

COMMENT J'EXPLORE ...

la carnation de la peau par une approche analytique

C. PIÉRARD-FRANCHIMONT (1, 2), T. HERMANS-LÉ (3, 4), G.E. PIÉRARD (5, 6), S.L. PIÉRARD (7)

RÉSUMÉ : La couleur de la peau est importante, à la fois, pour des considérations relationnelles interindividuelles et pour l'estimation de certains aspects de la physiopathologie. Son évaluation subjective est variable selon les observateurs et l'éclairage. En revanche, une approche objective qualitative et quantitative par des mesures analytiques est disponible depuis quelques années. Son application dans un environnement clinique est réalisable en routine. Les aspects dépendent nettement des longueurs d'onde de la lumière incidente. C'est ainsi que de nombreuses affections cutanées, mais également les icères, les urémies, les anémies, et l'hémochromatose, parmi diverses autres pathologies internes, sont évaluées objectivement par des variations de la couleur cutanée.

MOTS-CLÉS : *Colorimétrie - Vascularisation - Mélanisation - Chromophore - Spectrophotométrie - Imagerie par fluorescence*

HOW I EXPLORE... SKIN COMPLEXION

BY ANALYTICAL APPROACH

SUMMARY : Skin colour is important for interindividual relationships considerations, as well as for the assessment of some physiopathological aspects. Its subjective assessments varies among observers and according to light. By contrast, an objective approach, both qualitative and quantitative by analytical measurements, has been available for some years. Its application in routine clinical settings is possible. The aspects are dependent on the incident light wavelengths. Accordingly, a series of skin diseases, but also icterus, uremia, anemia and hemochromatosis are possibly assessed in the field of internal medicine according to variations of skin colors.

KEYWORDS : *Colorimetry - Vascularisation - Melanin - Chromophore - Spectrophotometry - Fluorescence imaging*

INTRODUCTION AUX MÉTHODES ANALYTIQUES

Quand la dermatologie et la dermatopathologie vivaient à l'ère descriptive, il y a une centaine d'années, on voyait avec les yeux. Par après, ces disciplines se sont converties à une perception «synthétique» en regardant et interprétant avec les yeux et le cerveau. Plus récemment, l'approche analytique a fait son chemin chez d'aucuns. La subjectivité n'était plus de mise. Il fallait compter et mesurer ce qu'il était possible d'évaluer. Tous ne sont cependant pas convaincus par ces avancées, et ils restent ancrés aux modes descriptifs ou synthétiques. Pour les adeptes du mode analytique, cette persistance des modes d'antan d'observation subjective est devenue désuète et source d'inadéquations à la réalité clinique. Cet article est centré sur l'approche analytique des couleurs de la peau.

LES COULEURS DANS LA NATURE

Une couleur naturelle résulte de la transformation de la lumière blanche en une variété de lumières colorées suite à des interactions avec la matière. La nature de la lumière incidente, celle de la matière et la fonction du récepteur, c'est-à-dire l'œil et le cerveau, influencent la perception des couleurs.

La couleur, en pratique clinique, est une perception sensorielle qui est restée purement subjective jusqu'à ces dernières décennies. Ses nuances sont souvent appréciées différemment selon les observateurs. Elles varient également pour un observateur selon la nature et l'intensité de la lumière ambiante. En dermatologie en particulier, l'examen clinique était considéré plus fiable en lumière naturelle qu'en lumière artificielle.

L'œil humain perçoit les radiations électromagnétiques d'une longueur d'onde comprise entre environ 380 et 700 nm. La vision de la couleur est trichromatique combinant la perception du bleu, du rouge et vert. C'est l'ensemble de ces trois stimuli qui permet de distinguer une palette de plusieurs centaines de teintes différentes (Fig. 1). Il existe de grandes différences de perception physiologique des couleurs entre différentes espèces animales et l'Homme. Cette affirmation repose sur la constatation de différences majeures des récepteurs de la couleur au niveau de la rétine. Dans le domaine de la pathologie, le daltonisme est l'exemple typique d'une anomalie génétique de la perception de certaines couleurs.

(1) Professeur adjoint, (2) Chef de Service, Service de Dermatologie, CHR hutois, Huy.

