la qualité de notre choix. (13)

Leur utilisation se combine avec celle d'un teintier qu'il soit du commerce, personnalisé ou encore propre à la marque de la résine composite.

La détermination s'effectue à travers le cadre de la lampe positionnée à faible distance des dents.

Le modèle Optilume Trushade d'Optident possède un dispositif de grossissement au niveau du cadre, ce qui facilite le relevé visuel.

Elles sont d'autant plus utiles lorsque l'éclairage du cabinet est défectueux. (32)



Figure 29 - Lampe calibrée Optilume Trushade d'Optident. (13)

2. La photographie.

La photographie numérique est un excellent outil de travail dans la pratique dentaire, son utilisation se démocratise en odontologie restauratrice. (39)

Elle permet d'aider le praticien dans son choix de teinte que ce soit avec un teintier ou avec la technique des boutons.

Les appareils photo adaptés à la macrophotographie dentaire sont les reflex. Il faudra également se munir d'un flash macro (annulaire par exemple), des réglages seront nécessaire afin d'optimiser le résultat.

La photographie en lumière polarisée facilité le choix de la couleur, en effet elle nous permettra de mieux apprécier les caractérisations dentaires ainsi que les zones opalescentes.

Afin d'obtenir la lumière polarisée il suffit de placer un filtre appelé polarisateur entre la source lumineuse (le filtre est fixé sur le flash) et la dent.

Un autre filtre sera fixé sur l'objectif afin d'éliminer les rayons lumineux ne provenant pas de la lumière polarisée émise par le flash.

Pour prendre la photo dans les meilleures conditions il faut (2) :

- Eloigner le scialytique du patient.
- Inviter le patient à légèrement incliner la tête vers le haut.
- Mettre en place un écarteur et un contrasteur noir à l'horizontal.
- Dans le cas où l'on utilise un teintier, placer l'échantillon à proximité de la dent en faisant s'affronter les bords libres.
- Avoir une bonne mise au point et photographier.

La photographie sera transférée sur un logiciel où on obtiendra une image grossie de la dent nous permettant de mieux la visualiser.

Le logiciel ClearMatch crée par la société Clarity Dental Corporation permet de réaliser une cartographie colorimétrique de la dent à partir de données référencées à des teintiers classiques ou des teintiers composites.

Cependant ce logiciel présente certaines imprécisions selon le teintier utilisé. (13)

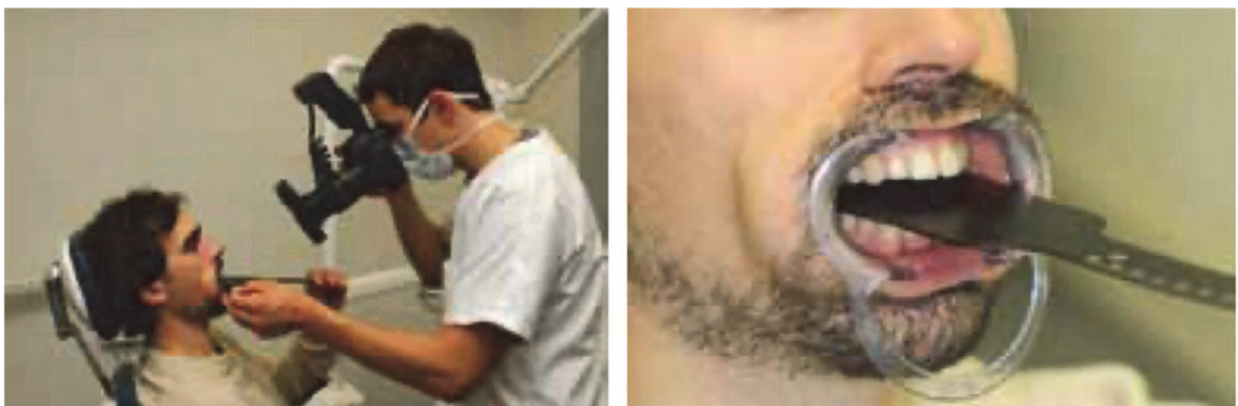


Figure 30 - Positionnement du patient. (2)



Figure 31 - Photographie avec échantillon d'un teintier. (2)

La photographie s'avère utile lorsqu'elle est associée à la technique des boutons pour deux principales raisons (34) :

- La possibilité de mettre la photo en noir et blanc nous permettra de mieux apprécier la concordance de luminosité entre le matériau de restauration et la dent, ainsi elle affinera notre choix en termes de teinte pour le composite émail.
- La photographie en lumière polarisée guidera notre choix pour le composite type dentine ainsi que les différentes caractérisations de la dent.



