

Les sept dimensions de la couleur des dents naturelles

Auteurs : Jean-François LASSERRE, Maître de Conférences des Universités, Bordeaux

Introduction

Le choix de la couleur des dents naturelles, communément appelé "choix de teinte", **intéresse peu la profession** qui se décharge bien souvent de cette étape sur le technicien du laboratoire de prothèse [1]. Il est en effet surprenant de voir que la plus part des cabinets dentaires du monde (65%) travaillent encore avec le teintier Vitapan® créé en 1956 (renommé Vita Classical® en 1995), alors qu'il existe depuis plusieurs années des systèmes innovants pour le choix de la couleur qui optimisent le choix visuel (teintier 3D Master® de Vita - caméra intra buccale Sopro 717® d'Actéon) ou qui permettent une mesure instrumentale objective par colorimétrie ou spectrophotométrie (easy shade® de Vita – Shade vision® de XRite – Shade scan® de Cynovad) [2,3,4].

Cependant aussi performant que puisse être le choix de la couleur des dents naturelles le **principal problème reste sa reproduction fidèle** au travers des techniques cosmétiques de laboratoires. La reproduction de la cartographie de couleur établie par le praticien est un véritable défi quand on connaît le grand nombre de variables intervenant sur le résultat coloré final lors de la mise en œuvre des matériaux esthétiques. La marque et la qualité de la céramique utilisée, l'épaisseur disponible pour la stratification, la technique de montage et de condensation et le nombre de cuissons de la céramique sont quelques un des nombreux facteurs qui influencent la couleur de la restauration [5,6,7]. Finalement les résultats restent très dépendant du sens artistique et l'expérience du prothésiste.

L'objectif de cet article est de montrer la complexité des problèmes théoriques liés à la couleur et de revoir la définition odontologique habituelle de la couleur. En effet la référence classique aux trois dimensions de la couleur définies dans le schéma de Munsell (luminosité saturation teinte) nous semble très insuffisante. Nous proposons une analyse des dents naturelles en sept dimensions structurales et optiques. Cette approche est directement en rapport avec les problèmes de l'élaboration prothétique qui dans notre profession appartient à la catégorie esthétique du « trompe l'œil ».

I Esthétique et couleurs

La couleur fait partie de notre quotidien, elle nous entoure, elle est la vie même, elle conditionne nos plaisirs, nos émotions et nos comportements sociaux. Un monde sans couleurs paraît mort. De manière plus générale notre représentation du monde extérieur est étroitement liée à l'acuité de nos sens. Ils nous permettent de percevoir la couleur mais aussi la forme la texture, la température, l'odeur et le goût des corps et des objets. Cette représentation est limitée par et à nos capacités sensorielles. Dans le règne animal les félins qui ont une acuité visuelle et une vision nocturne bien supérieures à l'homme, ne perçoivent par contre l'environnement que dans une tonalité monochromatique sépia ce qui leur donne une vision essentiellement en luminosité. La vision des couleurs est intimement liée à l'expérience et à l'éducation qui nous permettent d'interpréter les données sensorielles brutes. Comprendre la complexité des problèmes liés à la couleur ne peut se faire que dans une approche multidisciplinaire intéressant la physique corpusculaire et ondulatoire, les mathématiques, la psychophysiologie, la neurologie, la génétique et naturellement l'art.

Au-delà de l'analyse purement physique de la lumière, le problème esthétique des couleurs ne peut se concevoir que sous un triple point de vue [8]:

- ▶ Optique et sensible dans la connaissance de la physiologie de notre œil et de la perception psychosensorielle des couleurs,
- ▶ psychique dans les sentiments que les couleurs développent en nous en rapport avec leur symbolique,
- ▶ intellectuel et artistique dans la construction et l'utilisation des couleurs.

A- Approche optique et psychosensorielle de la couleur

La construction des couleurs repose sur un modèle tridimensionnel défini par trois couleurs fondamentales, encore appelées couleurs primaires à partir desquelles nous pouvons reconstituer toutes les autres couleurs. Ce mécanisme est de même nature que le principe de perception sensorielle de l'œil humain basé sur l'existence de trois types de cônes spécialisés dans la réception du rouge, du vert et du bleu. On parle de trivariance de la couleur et de vision trichromate. Le trichromatisme est à la base de la vision des couleurs. La définition des couleurs primaires diffère selon que la couleur est obtenue par le mélange d'émissions de rayons lumineux (synthèse additive) ou qu'elle résulte de la réflexion lumineuse sur des supports colorés ou de la transmission lumineuse au travers d'objets colorés (synthèse soustractive). On différencie ainsi les couleurs primaires additives des couleurs primaires soustractives.

1 La synthèse additive ou mode RVB

En 1676 le physicien Isaac Newton montre que la lumière solaire blanche peut être décomposée à l'aide d'un prisme dans les couleurs spectrales (Rouge Orange Jaune Vert Bleu Bleu foncé Violet) [8]. L'expérience traduit la nature ondulatoire et polychromatique de la lumière. La lumière est en effet constituée d'ondes électromagnétiques dont la partie visible par l'œil humain a des vibrations situées entre 400 (violet) et 700 (rouge) nanomètres. Les couleurs spectrales monochromatiques peuvent se recomposer selon les règles de la synthèse additive. Elle sert de principe à la création de la couleur sur

les écrans d'ordinateurs ou de télévisions. Les couleurs sont obtenues par le mélange de trois couleurs fondamentales, 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 donne le jaune, Le rouge et le bleu donne un rose violet appelé magenta, le bleu et le vert donne 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 secondaire 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 (fig.1).

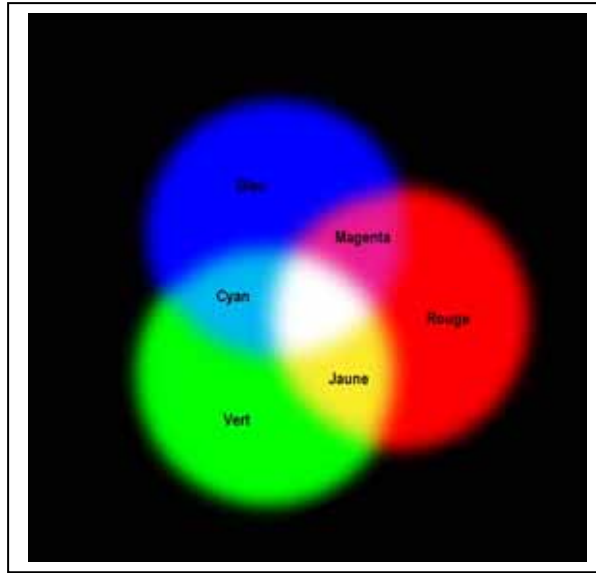


Fig.1 : Mode RVB. Principes de la synthèse additive obtenue par le mélange d'émissions lumineuses colorées. Couleurs primaires : Rouge Vert Bleu. Couleurs secondaires : Cyan Magenta Jaune. Le mélange RVB donne une lumière blanche.

Cependant, la compréhension de la synthèse additive ne nous aide pas dans la réalisation de la couleur des dents artificielles qui est obtenue par le mélange de pigments colorés dans la céramique (oxydes métalliques). La couleur perçue résulte de l'interaction de la lumière avec la dent et des phénomènes d'absorption et de réflexion lumineuse à sa surface. Elle obéit aux principes de la synthèse soustractive.