(3) Maître de Conférence, Consultant Expert Clinique, (4) Dermatologue, Unité de Dermatologie, Centre de Diagnostic, Verviers.

(5) Professeur invité, Laboratoire de Bioingénierie et d'Imagerie cutanée, Service de Dermatopathologie, CHU de Liège et Université de Liège

(6) Professeur honoraire, Université de Franche-Comté, Besançon.

(7) Ingénieur doctorant, Laboratoire INTEL SIG, Institut Montéfiore, Université de Liège.

Sur le plan de la physique, une couleur résulte de la combinaison de l'absorption et de la diffraction de la lumière. L'absorption transforme certaines longueurs d'onde de la lumière incidente en une autre forme d'énergie (Fig. 2). La diffraction et ses variantes, appelées réflexion et réfraction, modifient le trajet et parfois décomposent le spectre lumineux.

Au-delà de ces principes de base, la compréhension de tous les phénomènes physiques influençant les couleurs continue d'être imparfaite. Il reste évident que la taille des particules éclairées est un facteur important déterminant leur couleur. Cependant, certaines observations des couleurs dans la nature ne sont pas expliquées de manière satisfaisante (1). A titre d'exemple, citons la diffraction moléculaire qui a été offerte comme explication commune à la couleur bleue du ciel et des glaciers. Elle ne résiste cependant pas à une analyse critique du phénomène. En effet, l'intensité du bleu diminue du zénith à l'horizon, avec l'accroissement de l'épaisseur de l'atmosphère. Pour la glace, l'effet est inverse, car la couleur bleue s'intensifie dans les profondeurs des crevasses des glaciers.

DIFFRACTION DE LA LUMIÈRE

Une couleur naturelle résulte de la transformation ou non de la lumière blanche en une lumière colorée suite à l'interaction avec la matière. La nature du spectre lumineux incident, celle de la matière éclairée et la précision fonctionnelle du récepteur, c'est-à-dire l'œil et le cerveau, influencent la perception des couleurs.

Par le phénomène de diffraction, la lumière modifie sa direction sans changer son spectre de longueurs d'onde. Ceci est dû à la présence de particules non absorbantes et d'interfaces entre des milieux de natures différentes. Au niveau de l'épiderme, la diffraction est principalement due à l'interface entre les cornéocytes et l'air ainsi qu'aux grains de kératohyaline. La diffraction est également la propriété optique dominante des fibres du derme. Elle augmente le trajet à parcourir par les photons avant d'être absorbés. Le phénomène est d'autant plus marqué que les longueurs d'onde sont courtes, en particulier pour la lumière ultraviolette (2-5).

Compte tenu de la localisation des chromophores et des caractéristiques de la diffraction intradermique, la transmission de la lumière

dans la peau est plus profonde pour la lumière de grande longueur d'onde.

CHROMOPHORES CUTANÉS

La couleur de la peau dépend en grande partie de la combinaison de molécules et de particules appelées chromophores qui absorbent certaines longueurs d'onde de la lumière. Trois types principaux de chromophores sont habituellement reconnus dans l'épiderme. Les deux premiers sont l'eumélanine et la phaeomélanine, qui sont présentes dans les mélanocytes et les kératinocytes, et sont respectivement brun foncé et jaunâtre à rouge brunâtre. Ils ont un large spectre d'absorption dans la lumière visible et ultraviolette. Le troisième type de chromophore épidermique regroupe les caroténoïdes qui sont des lipides d'origine exogène et qui ont une teinte jaunâtre. Ils peuvent, en certaines circonstances de surcharge, s'accumuler en abondance dans la couche cornée.

La biologie moléculaire a permis de déceler des mutations géniques contrôlant la pigmentation mélanique. Ces recherches ont identifié de nouveaux gènes caractérisés par leur structure et leurs régions régulatrices, permettant ainsi une meilleure connaissance de la biologie de la mélanogénèse. Les gènes responsables de plusieurs génodermatoses pigmentaires incluant le piébalisme, le syndrome de Waardenburg, les diverses formes cliniques de l'albinisme oculo-cutané et des syndromes rares comme celui d'Hermansky-Pudlak ont été récemment identifiés, de même que des gènes-candidats pour d'autres affections modifiant la pigmentation. Le clonage et le séquençage des gènes qui contrôlent l'eumélanogénèse et la phéomélanogénèse (le gène *agouti* et le gène du récepteur de la MSH) permettent de mieux comprendre ces processus. La caractérisation de ces gènes permettra vraisemblablement d'étudier avec une précision accrue les bases moléculaires des phototypes chez l'Homme.