Figure 32 - Technique des boutons associée à une photographie polarisée et en noir et blanc. (34)

Une étude in-vitro a été réalisée à partir de la cavité buccale d'un fantôme en comparaison avec des échantillons de teintiers.

Les photos étaient analysées par un logiciel afin de déterminer la luminosité, la saturation et la teinte des deux couleurs comparées.

Les résultats sont que l'association du logiciel avec la photographie donnent de meilleurs résultats de choix de couleur qu'en utilisant simplement un teintier en visualisation directe. (40)

La photographie présente donc une utilité évidente mais ne se suffit pas à elle-même : elle doit être associée à une prise de teinte au préalable. De plus elle ne peut pas capturer les véritables couleurs de l'espace photographié. (13)

C. Les dispositifs numériques : choix objectif.

Les systèmes vus précédemment se basent sur la subjectivité et la perception visuelle du praticien.

Des dispositifs numériques permettent un relevé instrumental totalement objectif non-altéré par la vision du chirurgien-dentiste.

Ils permettent une quantification numérique des dimensions colorimétriques de manière scientifique. (1)

La mesure est rapide ce qui évite au praticien de faire face à la déshydratation de la dent.

L'inconvénient de ces appareils réside dans l'apprentissage à la manipulation et leur coût généralement élevé.

De plus en termes de restaurations directes leur référentiel ne sont pas les teintes des composites utilisés, on retombe alors dans une des limites des teintiers classiques.

Il existe deux principaux appareils numériques : le spectrophotomètre et le colorimètre.

1. *Les colorimètres.*

Ils permettent d'analyser la couleur de la dent par des mesures de réflexion de la source lumineuse au travers de trois filtres pour définir la couleur à partir de ses valeurs trichromatiques.

Afin d'éviter le vieillissement de la lumière source il est nécessaire de l'étalonner sur le blanc avant chaque utilisation.

Différents appareils sont disponibles dans le commerce : certains permettent d'obtenir une mesure ponctuelle ou en trois points de la dent tandis que d'autres fourniront une cartographie 3D colorimétrique prenant en compte la trivariance des tissus dentaires. (13)

Ils possèdent une mémoire dans laquelle est intégrée un ou plusieurs teintiers de référence.

a) *Le Shade Scan de Cynovad.*



Figure 33 – Shade Scan de Cynovad. (41)

L'image de la dent scannée par la caméra sera transférée à un logiciel de traitement qui comparera la couleur enregistrée à une base de mémoire contenant plusieurs teintiers.

Il donnera une cartographie 3D tenant également compte des caractérisations et de la translucidité de la dent. (2)

Cependant le cadre de la caméra est large et encombrant avec un prix couteux.

b) *Le Shade Vision de X Rite.*

C'est un colorimètre performant possédant également plusieurs teintiers référencés et donnant une cartographie 3D.

En plus de cela il va pouvoir analyser de manière indépendante luminosité, saturation et teinte. Il permet également d'analyser séparément les différents tiers de la dent ce qui le rend d'autant plus intéressant avec une cartographie plus complète. (2)

Il reste trop encombrant et onéreux.



Figure 34 - Shade Vision de X rite et sa cartographie 3D. (32)

Les mesures réalisées à partir de colorimètre sont moins précises que celles des spectrophotomètres. (12)

2. *Les spectrophotomètres.*

Ils viennent analyser les longueurs d'ondes réfléchies d'une lumière incidente polychromatique visible émise par le dispositif lui-même (xénon ou halogène selon l'appareil). Ils ne sont donc pas influencés par l'éclairage environnant. (13)

Le spectre réfléchi sera alors mesuré en de nombreux points à intervalle faible selon sa précision et comparé à une base de données pour déduire la couleur dentaire. Cette mesure sera exprimée en L^*a^*b .