2 La synthèse soustractive par mélange de pigments ou mode JRB

Lorsque la lumière n'est plus seulement émise mais qu'elle entre en interaction avec la matière cette dernière du fait de sa composition moléculaire absorbe une partie du rayonnement incident. Les mécanismes des mélanges de couleurs d'absorption relèvent des lois de la soustraction d'où le terme de synthèse soustractive. L'opacité ou la transparence du corps joue un grand rôle dans l'effet coloré. Pour un objet opaque la couleur perçue par l'œil correspondra à la lumière résiduelle réfléchiée. Par exemple une cerise éclairée en lumière polychromatique blanche apparaît rouge parce qu'elle absorbe toutes les longueurs d'onde sauf le rouge. Lorsque l'on regarde un objet transparent ou translucide en contre-jour la couleur perçue correspond à la lumière résiduelle transmise. Par exemple un vitrail dans une église aura une couleur bleue s'il filtre toutes les lumières sauf le bleu (fig.2).

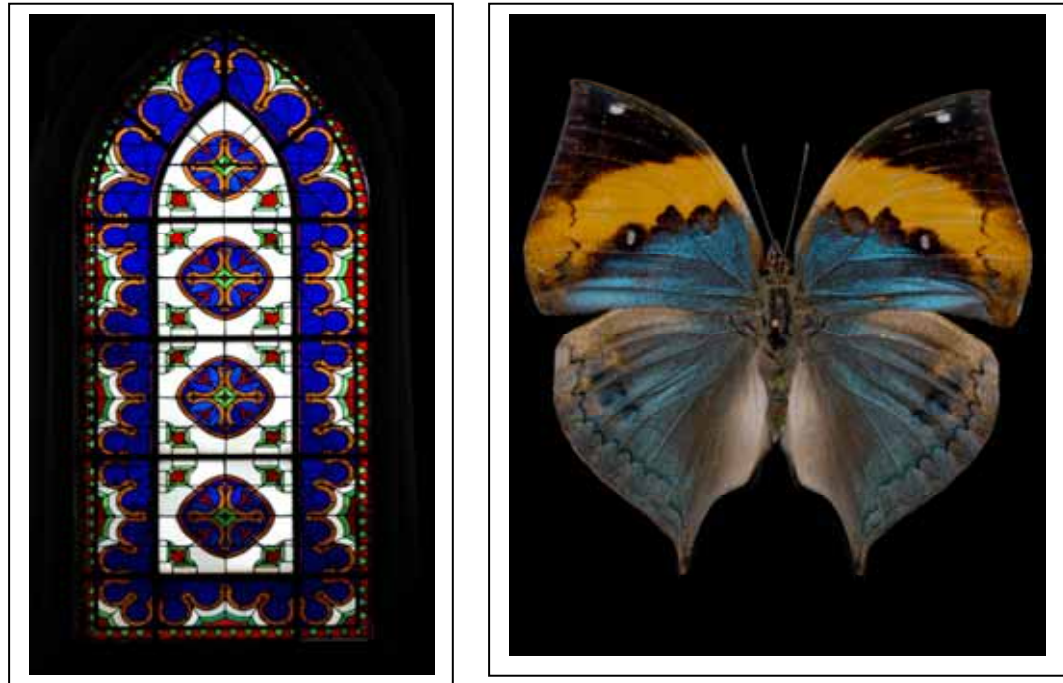


Fig.2 : Effets colorés en lumière transmise pour ce vitrail d'église et effets colorés en réflexion pour ce papillon feuille (kallima inachus) du Vietnam.

Pour illustrer ces deux modes de rendu coloré on peut rapprocher en photographie la diapositive (transmission) d'un tirage photographique sur papier (réflexion), ou en peinture l'utilisation d'aplats de couleurs couvrantes (réflexion) de l'utilisation des glaces colorés transparents (transmission). Pour les dents prothétiques les effets des dentines opaques (réflexion) s'opposent aux effets d'émail translucide (transmission). Les philosophes et scientifiques ont construit des concepts sur la couleur, citons l'important ouvrage, « traité des couleurs » de Goethe, publié dans ses œuvres scientifiques en 1883 [9]. Mais ce sont les peintres qui depuis toujours ont établi les lois des mélanges des couleurs pigmentaires basées sur l'observation de la nature et les formules de fabrication des couleurs. Johannes Itten, peintre et enseignant à l'école du Bauhaus, publia en 1960 un ouvrage pédagogique, « l'art de la couleur » qui reste encore incontournable dans le domaine [8]. Il peut servir de base pour la connaissance des harmonies colorées soustractives, connaissance qui est très utile dans l'exercice de l'Odontologie. Notre profession dans ce sens mérite bien dans son nom d' « Art dentaire ».

► Le cercle chromatique en douze parties

Le cercle chromatique permet d'ordonner et de comprendre la construction pigmentaire des couleurs. Il est construit à partir des trois couleurs primaires soustractives qui en peinture sont le jaune, le rouge et le bleu avec un niveau de pureté maximal. Le mélange deux à deux et en proportion égale des primaires permet d'obtenir les couleurs secondaires soustractives qui sont l'orangé, le vert et le violet (jaune+rouge=orangé, jaune+bleu=vert, rouge+bleu=violet). Le cercle périphérique permet de visualiser les couleurs tertiaires qui sont le jaune orangé, le rouge orangé, le rouge violet, le bleu violet, le bleu-vert et le jaune vert. Elles sont obtenues par le mélange des couleurs secondaires avec les couleurs primaires les plus proches. Dans le cercle les couleurs s'ordonnent de la même manière que les couleurs spectrales auxquelles il faut rajouter le pourpre qui est absent du spectre (fig.3). Les couleurs qui se font face sont dites complémentaires car leur mélange donne un gris noir de ton neutre. Les couleurs complémentaires s'avivent

lorsqu'on les rapproche mais leur mélange les détruit en donnant du gris alors qu'en lumières colorées les mélanges complémentaires donnent une lumière blanche. De la même manière le mélange des trois primaires soustractives ou des trois secondaires soustractives dans les bonnes proportions donne l'absence de couleur c'est-à-dire un ton gris noir neutre.

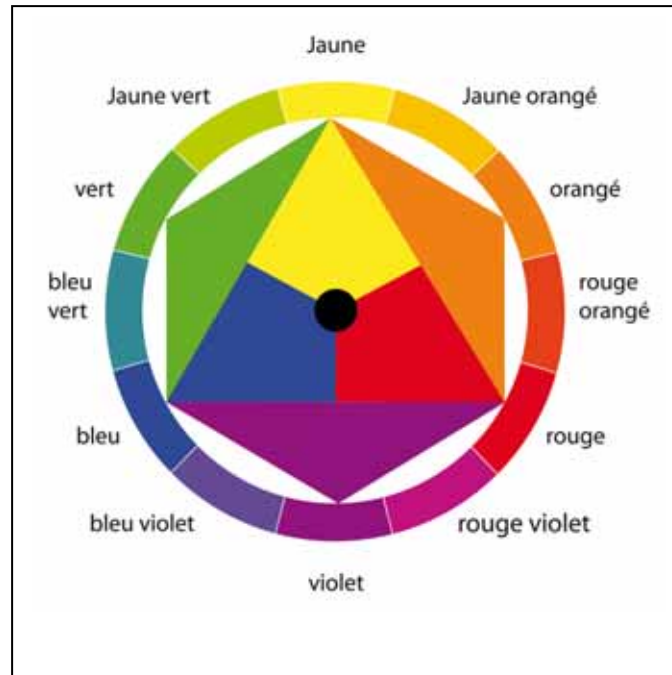


Fig.3 : Le cercle chromatique en 12 parties d'après J. Itten [8] construit à partir des trois primaires soustractives JRB.