Il est maintenant établi que la tyrosinase n'est pas le seul facteur régulateur de la mélanogénèse. D'autres protéines, telles que les «tyrosinase-related protein» I et II jouent un rôle important dans la régulation des étapes terminales de la mélanogénèse.

Le mélanocyte a été pendant très longtemps considéré comme une cellule très spécialisée dont la fonction unique était de produire des mélanines. Les travaux récents fournissent de nombreux arguments qui permettent de

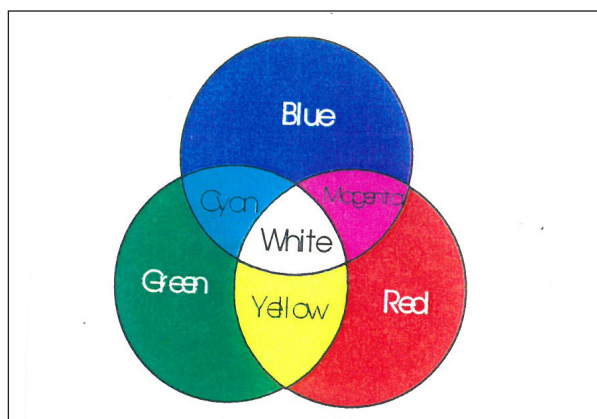


Figure 1. Effet additif des couleurs primaires

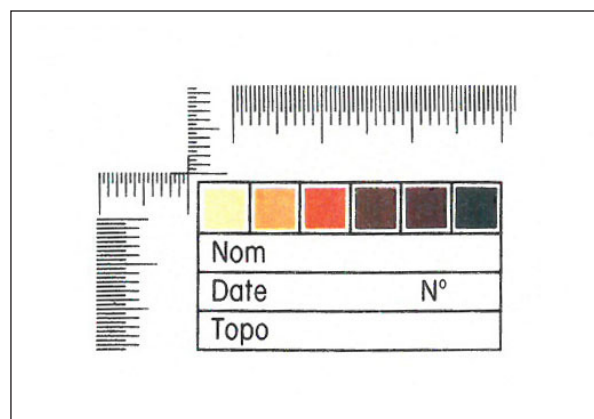


Figure 4. Melanotest

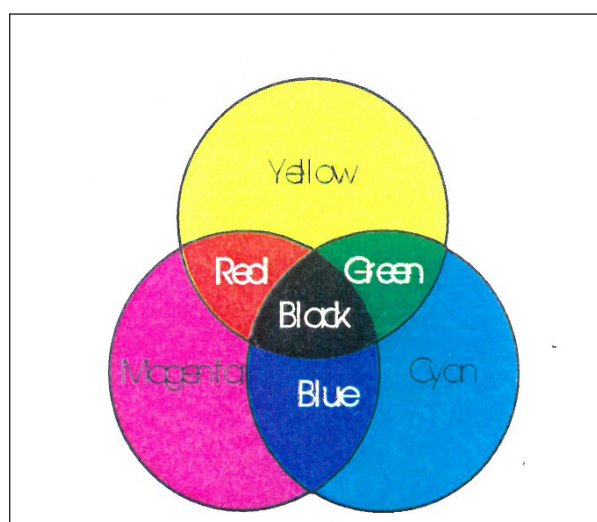


Figure 2. Effet soustractif par absorption des couleurs

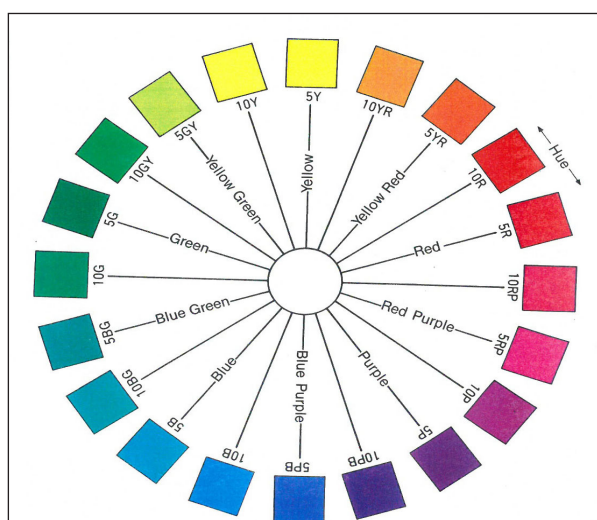


Figure 3. Echelle des couleurs de Munsell

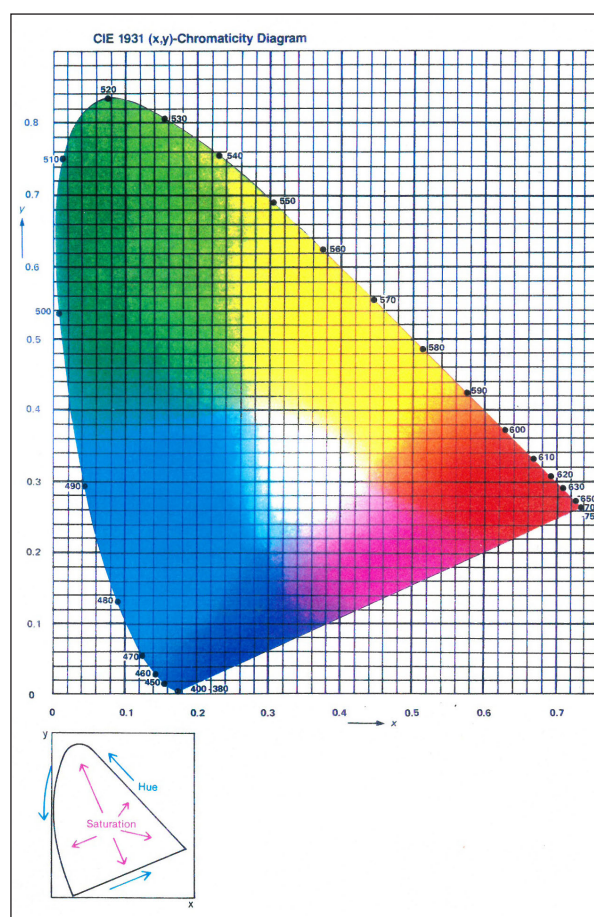
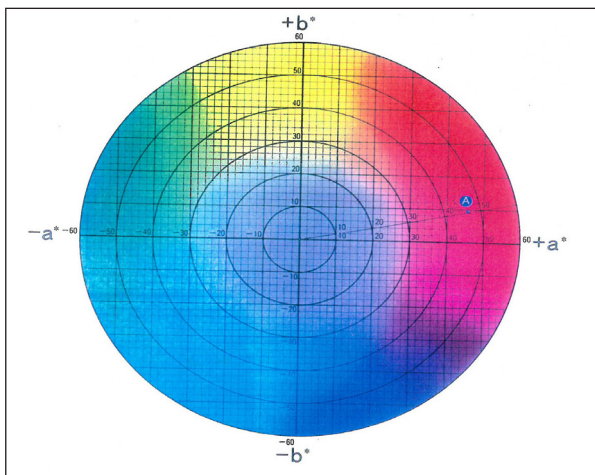
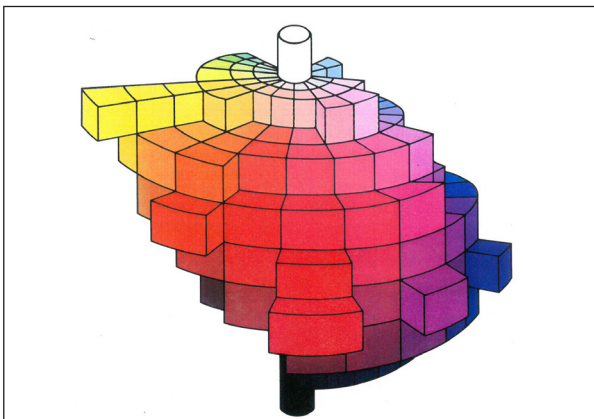