Ils peuvent aussi donner une mesure ponctuelle, en trois points ou une cartographie 3D.

Un étalonnage est également nécessaire mais cette fois-ci avec une pastille de céramique mais ceux-ci ne présentent pas de vieillissement de la source lumineuse contrairement aux colorimètres. (32)

Ils sont plus actuellement les plus précis en termes d'analyse de couleur (42) et sont plus efficaces que les colorimètres.

a) *Le Spectro Shade de MHT.*

S'utilisant comme un appareil photo, il va stocker les clichés dans un logiciel d'imagerie qui contiendra le dossier patient. Il possède de nombreux teintiers de référence.

On peut utiliser les images immédiatement sur l'écran du spectrophotomètre ou sur un ordinateur.

Il sera possible d'utiliser l'image de différentes façons : découpage des trois zones de la dent, cartographie 3D, mise en noir et blanc pour mieux étudier la luminosité, analyse des caractérisations et de la translucidité, ...

Il est encombrant mais plus maniable que les colorimètres cités plus haut et moins onéreux. (32)



Figure 35 - Le Spectro Shade de MHT. (A) la caméra (B) l'étalonnage (C) l'enregistrement (D) l'analyse poussée de la couleur. (13)

b) *Le Vita Easy Shade de VITA.*

Il permet une analyse ponctuelle, en trois points c'est-à-dire aux trois niveaux de la dent ou en 3D pour être plus précise et s'utilise sans ordinateur.

Son référentiel est limité : Vita Classical et Vita 3D Master.

Ainsi suite à l'enregistrement il nous donnera la couleur en fonction du teintier choisi mais également les coordonnées CIE Lab de celle-ci.

Doté d'un spot central relativement fin de 8mm composé de fibres optiques il est complètement maniable et simple d'utilisation. Son coût reste raisonnable. (12)

Il permettrait d'obtenir une fidélité de 96,4% (donc reproductible) et une exactitude de 92,6% ce qui représente de très bons résultats.