► Harmonies colorées

Il existe un parallèle étonnant entre la peinture et la musique conduisant souvent à une même terminologie (rythme, accord, contraste, ton chaud et ton froid). Le point et le contre point musical s'apparente aux couleurs complémentaires en peinture. Certains peintres non figuratifs comme Paul Klee ont particulièrement illustré dans leur œuvre les correspondances musicales de la couleur. Pour Johannes Itten [8] l'harmonie signifie équilibre et symétrie des forces. Le contraste successif (persistance visuelle virtuelle de la couleur complémentaire après observation d'une couleur vive) et le contraste simultané (influence virtuelle d'une couleur vive sur les couleurs voisines dans le sens de la complémentarité) démontrent la nécessité pour l'œil d'équilibrer dans le cercle chromatique la couleur qu'il regarde. Tout se passe comme si l'œil sécrétait obligatoirement la complémentaire de la couleur observée. J. Itten parle du « principe de complémentarité » en expliquant que les couleurs ne sont harmonieuses que lorsque leur mélange donne un gris neutre qui crée dans l'œil et le cerveau un état d'équilibre parfait [8]. Le cercle chromatique peut servir de base à un schéma visualisant les accords colorés. De façon générale les paires de couleurs complémentaires reliées par une droite, les accords triples constitués par les couleurs situées au sommets de triangles isocèles ou équilatéraux, les accords à quatre tons donnés par un carré ou un rectangle et les accords à six tons donnés par un hexagone dans le cercle chromatique sont harmonieux (fig.4). Par exemple l'accord des trois primaires (jaune rouge bleu) reliées par le triangle isocèle, donne un accord puissant où chaque couleur a sa plénitude et où leur mélange donne un gris foncé. Ces figures géométriques peuvent être réalisées à partir de n'importe quelle couleur et on peut les faire tourner dans le cercle chromatique pour obtenir de

nouveaux accords colorés basés sur le principe de complémentarité (fig.4).

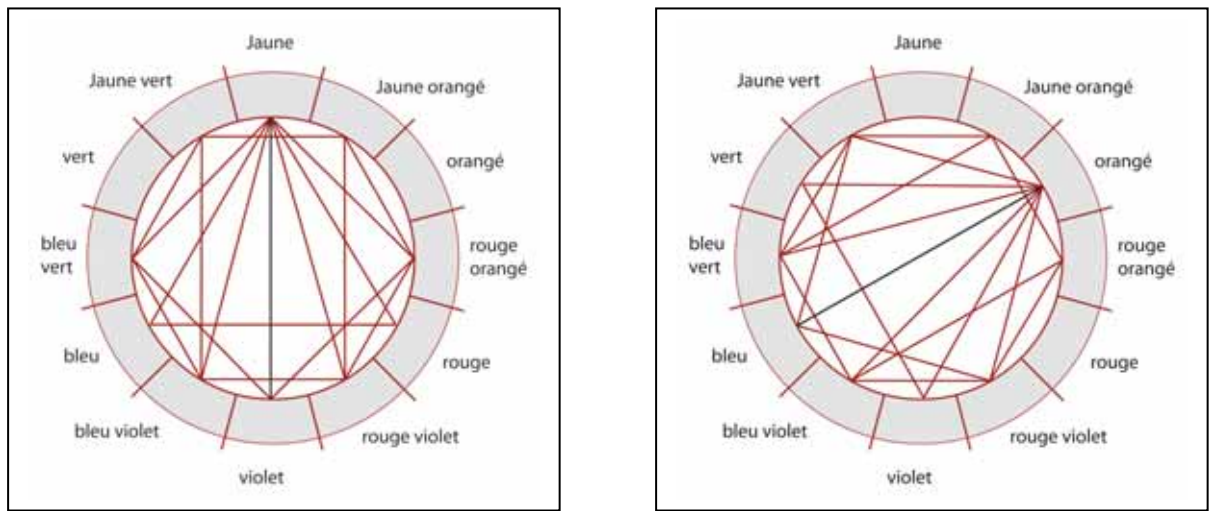


Fig.4 : Harmonie des accords de couleur suivant le principe de complémentarité. Les couleurs reliées par les figures géométriques donnent des accords harmonieux car leur mélange conduit au gris neutre. D'après J. Itten [8].

En peinture il existe cependant de nombreuses œuvres où la résultante des couleurs ne donne pas le gris neutre. Ces tableaux jouent alors volontairement sur le pouvoir subjectif expressif de la couleur et non plus sur la construction harmonieuse. Le choix d'une couleur dominante frappe l'imagination et développe le sentiment recherché par le peintre (fig.5).



Fig.5:Composition jaune, collection particulière, huile sur toile 110 x 85cm, J.F. Lasserre 1990. Même neutralisés par une grande touche de pigment bleu profond à droite, les jaunes et jaune orangés dominent cette composition abstraite qui évoque la plénitude, la joie et la puissance de la vie. La perspective colorée centrale et la composition en diagonale renforcent ce sentiment.

► Réalité des couleurs et effet coloré

Si chaque couleur a une réalité propre, physiquement définie par ses coordonnées trichromatiques (luminosité, saturation, tonalité chromatique), l'effet qu'elle produit est relatif et dépend de son environnement immédiat. Les couleurs voisines, leurs formes et leurs surfaces peuvent modifier la sensation colorée jusqu'à donner des effets opposés pour une même couleur. Les mécanismes de ces interactions qui modifient la réalité des couleurs relèvent principalement de sept contrastes : le contraste de la couleur en soi, le contraste clair/obscur, le contraste chaud/froid, le contraste des complémentaires, le contraste simultané, le contraste de qualité et le contraste de quantité que nous ne pouvons développer de manière détaillée dans cet article [8].

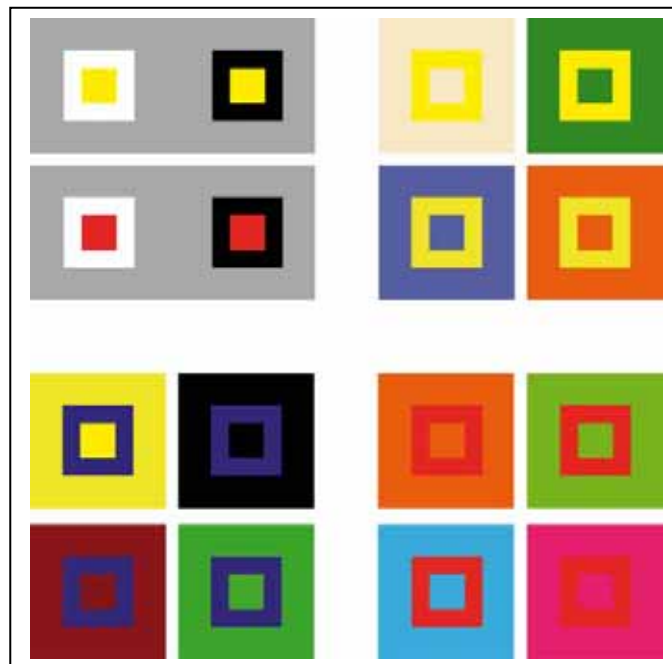


Fig.6 : Réalité des couleurs et effets colorés. Ces différentes compositions montrent les modifications que semblent subir le jaune, le rouge et le bleu lorsque l'on joue sur la nature du fond coloré. D'après J. Itten [8].