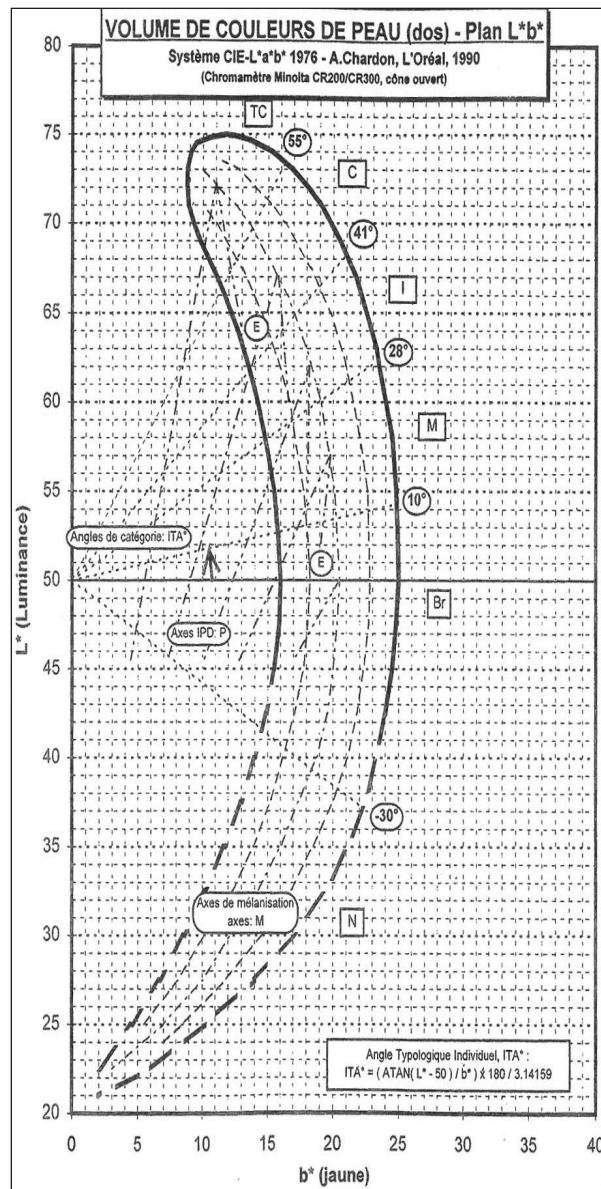
Figure 5. Diagramme des couleurs dans le système d'évaluation CIE 1931 Yxy

considérer le mélanocyte comme une cellule à activités sécrétoires multiples, suggérant qu'il intervient dans des processus très différents de la mélanogénèse. Le mélanocyte est, en effet, capable de synthétiser de nombreux constituants biologiquement actifs parmi

Figure 6. Disque des couleurs dans le plan $a^* \wedge b^*$ Figure 7. Représentation tridimensionnelle des couleurs selon les principes de la colorimétrie dans le système CIE $L^* a^* b^*$

lesquels, des facteurs de croissance et des cytokines. Certains résultats suggèrent même que le mélanocyte serait un participant très actif dans le système immunitaire de la peau. Les conséquences de ces découvertes en biologie moléculaire permettent également de mieux comprendre la pathogénie d'un certain nombre de maladies acquises de la pigmentation, telles que le mélasma, le vitiligo, les troubles pigmentaires post-inflammatoires, et les anomalies pigmentaires de l'héliodermie.