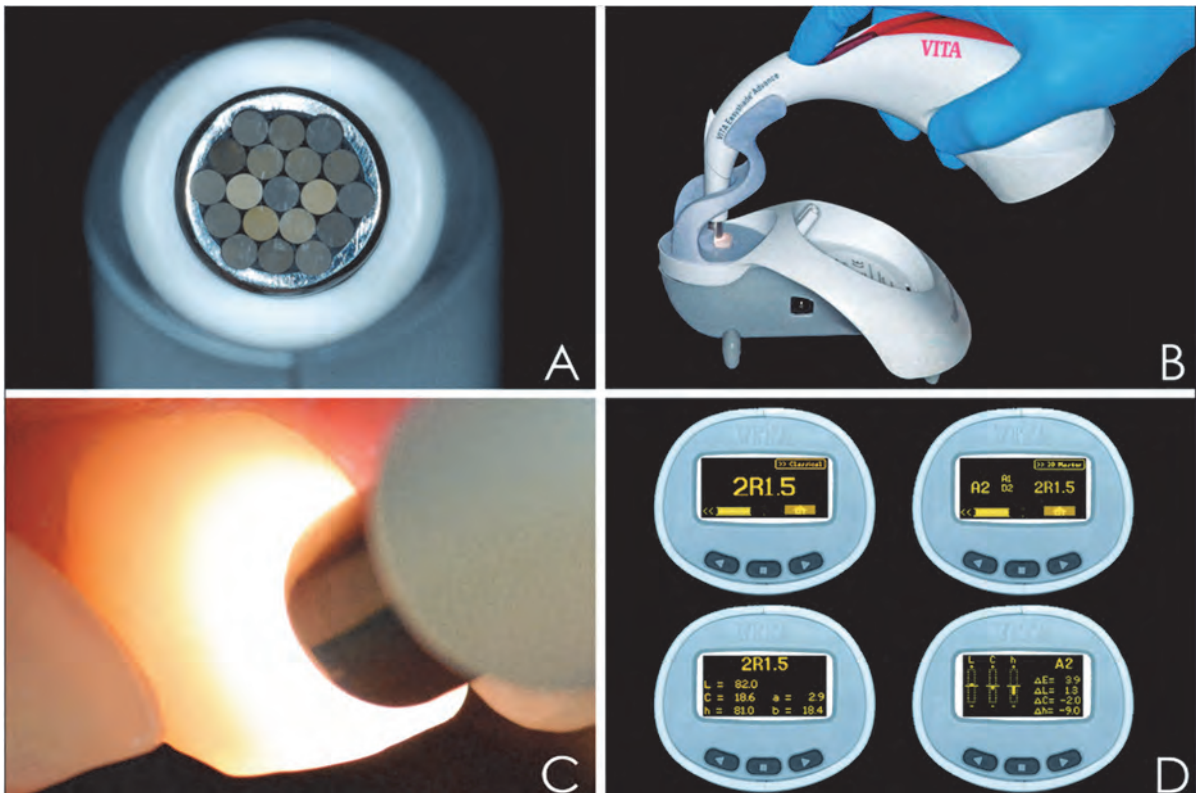


Figure 36 - Le VITA Easy Shade (A) les fibres optiques (B) l'étalonnage (C) enregistrement (D) analyse de la couleur (13)

c) *Le Rayplicker Handy de Borea.*



Figure 37 - Le Rayplicker Handy. (43)

C'est un spectrophotomètre à écran tactile dont l'utilisation est semblable à ceux cités précédemment mais dont les fonctions sont plus développées par son association avec le logiciel Rayplicker Vision (43) :

Il va permettre une analyse de la couleur qui peut être dans les trois zones, en cartographie mais également en neuf zones en photographie polarisée.

Nous pourrions également choisir directement sur l'appareil l'analyse en noir et blanc pour mieux apprécier la luminosité. La translucidité est également appréciable sur le spectrophotomètre.

Nous pourrions stocker les informations sur la fiche patient et même comparer jusqu'à trois analyses de teintures.

Il se base sur des teintiers du commerce dont le panel est plus large que les précédents.

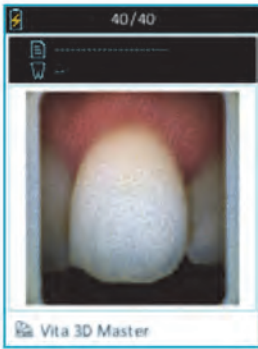
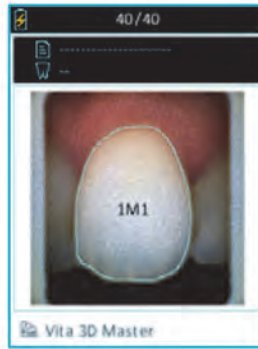
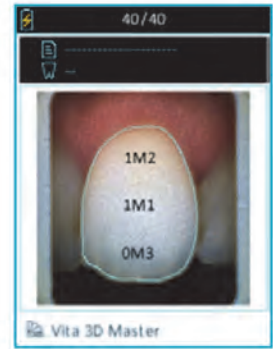


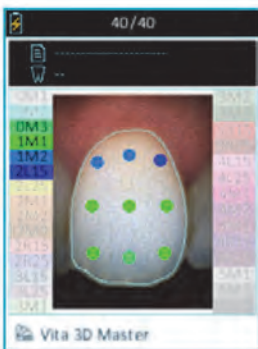
Photo polarisée



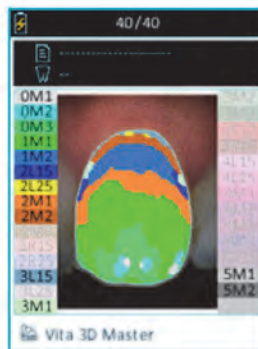
Teinte générale



Cartographie 3 zones



Cartographie 9 zones



Cartographie détaillée



Translucidité

Figure 38 - Analyse colorimétrique par le Rayplicker Handy et le logiciel Rayplicker Vision. (43)

CONCLUSION

Le choix de la couleur est donc une étape primordiale et indispensable dans le cadre d'une restauration directe mais d'une complexité non négligeable.