La figure 6 montre quelques effets colorés relatifs. Par exemple en haut à gauche le carré jaune placé sur un fond blanc paraît plus grand que lorsqu'il est placé sur un fond noir. C'est l'inverse pour le carré rouge qui paraît plus petit sur un fond blanc que sur un fond noir. En haut à droite un même jaune modifie son expression par contraste avec différentes couleurs : il perd sa luminosité et paraît terne lorsqu'il est placé sur un fond rose, il se renforce en chaleur lorsqu'il est placé sur un fond orangé, il brille sur un fond vert mais devient légèrement plus froid, enfin sur un fond violet le contraste des complémentaires donne toute sa puissance et sa plénitude au jaune sans déviation de tonalité. En bas à gauche le bleu paraît très sombre lorsqu'il est placé sur un fond jaune car le contraste clair/obscur lui fait perdre sa brillance. Lorsqu'il est placé sur un fond noir ce même bleu paraît lumineux, plus doux et plus clair. Sur un fond mauve le bleu est éteint, fade et sans force, alors que sur un fond vert froid le bleu semble enrichi en rouge

par contraste des complémentaires. Enfin le rouge orangé en bas à droite perd sa force et s'efface sur un fond orangé alors qu'il est d'une brillance extrême sur son complémentaire bleu turquoise. Sur le rose tyrien qui en comparaison du rouge est un ton froid, il paraît plus chaud par contraste chaud/froid et sur le vert jaune il brille mais avec une tonalité différente que sur le fond bleu turquoise. Ces quelques exemples nous montrent que chaque couleur peut subir des changements relatifs qui peuvent toucher sa tonalité chromatique, son degré de luminosité, sa saturation et l'évaluation des surfaces de taches colorées. Sans parler des dyschromatopsies (qui sont évoquées dans un autre article de ce numéro spécial couleur) les disposition individuelles pour percevoir ces interactions sont très variables.

3 La synthèse soustractive par mélange optique ou mode CMJ(N)

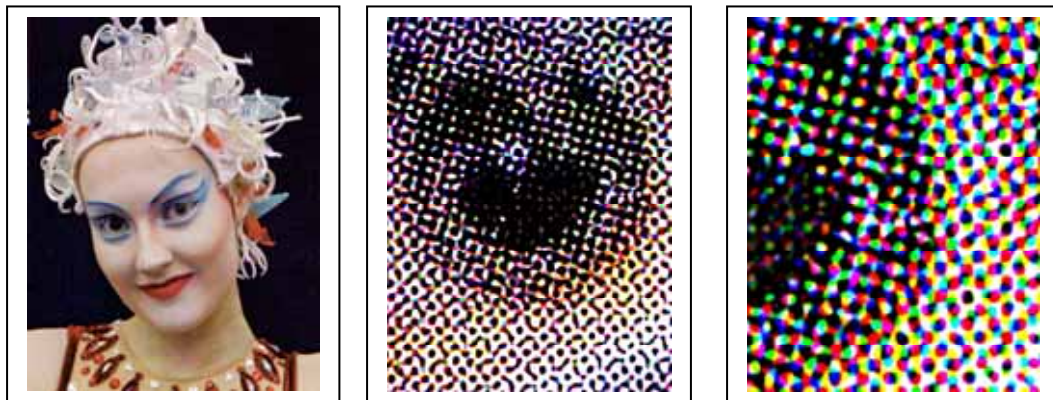


Fig.7 : quadrichromie d'imprimerie utilisant la juxtaposition ou la superposition de points de couleurs cyan, magenta, jaune et noir pour recomposer toutes les couleurs (Détail document du cirque du soleil spectacle 2007« alegria »).

Outre le mélange pigmentaire dont nous venons de parler dans le paragraphe précédent, un effet coloré uniforme peut être obtenu par juxtaposition de points de couleurs pures et lumineuses. Lorsque l'observateur est suffisamment éloigné ou lorsque la taille des touches de couleur est assez petites pour se situer en dessous du seuil de discrimination, l'œil réalise une recombinaison optique de ces points donnant un effet coloré continu. Ce principe est à la base des procédés d'imprimerie (impression offset) où la couleur est décomposée en points qui s'organisent en trames de couleurs séparées. Ces trames ne sont en général visibles que si l'on examine l'image à la loupe. On peut voir que le blanc du papier joue un rôle dans la combinaison des taches (fig.7). La quadrichromie est le procédé d'imprimerie le plus utilisé où l'on travaille avec quatre couleurs normalisées qui sont le cyan, le magenta, le jaune et le noir (CMJN). L'encre noire est rajoutée en remplacement du mélange des trois couleurs primaires d'imprimerie qui ne donnent pas un noir suffisamment pur pour la qualité des images. Elle constitue cependant un système approximatif de reproduction de la couleur. Une plus grande précision peut être obtenue en employant sept couleurs d'impression ou plus (procédé Pantone).

Un autre exemple de recombinaison optique de la couleur est donné par les techniques de tissage des tissus écossais. Le croisement de trames de fils de différentes couleurs crée dans les quadrillages du dessin des tonalités mixtes qui semblent uniformes [8].

B- Approche psychique et symbolique de la couleur

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. Goethe parle de « l'effet moral et sensuel des couleurs » [9], Johannes Itten de « l'expression des couleurs » par opposition à « l'impression des couleurs » qu'il associe aux phénomènes optiques et sensoriels [8].

Les couleurs ont une action réelle sur le psychisme et des conséquences physiologiques et physiques. J. Itten [8], 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 bleu vert avaient une sensation de froid dès 15 degrés. Une seconde expérience rapporte qu'un groupe de chevaux de course placé dans une écurie peinte en bleu se calme très rapidement après l'épreuve alors qu'un deuxième groupe placé dans une écurie dont les murs sont peints en rouge reste longtemps agité après l'effort. La couleur peut être exploitée pour son action psychique, on parle de chromothérapie.



Fig.8 : Le bleu est la couleur préférée des occidentaux. C'est la couleur de notre planète vue de l'espace. Le bleu est aérien, il évoque la paix, l'évasion, le rêve, la spiritualité et le divin. (Composition Symbiose avec photographies personnelles et du National geographic)

Les couleurs sont riches de symboliques mais leur interprétation dépend des époques, des cultures et des circonstances [10]. Par exemple dans nos sociétés occidentales le blanc est associé à la pureté, à l'honnêteté et à l'innocence, la robe de la mariée doit être blanche. Dans l'église catholique la blancheur papale symbolise le sommet de la hiérarchie sacerdotale. Par contre le noir est associé au deuil, à la menace, à l'autorité, il accompagne les cérémonies funéraires ». A l'opposé, en Chine traditionnelle les chinois s'habillent en blanc pour le deuil, cela signifiant qu'ils accompagnent le défunt au royaume de la pureté et des cieux. Les adages populaires illustrent la valeur symbolique du noir et du blanc « lancer un regard noir » « broyer du noir », « être blanc comme neige ». Le jaune est la plus lumineuse de toutes les couleurs. Il évoque le soleil, la lumière, la joie, le faste et la richesse. L'or a toujours été vénéré par les hommes. L'auréole dorée des saints représente la lumière céleste, de manière plus large le jaune est associé à l'intelligence et la science. Le jaune perd très vite son caractère pur et devient terne lorsqu'il est mélangé à d'autres couleurs même en quantité réduite. Il évoque alors

la fausseté, la jalousie, la maladie. On peut relever cette dimension négative dans l'expression « rire jaune » et « avoir le teint jaune ». Le rouge excite nos sens. C'est la couleur du sang, de la vie, de l'amour et de la passion. Offrir un bouquet de roses rouges est symbole d'amour. Mais le rouge évoque aussi la violence, le danger et les émotions fortes. Les guerriers portaient des vêtements rouges lors des combats. Les révolutions adoptent le rouge comme couleur de leur drapeau et de leurs traités comme l'illustre le « petit livre rouge » de Mao. Dans le langage courant on dit bien « y voir rouge », « être rouge de colère » ou « rougir de honte ». Le bleu est la couleur préférée des occidentaux (fig.8). Elle s'oppose au rouge. C'est la couleur de notre planète vue de l'espace. Le bleu est aérien, il évoque la fraîcheur, la paix, l'évasion et le rêve. C'est la couleur du ciel et des océans. Du point de vue spirituel il évoque la foi. Pour V. Kandinsky le bleu est une couleur typiquement divine [cité dans 11]. Le vert est la couleur du monde végétal. Il symbolise la fertilité, l'espérance et le repos. On dit parfois « avoir la main verte ». Lorsqu'il devient bleu vert ou vert foncé il possède une agressivité froide et violente. A l'opposé il est parfois associé à la peur comme en témoigne l'expression « être vert de peur ». Il évoque le monde des reptiles et des batraciens qui est souvent associé aux maléfices. Le violet est la couleur la plus sombre du cercle chromatique, symbole de noblesse, de vérité, de passion et de martyr. Dans l'église le pourpre est la couleur des cardinaux. Dans un autre sens il est associé au secret, à la superstition, à l'excès et à la démesure. Goethe disait « une lumière de cette couleur éclairant un paysage suggère l'horreur d'une fin du monde » [9]. L'orange est avec le rouge orangé la couleur la plus chaude et la plus rayonnante. Chez les moines bouddhistes il est utilisé dans la symbolique des robes et se place hiérarchiquement au dessus du blanc et du brun parce qu'il représente une couleur rare. Pour V. Kandinsky « l'orange chante comme une cloche d'église qui sonne l'angélus, ou un alto jouant un largo » [cité dans 11]. Il peut aussi exprimer le faste, l'orgueil et le luxe.