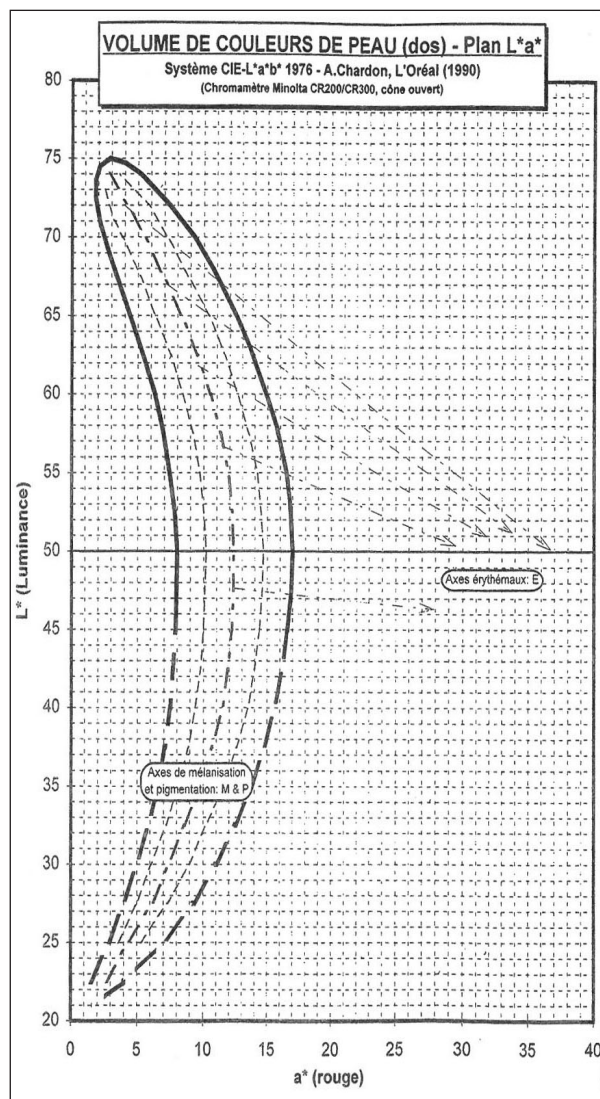
Trois chromophores sont présents dans les vaisseaux sanguins. L'oxyhémoglobine est rouge vif alors que l'hémoglobine réduite apparaît rouge bleuâtre. La bilirubine a une teinte jaune (6). De plus, les mélanocytes, des naevocytes et des mélanophages qui sont parfois présents dans le stroma conjonctif renferment, en quantités variables, les chromophores méla-

Figure 8. Projection du volume des couleurs de la peau dans le plan $L^* \wedge b^*$

niques identiques à ceux de l'épiderme. Les autres chromophores cutanés d'importance mineure incluent les bases purine et pyrimidine, la phénylalanine, la tyrosine, le tryptophane, la cystéine, l'acide urocanique, les porphyrines, la riboflavine et divers stéroïdes.

ECHELLES VISUELLES COMPARATIVES DES COULEURS

L'évaluation visuelle et la description des couleurs sont sujettes à une grande variabilité interindividuelle. Quelques méthodes visant à une meilleure objectivation sont disponibles. En utilisant des supports colorés de référence, il est possible de réduire sensiblement la variabi-

Figure 9. Projection du volume des couleurs de la peau dans le plan L^*A^*

lité interindividuelle de l'appréciation des couleurs. Le système le plus employé est l'échelle des couleurs de Munsell (Fig. 3). Cependant, l'échelle de Munsell n'est pas adaptée aux nuances de la couleur de la peau. On lui substitue d'autres gammes de teintes. Un exemple est celui du Melanotest® (Roche) proposant 6 couleurs de référence dans l'évaluation des tumeurs pigmentaires (Fig. 4).

SPECTROPHOTOMÉTRIE

A l'opposé de l'appréciation subjective et parfois aléatoire de la couleur par l'œil, la colorimétrie instrumentale permet de mieux la définir et de la quantifier avec précision. La spectrophotométrie analyse différentes longueurs d'onde de la lumière. En pratique,

il existe deux systèmes différents selon qu'ils étudient l'ensemble du spectre visible ou des fractions spécifiques de celui-ci.

La spectrophotométrie globale explore l'entière du spectre de la lumière visible, le plus souvent celle émise par une lampe au xénon. L'interprétation des spectrogrammes est complexe à réaliser (7).

La spectrophotométrie sélective analyse quelques bandes étroites du spectre visible (8). Le but est de mesurer l'influence de chromophores particuliers sur la couleur globale de la peau (9-12). En théorie, l'index mélanique quantifie la mélanine et l'index érythémal quantifie l'hémoglobine. Cependant, la valeur de l'index érythémal est influencée par celle de l'index mélanique. Ce dernier dépend aussi, en partie, du niveau de saturation en oxygène de l'hémoglobine. En pratique, un érythème sévère diminue significativement l'index mélanique (8). La bilirubine est un autre chromophore accessible à cette méthode biométrologique non invasive. Le Mexamètre (CK Electronic, Cologne) est bien adapté aux mesures de phénomènes physiopathologiques influençant la couleur cutanée.