Il est indispensable pour le praticien de connaître les bases et fondements de la lumière et la couleur afin de pouvoir être le plus précis possible dans cette décision incontournable qui permettra au patient de repartir avec le sourire.

La richesse colorimétrique et les variations dentaires doivent être totalement maîtrisés pour réussir cette étape cruciale. Richesse entretenue par la stratification unique de la dent et son interaction singulière avec la lumière.

Des méthodes les plus conventionnelles aux plus technologiques s'offrent au chirurgien-dentiste pour l'accompagner dans la détermination de la couleur pour restaurer la dent de la manière la plus naturelle possible.

Les systèmes visuels directs et classiques sont directement dépendant de la perception visuelle du praticien et de l'environnement et puisent leurs résultats sur la subjectivité même du dentiste. Les teintiers du commerce n'étant pas fabriqués du même matériau que la résine composite sont peu fiables bien que toujours majoritairement utilisés.

Les dispositifs numériques, qui eux nous permettent d'avoir une analyse scientifique et objective de la couleur dentaire, vont avoir pour référence des teintiers du commerce. Ainsi la couleur enregistrée sera fiable et reproductible mais les variations existantes entre les mêmes teintes indiquées sur les composites et sur le teintier de référence n'écartent pas la possibilité d'erreur lors de la restauration.

L'idéal serait que les composites et leurs teintes soient référencés dans la mémoire des appareils.

Les teintiers personnalisés quant à eux sont bien plus fiables de par leur fabrication : ils sont faits du même matériau et à partir de la même marque que le composite que nous allons utiliser pour restaurer la dent. Nous pouvons contrôler l'épaisseur des différentes couches et les différences selon les zones.

Les techniques visuelles assistées, plus particulièrement la photographie accompagnée par la technique des boutons s'avère être une solution se rapprochant de la réalité clinique bien qu'il faille être rapide : la macrophotographie et la lumière polarisée contribuent à mieux appréhender les spécificités colorimétriques. Les plots de composites nous permettent de mieux nous guider afin d'assurer nos chances de faire le bon choix.

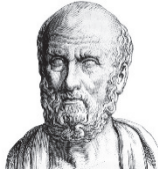
Bibliographie.

1. **Goldstein RE.**
Esthetics in Dentistry, Third Edition. 2008.
2. **Pignoly C, Aubut V, Baixe S, Barthelemy H, Etienne O, Girard JL, Lasserre JF, Pineau S.**
Prise de teintes : Des techniques conventionnelles aux techniques électroniques. 2010
3. **Roque G.**
Art et science de la couleur. 1997.
4. **Maitte B.**
Les théories de la lumière dans une science en mouvement. 2016.
5. **Lumière : définition et explications.**
<https://www.techno-science.net/definition/2978.html>
6. **Lumière.**
<https://fr.wikipedia.org/w/index.php?title=Lumi%C3%A8re&oldid=194556350>
7. **Vanini L.**
Light and color in anterior composite restorations. 1996;8(7):673-82.
8. **Thon S.**
Physique de la lumière - IUT d'Arles. 2011.
[https://www.yumpu.com/fr/document/read/23599206/physique-de-la-lumierepdf-iut-darles.](https://www.yumpu.com/fr/document/read/23599206/physique-de-la-lumierepdf-iut-darles)
9. **Garrault C.**
Interaction lumière-matière : émission et absorption. 2011.
<http://www.eduonline.net/spip/spip.php?article271>
10. **Réflexion (optique).**
[https://fr.wikipedia.org/w/index.php?title=R%C3%A9flexion_\(optique\)&oldid=192009260](https://fr.wikipedia.org/w/index.php?title=R%C3%A9flexion_(optique)&oldid=192009260)
11. **La réflexion et la réfraction : Parlons sciences.**
<https://parlonssciences.ca/ressources-pedagogiques/documents-dinformation/la-reflexion-et-la-refraction>
12. **Jean-François L, Sophia P, Emmanuel D.**
La couleur en Odontologie. Les Cahiers de prothèse. 2006;25-39.
13. **D'Incau E, Pia JP, Pivet J.**
Couleur et choix de la teinte en odontologie. 2014;15.