C- Approche intellectuelle et artistique de la couleur

Les possibilités infinies de composition et d'utilisation du pouvoir expressif des harmonies colorées font de la couleur un langage abstrait comme la musique ou l'écriture. Les artistes ont su de tout temps manier ce langage, dépasser la couleur captive du monde des objets pour en atteindre l'essence intime et cachée. L'art a évolué en fonction des époques et des cultures mais la couleur a toujours été au cœur des préoccupations artistiques humaines. Pour ne parler que succinctement de la peinture moderne, les impressionnistes par souci d'honnêteté travaillaient toujours sur le motif dans la nature. Ils observaient les effets de la lumière, sa décomposition, et la variabilité de la couleur intrinsèque des objets selon les heures du jour. Les cathédrales de Monnet illustrent ce souci de vérité. Les pointillistes comme Pissarro et Seurat composent eux aussi sur nature des paysages où les surfaces colorées sont constituées de la juxtaposition d'innombrables points de couleurs élémentaires. Ils sont les premiers à utiliser le principe de la composition optique de la couleur. Leurs tableaux ont une grande luminosité puisque ils évitent les mélanges pigmentaires. Leurs recherches sont contemporaines de l'apparition au niveau industriel des techniques d'imprimerie en quadrichromie qui repose sur le même principe. Paul Cézanne traite toute la toile comme une unité formelle et colorée. La couleur est posée en aplats rythmés et modulés, de tons chauds et froids, clairs et obscurs, éteints et lumineux. Il garde cependant une forme solide et épurée qui justifie qu'on le désigne parfois comme le précurseur du cubisme. Bonnard, merveilleux coloriste, peint des toiles entièrement fondées sur le contraste chaud/froid réalisés en petites touches juxtaposées et modulées. A l'opposé, le mouvement parisien Fauves, avec Matisse,

Derain et Vlaminck, retourne à des surfaces colorées simples lumineuses et non modulées, groupées de façon expressive dans des toiles figuratives percutantes. Le mouvement Cubiste donne la priorité à l'analyse et la décomposition de la forme en s'inspirant souvent des arts primitifs. La couleur passe au second plan. Picasso, Braque et Gris n'utilisent la couleur que comme valeur de clair/obscur et travaillent le modelé par gradation de tonalités. Leger dans ses grandes compositions industrielles intellectualise la couleur. Il sépare radicalement le dessin, avec son modelé des formes par dégradés de gris, de la couleur qui est toujours pure, souvent primaire et posées en grands aplats non modulés. Les expressionnistes comme Munch, Kirchner, Heckel, Nolde, et les peintres du groupe du Cavalier Bleu comme Kandinsky, Marc et Klee, s'attachent au contenu symbolique et spirituel de la couleur avec un goût prononcé pour le bleu qui est la couleur Divine. La peinture non figurative de « l'art concret » regroupe des peintres comme Delaunay, Malevitch, Arp, Mondrian ayant une abstraction en formes géométriques simples colorées avec les couleurs pures du spectre. Les artistes du Pop Art comme Polke et Lichtenstein exploitent à nouveau les effets du mélange optique et de la trame à point dans leurs œuvres figuratives, comme l'avaient fait au paravent les pointillistes. Certains artistes s'identifient à une couleur : la période bleue de Picasso, les tableaux noir de Reinhart ou les infimes variations du noir créent un monde imperceptible, les compositions gestuelles noires de Soulage, Les tableaux monochromes bleu outre-mer (IKB) de Klein. Toutes ces recherches picturales démontrent les infinies possibilités expressives de la couleur. Pour J. Itten « Quelque soit la façon dont la peinture se développera, la force d'expression des couleurs restera toujours un élément essentiel de la création artistique » [8].

II L'analyse tridimensionnelle de la couleur en odontologie

► Les coordonnées trichromatiques de la couleur

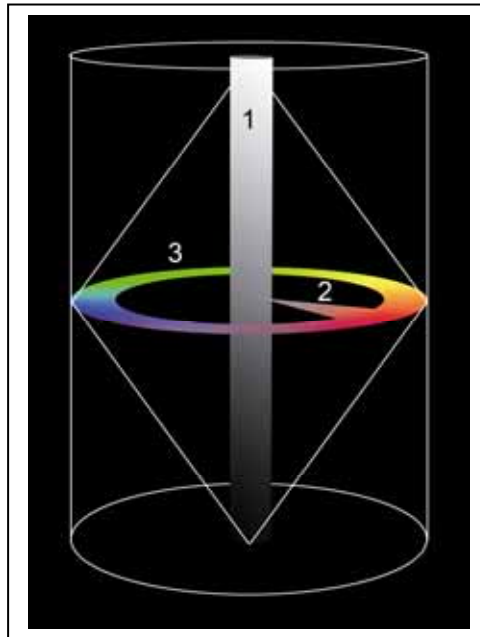


Fig.9 : Le schéma de Munsell permet de situer n'importe quelle couleur dans un espace chromatique tridimensionnel défini par la luminosité, la saturation et la teinte.

Les teintiers utilisés en Odontologie se réfèrent habituellement au système de Munsell [12]. Munsell est le premier à décrire en 1905 le caractère tridimensionnel de la couleur. Il situe n'importe quelle couleur dans un espace chromatique géométrique cylindrique. Chaque couleur est définie par trois coordonnées en rapport avec l'axe vertical ou axe blanc/noir qui définit dix degrés de luminosité, le rayon du cylindre qui définit sa saturation et le périmètre du cylindre qui définit les teintes ordonnées par niveau de luminosité. Luminosité, saturation et teinte constituent le système LST définissant physiquement toute couleur. En anglais on parle du système LCH (lightness-chroma-hue) [13,14].

● *La luminosité*

La luminosité est par ordre d'importance le premier facteur de réussite d'une dent prothétique. Elle se définit comme la quantité de blanc contenue dans une couleur ou de manière plus générale la quantité de lumière réfléchie. Son appréciation s'effectue mieux dans une ambiance lumineuse de faible intensité ou seuls les bâtonnets rétinien sont stimulés. Le teintier 3D de chez Vita® est le seul teintier conçu pour définir très vite et en premier le groupe d'appartenance de luminosité de la dent observée.

● *La saturation*

La saturation est la quantité de pigment pur contenue dans une couleur, on parle d'intensité ou de pureté de la teinte. Une couleur peut être dessaturée de deux manières : soit par adjonction de blanc ce qui éclaircit la couleur et donne un ton pastel ou rompu, soit par adjonction de noir ce qui rend la nuance terne, la couleur est alors dite rabattue. Tous les degrés de gris intermédiaires peuvent être utilisés pour dessaturer une couleur.