COLORIMÉTRIE PAR TRISTIMULUS DANS LES SYSTÈMES CIE

La colorimétrie permet de définir et de cataloguer avec précision une couleur par des paramètres quantitatifs. Des méthodes standardisées d'évaluation ont été recommandées par la Commission Internationale de l'Eclairage (CIE). Le système de lecture $L^*a^*b^*$ est celui qui est le plus adapté en médecine puisqu'il apporte des informations dont l'aspect quantitatif varie parallèlement aux variations de la perception des couleurs par l'œil humain.

Le premier système de notation est appelé CIE 1931 Yxy. Les axes x et y définissent une surface des couleurs (Fig. 5). La valeur Y est exprimée en pourcentage, la valeur 100 étant attribuée au blanc. Il n'y a pas de corrélation linéaire entre les évaluations CIE Yxy et la perception visuelle des couleurs.

Le système CIE 1976 $L^*a^*b^*$ est particulièrement bien adapté en médecine, puisqu'il apporte un aspect quantitatif corrélé avec la perception visuelle (13). Il fait usage de trois grandeurs physiques. La première est une caractéristique d'intensité évaluant le caractère clair ou foncé d'un objet sans tenir compte de la teinte proprement dite. C'est la luminance

L^* dont l'échelle d'évaluation s'étend de la valeur 0 pour le noir jusqu'au 100 pour le blanc absolu. La deuxième caractéristique d'une couleur concerne sa longueur d'onde dominante. La troisième caractéristique est le facteur de pureté indiquant comment la couleur considérée se rapproche plus ou moins d'une teinte pure.

L'ensemble de la longueur d'onde dominante et du facteur de pureté constitue la chromacité. Celle-ci est appréciée sur deux échelles, a^* et b^* . La chromacité a^* évalue le spectre du rouge (valeur + 100) au vert (valeur - 100). La chromacité b^* évalue le spectre du jaune (valeur + 100) au bleu (valeur - 100). Un disque des couleurs peut ainsi être représenté lorsque les chromacités a^* et b^* sont présentées sur deux axes orthogonaux (Fig. 6). Les chromacités a^* et b^* peuvent être combinées selon la formule $\text{Chroma } C^* = (a^{*2} + b^{*2})^{0.5}$. Lorsque l'axe de la luminance L^* est placé perpendiculairement au centre du disque des chromacités, on réalise une représentation du monde des couleurs sous la forme d'une sphère (Fig. 7).

Le volume des couleurs de la peau (VCP) ne représente, de toute évidence, qu'une partie du volume de toutes les couleurs. Le VCP d'une zone photoprotégée est vertical et de forme arquée bordé par les valeurs L^* 20 et 75 et dans l'espace jaune-orangé avec $a^* > 0$, $b^* > 0$ et $b^* > a^*$. Du fait de la nuance jaune-orangé de la peau, avec une composante jaune b^* en moyenne deux fois plus importante que la composante rouge a^* , le volume de couleur de peau se situe dans l'espace plus proche du plan $L^* \Lambda b^*$ que du plan $L^* \Lambda a^*$.

Le Chroma Meter CR400 Minolta permet de telles mesures dans diverses conditions physiopathologiques (6, 7, 10, 14-20). L'appareil émet un flash lumineux à partir d'une lampe au xénon à arc pulsé. La différence qualitative entre la lumière émise et la lumière réfléchie définit la réflectance dans le système CIE choisi. Le Visio-Chroma VC-100 permet des mesures similaires qui ne peuvent cependant être obtenues qu'après adaptation de la sonde de mesure afin que celle-ci ne prenne pas un appui compressif sur la peau (21-23).

Chacun des colorimètres comporte une tête de lecture et un microprocesseur. Les mesures sont instantanées. L'appareil émet un flash lumineux à partir d'une lampe au xénon à arc pulsé. Par l'intermédiaire d'un ensemble de cellules photoélectriques, la différence entre la lumière émise et la lumière réfléchie définit la réflectance dans le

système CIE choisi. Les mesures dans le système CIE $L^*a^*b^*$ se prêtent bien à certains calculs combinant les valeurs individuelles de variables choisies. Les formules les plus utilisées incluent l'index érythémal colorimétrique (IEC) et la différence absolue de couleur (ΔE^*_{ab})^{*}