14. **Vanini L, Mangani F.**
Determination and communication of color using the five color dimensions of teeth. 2001.
15. **Baltzer A, Kaufmann-Jinoian V.**
La définition des teintes de dent. 2004.
16. **Nuancier de Munsell.**
[https://fr.wikipedia.org/w/index.php?title=Nuancier de Munsell&oldid=187906905](https://fr.wikipedia.org/w/index.php?title=Nuancier_de_Munsell&oldid=187906905)
17. **Nickerson D.**
Munsell Color System. 1977.
18. **L*a*b* CIE 1976.**
[https://fr.wikipedia.org/w/index.php?title=L*a*b* CIE 1976&oldid=186512467](https://fr.wikipedia.org/w/index.php?title=L*a*b*_CIE_1976&oldid=186512467)
19. **Douglas RD, Steinhauer TJ, Wee AG.**
Intraoral determination of the tolerance of dentists for perceptibility and acceptability of shade mismatch. Journal of Prosthetic Dentistry. 2007;97(4):200-8.
20. **Triller M.**
Histologie dentaire. 1987.
21. **Piette E, Goldberg M.**
La dent normale et pathologique. 2001.
22. **Bazos P, Magne P.**
Bio-Emulation: biomimetically emulating nature utilizing a histo- anatomic approach; visual synthesis.
The International journal of Esthetic Dentistry. 2014.
23. **Vanini L.**
Conservative Composite Restorations that Mimic Nature. 2010.
24. **Lasserre JF.**
Les sept dimensions de la couleur des dents naturelles. 2007;28:417-430.
25. **Joiner A.**
Tooth colour: a review of the literature.
Journal of Dentistry. 2004;32 Suppl 1:3-12.
26. **Nahsan F, Mondelli R, Franco E, Naufel F, Ueda J, Schmitt V, et al.**
Clinical strategies for esthetic excellence in anterior tooth restorations: Understanding color and composite resin selection.
Journal of applied oral science. 2012;20:151-6.

27. **Gruppo Micerium.**
Enamel plus HFO manual.
28. **Fondriest J.**
Shade Matching in Restorative Dentistry: The Science and Strategies.
The International Journal of Periodontics & Restorative Dentistry. 2003.
29. **Mondelli R, Apayco L, Trentino A, Wang L, Ishikiriyama S.**
Challenges of restoring an anterior maxillary tooth: The impact of fluorescence and the mock-up approach.
Quintessence international (Berlin, Germany : 1985). 2012;43:859-62.
30. **Lanoiselee E**
Enregistrement et transmission de la couleur en dentisterie. 2017.
31. **Della Bona A, Barrett AA, Rosa V, Pinzetta C.**
Visual and instrumental agreement in dental shade selection: Three distinct observer populations and shade matching protocols. 2008.
32. **Lasserre JF, Pineau S.**
Les méthodes de détermination de la couleur. 2008.
33. **Todorov R, Yordanov B, Peev T, Zlatev S.**
Shade guides used in the Dental Practice.
Journal of IMAB - Annual Proceeding (Scientific Papers). 2020;26:3168-73.
34. **Ceinos R, Bazos P, Tapia J.**
Determining color for the direct restorative approach. 2021.
35. **Paolone G, Orsini G, Manauta J, Devoto W, Putignano A.**
Composite shade guides and color matching.
The international journal of esthetic dentistry. 2014;9:164-82.
36. **Devoto W, Saracinelli M, Manauta J.**
Composite in everyday practice: How to choose the right material and simplify application techniques in the anterior teeth.
The European journal of esthetic dentistry: official journal of the European Academy of Esthetic Dentistry. 2010;5:102-24.
37. **Manauta J, Salat A, Putignano A, Devoto W, Paolone G, Hardan L.**
Stratification in anterior teeth using one dentine shade and a predefined thickness of enamel: a new concept in composite layering - Part II.
Tropical dental journal. 2014;37:5-16.
38. **Lehmann N.**
Les composites antérieurs en technique directe.
L'information Dentaire. 2019.