●La teinte

La teinte est aussi appelée tonalité chromatique, ton ou chromaticité de la couleur. La teinte caractérise la longueur d'onde dominante de la lumière réfléchiée par l'objet. Elle correspond aux différentes sensations colorées comme le rouge, le vert, le bleu ou le jaune. Elle est le facteur le moins important dans la réussite de la couleur des dents artificielles. Son évaluation a été simplifiée à l'extrême dans le teintier 3D de chez Vita®, puisque à partir des groupes M à dominante jaune orangés on peut s'orienter soit vers des tonalités plus jaunes, groupes L, soit vers des tonalités plus rouges, groupes R.

►L'espace chromatique des dents naturelles

L'espace chromatique des dents naturelles est fréquemment représenté dans une sphère appelée « sphère chromatique » (fig.10). Elle s'inspire du système de représentation des couleurs $L^*a^*b^*$ issu de la commission internationale de l'éclairage (CIE). En 1976 la CIE introduit le système de coordonnées $L^*a^*b^*$ qui définit un espace chromatique comparable à celui de Munsell où L^* représente l'axe vertical de luminosité et a^* et b^* définissent des coordonnées rectangulaires chromatiques dans lesquelles l'axe $[-a^*, +a^*]$ représente les variations du vert au rouge et l'axe $[-b^*, +b^*]$ les variations du bleu au jaune [15,16]. Les dents naturelles humaines occupent un volume en forme de rhomboïde. Cette zone est globalement haut située dans l'espace chromatique ce qui signifie que les dents naturelles sont très lumineuses et dessaturées. Cet espace s'étire en longueur le long de l'axe noir/blanc, ceci traduit des variations importantes de luminosité qui correspondent vers le haut aux dents jeunes et vers le bas aux dents âgées. Cet espace est étroit et se situe dans un cadran compris entre l'axe des jaunes ($+b^*$) et l'axe des rouges ($+a^*$), tout en étant plus proche de l'axe des jaunes, c'est à dire que la tonalité chromatique des dents naturelles est jaune/orangé. L'étroitesse du rhomboïde traduit les faibles variations de tonalité chromatique. Cette zone a une orientation oblique. Sa partie inférieure plus externe que sa partie supérieure traduit le fait que les dents sombres sont aussi plus saturées en teinte. En conclusion nous faisons référence à notre article récent des cahiers de prothèse sur le sujet [2]: « La couleur des dents naturelles se caractérise par une luminosité élevée et une tonalité chromatique jaune orangée très dessaturée. Le choix de la teinte des dents naturelles est un faux problème, toutes les dents étant jaune orangées avec des nuances plus jaunes, ou plus rouges suivant les cas. La luminosité reste toujours le facteur le plus important de la réussite esthétique. »

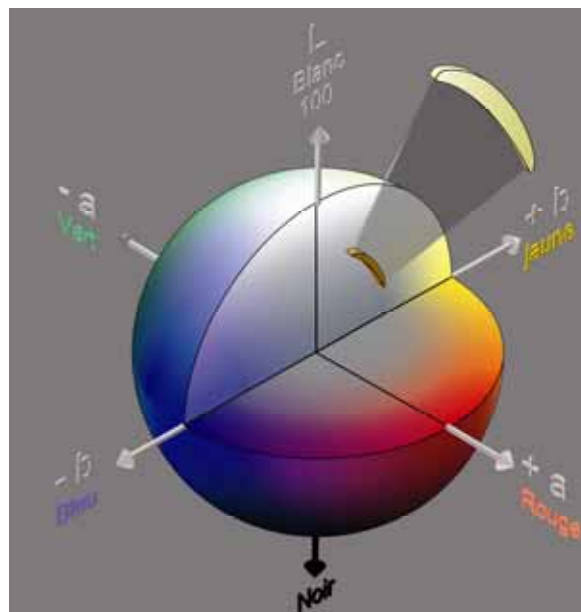


Fig.10: La sphère chromatique des couleurs visibles sert à définir l'espace chromatique des dents naturelles. Il adopte la forme d'un rhomboïde.

III Les sept dimensions de la couleur des dents naturelles

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 (exemple : carrosserie d'une voiture), 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: la stratification, la transparence et la translucidité, l'opalescence, la fluorescence, l'effet nacré, la texture de surface et les caractérisations.

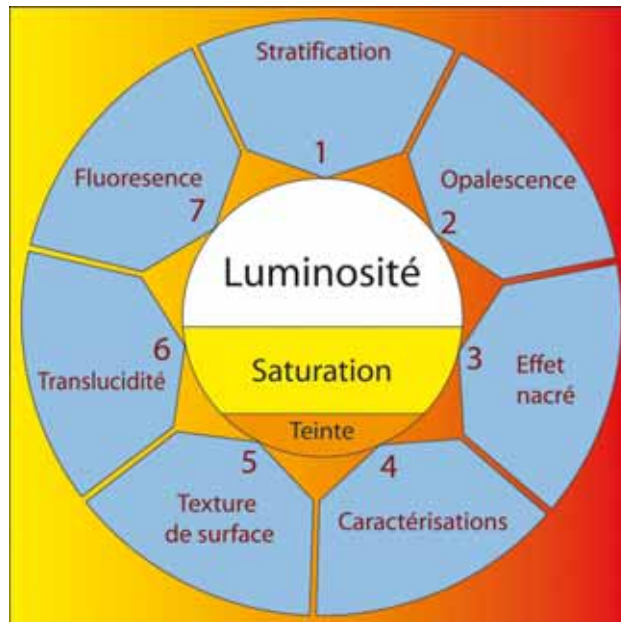


Fig.11: L'effet coloré d'une dent naturelle, au-delà de ses coordonnées trichromatiques dépend de sept facteurs optiques ou structurels.

► 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, plus nombreuses, absorbent les colorations exogènes. Du point de vue phylogénique les dents cuspidées humaines sont caractérisées par un émail épais en comparaison des grand singes (chimpanzé – orang-outan - gorille). Cet émail développe des effets de transparence et de translucidité propres à l'homme.



Fig.12: La stratification des dentines et de l'émail épais développe sur la dent humaine des effets combinés de réflexion et de transmission optique

► Transparence et translucidité

La translucidité ou la transparence d'un matériau traduit le fait qu'une partie (translucidité) ou que toute la lumière incidente (transparence) peut traverser le matériau. Plus une dent est translucide plus sa luminosité baisse car une grande partie de lumière pénètre dans la dent. La translucidité de la dentine est de 40% alors que celle de l'émail est de 70%. Yamamoto propose une classification des dents par rapport à la translucidité. Il décrit trois groupes de dents, le groupe A où la translucidité est répartie sur l'ensemble de la face vestibulaire, le groupe B où la translucidité est incisale et le groupe C où la translucidité est incisale et proximale [17]. La translucidité n'apparaît pas dans l'analyse de la couleur de Munsell alors qu'elle est un facteur très important dans le résultat final d'une restauration esthétique [14]. Les dents jeunes ont des effets translucides importants (fig.13a). Avec l'âge l'émail s'affine, la dent perd ses effets de transparence et sa saturation augmente car le noyau dentinaire a plus d'influences. Sur les coupes de dents naturelles on observe souvent sous l'émail une sous couche transparente. Elle est de nature dentinaire et permet à la lumière de mieux circuler sous la coque d'émail (fig.13b). Elle doit être reproduite sur les dents céramiques pour obtenir le même effet.



Fig.13: Une dent jeune à émail peu usé présente des effets translucides importants du bord incisif (13a). En coupe on observe une sous couche transparente de dentine scléreuse qui permet à la lumière de circuler sous la coque d'émail (13b).

► L'opalescence

L'opalescence 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 » [18] (fig.14a). 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.14b). La plus part des fabricants de céramiques proposent des poudres d'émails à effet opalescent.

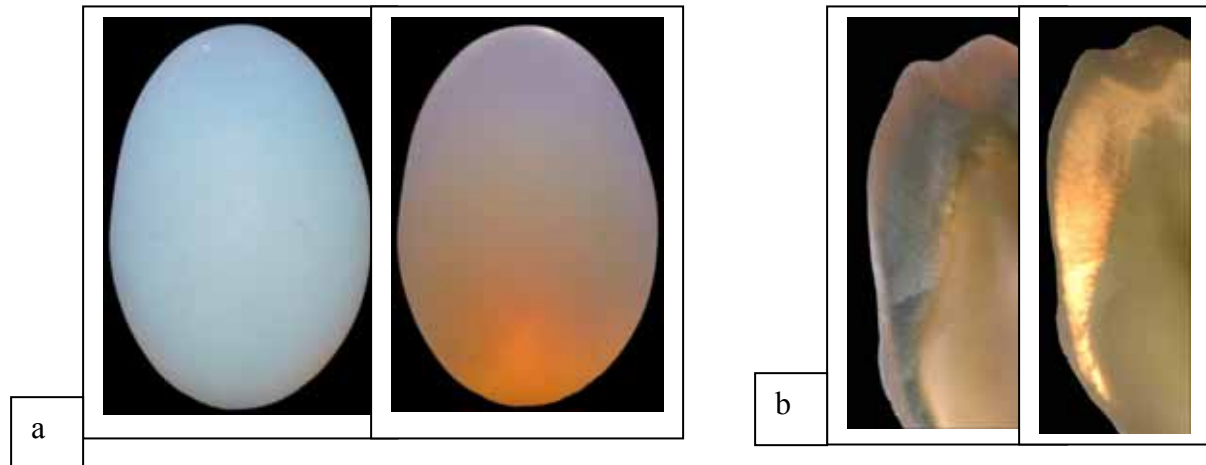


Fig14: La pierre opale est caractérisée par une couleur bleutée en réflexion lumineuse et rouge-orangée en transmission lumineuse (14a). Des coupes d'émail photographiées en réflexion et en transmission lumineuse montrent le même effet optique (14b).

► La fluorescence

La notion physique de fluorescence est la capacité d'un corps soumis à un rayonnement ultraviolet non visible de réémettre cette lumière dans une bande spectrale visible de longueur d'onde courte [18,19]. Les dents naturelles présentent une fluorescence nette blanc-bleutée (fig.15 et 16). La dentine est essentiellement responsable de cette propriété, plus elle vieillit plus elle perd son caractère fluorescent du fait de son hyper minéralisation [19]. 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 [18]. En lumière solaire riche en ultra-violets les dents naturelles subissent une illumination de leur corps uniquement liés au phénomène de fluorescence qui s'ajoute à la lumière visible déjà réfléchi. De ce fait les dents prothétiques qui manquent de fluorescence paraissent plus grises en lumière solaire qu'en lumière artificielle

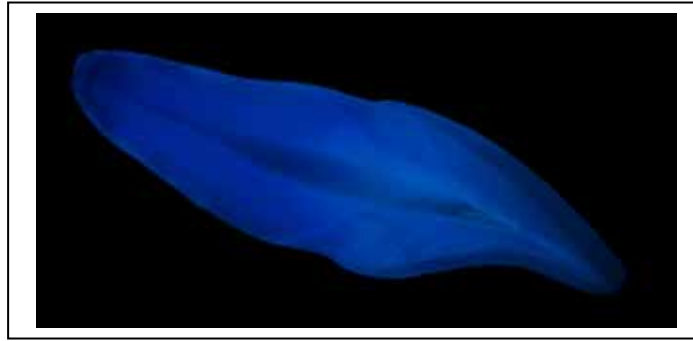


Fig15: Sur cette coupe d'incisive centrale éclairée en lumière ultraviolette on peut observer la fluorescence bleutée de la dentine. Elle est plus marquée au niveau de la dentine péri- pulpaire et des lignes bien visibles de croissance d'Owen. (Préparation et documentation Groupe SYMBIOSE).

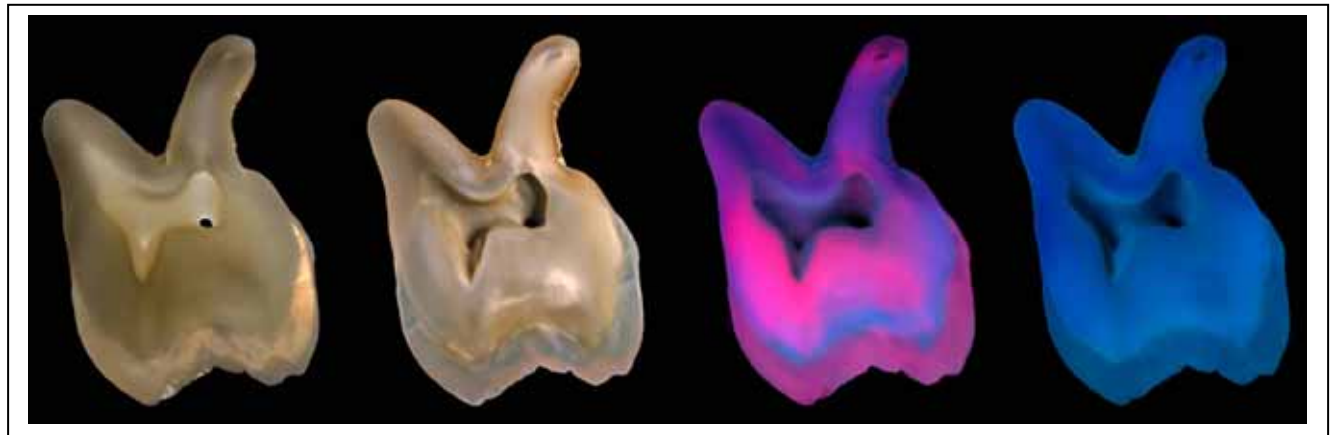


Fig16: Coupe d'une molaire sous différents éclairages qui révèlent le comportement optique et la structure des tissus durs de la dent. Elle est successivement photographiée en transmission lumineuse, en réflexion lumineuse, en éclairage ultraviolet non filtrée (lampe Iwasaki Electric Co 160W SB/E24 black lite), puis sous une lumière ultraviolette filtrée (tube Philips TLD 18W/O8 Holland). . (Préparation et documentation Groupe SYMBIOSE).

► L'effet nacré

L'effet nacré ou « pearl effect » selon Sieber [18] est un effet beaucoup plus anecdotique que les deux effets précédents qui sont fondamentaux pour la création de dents céramiques naturalistes. Il s'agit d'un effet de surface opaque et de forte brillance légèrement métallique comparable à la brillance de la nacre. Cet effet est parfois visible sur des dents jeunes en particulier sur des vues obliques indirectes (fig.17). Les fabricants de céramiques proposent des poudres spécifiques pour le « pearl effect ».



Fig17: L'effet nacré ou « pearl effect » selon Sieber est un effet de brillance métallique de surface comparable à celui de la nacre.

► La texture de surface

La texture de surface ou « micro géographie » des dents naturelles peut être très variable. Elle influence significativement la perception colorée dans la mesure où elle conditionne le flux lumineux réfléchi (réflexion spéculaire ou diffuse) et le flux lumineux transmis à la dent (absorption) [2]. Les dents jeunes ont un aspect riche en fossettes et en stries horizontales de croissances (périchématies). L'état de surface reste brillant même après avoir séché la dent. 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 » (fig.18). Cependant l'action des sodas (coca-cola), des jus d'agrumes (citron), les problèmes de reflux gastro-oesophagiens (RGO) ou de consommation de drogues, peuvent provoquer une altération précoce de l'état de surface. La texture de surface des dents doit être toujours marquée sur la fiche de communication avec le laboratoire de prothèse. Elle est en général bien visible sur des photographies numériques [20,21].