39. **Plard H, Lecerf J.**
La photographie en odontologie. 2018.
40. **Schropp L.**
Shade Matching Assisted by Digital Photography and Computer Software. Journal of Prosthodontics. 2009;18(3):235.
41. **Baydinir F, Gozalo D, Kim-Pusateri S, Wee A.**
Incisal Translucency of Vital Natural Unrestored Teeth: A Clinical Study. Journal of esthetic and restorative dentistry: official publication of the American Academy of Esthetic Dentistry. 2012;24:335-43.
42. **Chen H, Huang J, Dong X, Qian J, He J, Qu X, et al.**
A systematic review of visual and instrumental measurements for tooth shade matching. Quintessence international (Berlin, Germany : 1985). 2012;43:649-59.
43. **Rayplicker Handy Borea Dental.**
<https://borea-dental.com/produits/rayplicker-handy/>



SERMENT MEDICAL

En présence des Maîtres de cette Faculté, de mes chers condisciples, devant l'effigie d'HIPPOCRATE.

Je promets et je jure, d'être fidèle aux lois de l'honneur et de la probité dans l'exercice de la Médecine Dentaire.

Je donnerai mes soins à l'indigent et n'exigerai jamais un salaire au-dessus de mon travail, je ne participerai à aucun partage clandestin d'honoraires.

Je ne me laisserai pas influencer par la soif du gain ou la recherche de la gloire.

Admis dans l'intérieur des maisons, mes yeux ne verront pas ce qui s'y passe, ma langue taira les secrets qui me seront confiés et mon état ne servira pas à corrompre les mœurs ni à favoriser le crime.

Je ne permettrai pas que des considérations de religion, de nation, de race, de parti ou de classe sociale viennent s'interposer entre mon devoir et mon patient.

Même sous la menace, je n'admettrai pas de faire usage de mes connaissances médicales contre les lois de l'humanité.

J'informerai mes patients des décisions envisagées, de leurs raisons et de leurs conséquences. Je ne tromperai jamais leur confiance et n'exploiterai pas le pouvoir hérité des connaissances pour forcer les consciences.

Je préserverai l'indépendance nécessaire à l'accomplissement de ma mission. Je n'entreprendrai rien qui dépasse mes compétences. Je les entretiendrai et les perfectionnerai pour assurer au mieux les services qui me seront demandés.

Respectueux et reconnaissant envers mes Maîtres, je rendrai à leurs enfants l'instruction que j'ai reçue de leur père.

Que les hommes m'accordent leur estime si je suis fidèle à mes promesses.

Que je sois déshonoré et méprisé de mes confrères si j'y manque.

MOKEDDEM Hilel – Restaurations directes dans le secteur antérieur : choix de la couleur.

Th. : Chir. dent. : Marseille : Aix-Marseille Université : 2022

Rubrique de classement : Odontologie Restauratrice.

Résumé :

Notre première partie concerne les définitions de la couleur et de la lumière ainsi que leurs dimensions, termes capitaux pour pouvoir prétendre connaître la couleur dentaire. Notre deuxième partie détaille les caractéristiques colorimétriques de la dent naturelle qui sont uniques ainsi que l'interaction des tissus dentaires avec la lumière.

Enfin, notre troisième partie vient lister l'arsenal thérapeutique mis à disposition du chirurgien-dentiste afin de déterminer au mieux la couleur dentaire et d'optimiser le choix qui permettra d'obtenir une restauration des plus naturelles.

Mots-clés :

Odontologie restauratrice - couleur - mesure de teinte - teintier - lumière - choix instrumental.

MOKEDDEM Hilel – Direct restorations in the anterior sector: choice of color.

Abstract :

Our first part concerns the definitions of color and light as well as their dimensions, capital terms to be able to claim to know the dental color.

Our second part details the colorimetric characteristics of the natural tooth that are unique as well as the interaction of dental tissues with light.

Finally, our third part lists the therapeutic arsenal made available to the dentist in order to best determine the dental color and optimize the choice that will make possible to obtain the most natural restoration.

Keywords :

Restorative dentistry - color - shade matching - shade guide - light - instrumental shade identification.