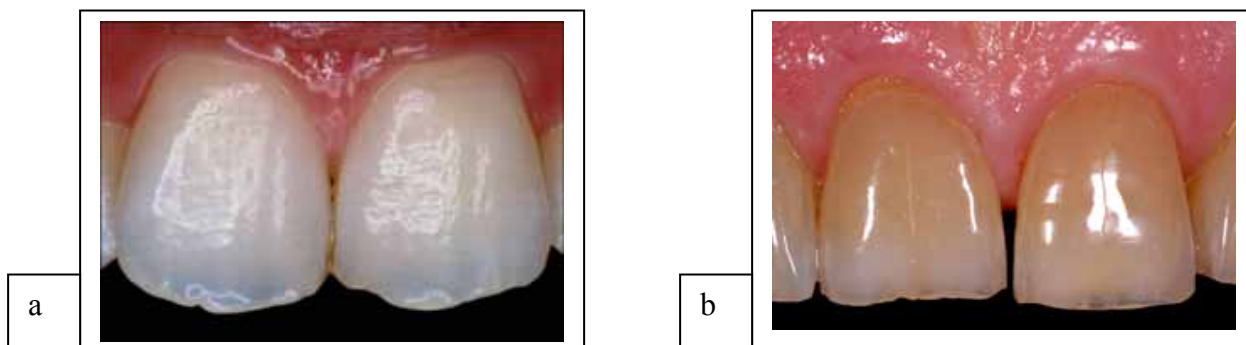


Fig18 : Dents d'un patient jeune, âgé de 25 ans, caractérisées par une micro géographie de surface riche en fossettes et stries (18 a). Dents d'un patient âgé de 80 ans avec un aspect de surface lisse et émoussé caractéristique de l'usure abrasive (18 b).

► Les caractérisations

Les caractérisations sont des aspects colorés particuliers et localisés, acquis ou structurels, des dents naturelles. Il peut s'agir des taches blanches opaques de déminéralisation, de taches d'hyper fluoroses (fig19a), d'effets nuageux et laiteux de surface fréquents sur les dents jeunes, de fissures de l'émail claires ou infiltrées, de colorations dorées de la lame dentinaire visibles en transparence ou des infiltrations caramel, chocolat ou jaune d'or des sillons des tables occlusales des molaires et prémolaires (fig.19b). Une photographie numérique est bien souvent, là aussi, le meilleur moyen pour communiquer ces détails au prothésiste [21]. Les patients étant peu demandeurs de taches ou de marques de vieillissement, il vaudra mieux leur parler, pour évoquer les caractérisations, de « grains de beauté » de leurs dents.



Fig 19: Caractérisation blanche d'hyper fluorose sur ces faces vestibulaires d'incisives (19 a). Infiltrations des sillons occlusaux de cette molaire en tons chocolat et jaune d'or (19 b).

Conclusion

Le choix de la couleur des dents naturelles dépasse largement la définition d'une teinte de base prise dans le tiers moyen de la dent de référence. Elle dépasse aussi largement l'analyse tridimensionnelle de la couleur dont la luminosité, la saturation et la tonalité chromatique sont les bases colorimétriques. La couleur se développe en profondeur, intimement reflétant la structure stratifiée hétérogène de la dent naturelle. Ce sont les sept autres dimensions que nous venons d'exposer : la stratification, la translucidité, l'opalescence, la fluorescence, l'effet nacré, la texture de surface et les caractérisations, qui sont déterminantes pour arriver à une description parfaite du naturel.

L'analyse et la communication de la couleur des dents ont énormément progressée avec la mise au point de teintiers intégrant l'analyse 3D (3D Master® de Vita), de cameras intrabucales performantes (Sopro 717 ®d'Acteon), et avec l'apparition de spectrophotomètres et de colorimètres qui permettent un choix objectif de la couleur [22,23]. Nous sommes aujourd'hui parfaitement capables, grâce aux logiciels de communication mis au point avec ces nouveaux instruments, de transmettre tous les détails de la dent à reproduire.

Cependant les principaux problèmes restent l'interprétation et la reproduction de la couleur au laboratoire, totalement liées à l'expérience et au sens artistique du prothésiste. Nos deux métiers, fondamentalement complémentaires, nécessitent de cultiver nos aptitudes artistiques, et en particulier dans le domaine si passionnant de la couleur.

Bibliographie

1. **Gambade S, Lasserre JF, Chevalier JM.** Enquête auprès de prothésistes dentaires sur la communication cabinet/laboratoire. Stratégie prothétique 2006; 6(1):47-54.
2. **Lasserre JF, Pop IS, d’Incau E.** La couleur en Odontologie : déterminations visuelles et instrumentales 1^{ère} partie. Cah. Prothèse 2006;(135):25-39.
3. **Pop IS, Lasserre JF, d’Incau E.** Détermination de la couleur à l’aide de la caméra Sopro 717®. 2^{ème} partie : étude comparative. Cah. Prothèse 2006;(135):41-50.
4. **Ortet S, Humeau A, Monleau JD, Lucci D, Etienne JM, Faucher AL.** Le relevé de couleur : techniques avancées, partie I. Information Dentaire 2005;9(32):1929-1933.
5. **Miller LL.** Shade selection. J Esthet Dent 1994;6:47-60.
6. **Dozic A, Kleverlaan JC, Meegds M, Van der Zel J, Feilzer AJ.** The influence of porcelain layer on the final shade of ceramic restorations. J Prosth Dent 2003;90:563-70.
7. **Seghi RR, Johnston WM, O’Brien WJ.** Spectrophotometric analysis of color differences between porcelain systems. J Prosth Dent 1986;56(1):35-40.
8. **Itten J.** Art de la Couleur. Edition abrégée. Dessain et Torla, edit. 2003 ;95p.
9. **Goethe.** Traité des couleurs. Triades Editions. Paris 1973 ;300p.
10. **Picard G.** Couleurs et dyschromatopsies en Odontologie, méthode d’évaluation des dyschromatopsies chez le chirurgien-dentiste. Thèse Université Bordeaux 2 n° 19 ; 2006 ;169 p.
11. **Jennings S.** Couleur, manuel pratique pour l’artiste. Dessain et Torla, edit. 2005 ;192p.
12. **Munsell AH.** A Grammar of Color. New York: Van Nostrand Dreinhold,1969.
13. **Ahmad I.** Three-dimensional shade analysis: perspectives of color – Part I. Pract Periodont Aesthet Dent.1999;11(7):789-796.
14. **Chu SJ, Devigus A, Micleszko A.** Fundamentals of color: Shade matching and communication in esthetic dentistry. Tokyo, Quintessence Publishing Co, edit 2004.
15. **Le Denmat D, Nguyen T, Bonifay P.** La couleur en odontologie : caractéristiques objectives. Cah Prothèse 1979;57:49-72.
16. **Baltzer A, Kaufmann-Jinoian V .** La définition des teintes de dent, basics. Quintessenz Zahntechnik 2004;30(7):726-740.
17. **Yamamoto M.** Metal ceramics. Chicago, Quintessence Publishing Co, edit 1985.
18. **Sieber C.** Motivation. Vita Siggset print & media AG, édit 2005.
19. **Tervil B.** Les aides numériques au choix de la teinte. Alternatives 2005;28:57-65.
20. **Lasserre JF, Leriche MA.** L’illusion du naturel en prothèse fixée. Cah Prothèse 1999;108:7-21.
21. **Lasserre JF, Sous M, Leriche MA.** Les moyens de communication entre praticien, patient et prothésiste. Cah Prothèse: 1999;10875-82.
22. **Miller LL.** Shade matching. J Esthet Dent1993;5:143-153.
23. **Sproull RC.** Colour matching in dentistry. Part III. Colour control. J Prosth Dent 1974;31(2):146-154.