ΔL^* = différence entre 2 valeurs de la luminance L^*

Δa^* = différence entre 2 valeurs de a^*

Δb^* = différence entre 2 valeurs de b^*

$\text{IEC} = [(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2]^{0.5}$

$\Delta E^*_{ab} = [(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2]^{0.5}$

Les formules des valeurs colorimétriques différentielles les plus utilisées sont le chroma C^* et ΔE^*_{ab} . Les points de couleurs de peau se répartissent de haut en bas dans ce volume-enveloppe en fonction de l'intensité de la pigmentation mélanique naturelle, en un faisceau de points de luminance L^* décroissante. Ces points constituent des axes de mélanisation qui structurent le volume dans sa longueur, et se distribuent dans sa section en fonction de la nuance et de la chromacité des mélanges des chromophores naturels.

Du fait de la nuance de type jaune /orangé de la peau, avec des composantes jaune b^* en moyenne deux fois plus importantes que la composante rouge a^* , le volume de couleur de peau se situe dans l'espace plus proche du plan $L^* \Lambda b^*$ (Fig. 8) que du plan $L^* \Lambda a^*$ (Fig. 9).

En prenant pour référence le point central du plan horizontal médian de l'espace $L^*a^*b^*$, c'est-à-dire celui correspondant à $L^* = 50$, $a^* = b^* = 0$, on peut définir un aspect de la couleur de la peau par son altitude angulaire. Ceci conduit à la définition de l'angle typologique individuel (ATI°) selon :

$\text{ATI}^\circ : \text{Arc tangente } [(L^*-50) b^{-1}] \times 180 \times \pi^{-1}$

dans lequel l'arc tangente est exprimé en radians.

L'utilisation des deux composantes L^* et b^* retenues dans la formulation de ATI° et celle du plan $L^* \Lambda b^*$ pour la projection du volume de couleur de peau apparaissent donc appropriées pour l'approche de la typologie colorimétrique. Ainsi donc, par le calcul de ATI° , il est possible d'évaluer des variations de la couleur cutanée relatives à la mélanisation. Il est possible aussi d'utiliser le plan de projection $a^* \Lambda b^*$ de VCP pour étudier certains aspects particuliers de la physiopathologie telle l'actinodermatose.

ANALYSE D'IMAGES

L'analyse informatisée d'images est utilisée pour la quantification des couleurs. L'avantage de cette méthode, par rapport aux mesures colorimétriques, réside dans la possibilité d'étudier l'hétérochromie d'une zone cutanée (24, 25).

EXAMEN SOUS LUMIÈRE ULTRAVIOLETTE ET IMAGERIE PAR FLUORESCENCE

L'examen des troubles de pigmentation mélanique de la peau est performant lorsqu'il est réalisé avec l'aide d'une lampe de Wood. La lumière émise est de type ultraviolet A (365 nm de longueur d'onde). Elle est en partie absorbée par la mélanine lors de son passage dans l'épiderme.

Ce qui atteint le derme est partiellement transformé en lumière visible (environ 420 nm de longueur d'onde) par les propriétés fluorescentes du collagène. La fraction de cette lumière réfléchie vers la surface de la peau est à nouveau filtrée par la mélanine dans sa traversée de l'épiderme. Comme l'absorption des radiations lumineuses par la mélanine est de 3 à 5 fois plus importante pour les longueurs d'onde de 360 nm et de 420 nm que pour l'ensemble du spectre visible, le contraste entre les zones riches et pauvres en mélanine est près de 10 fois supérieur lors de l'observation en lumière ultraviolette plutôt qu'en lumière ambiante (2). Cette propriété peut bénéficier de nouvelles techniques photographiques (26–29). La différence entre les clichés en lumière blanche et ultraviolette est alors impressionnante.

PERSPECTIVES D'AVENIR

La biométrie analytique appliquée à la peau a fait des progrès considérables au cours de ces dernières décennies. La détermination précise de la couleur de la peau s'avère être un outil précieux en dermatologie et en physiologie. Elle peut être appliquée en médecine interne pour le suivi de certains patients. Les mesures de colorimétrie sont, en effet, un reflet direct ou indirect de certains paramètres biologiques comme le taux d'hémoglobine, de bilirubine et d'hormones mélanotropes... Le chemin à parcourir reste cependant long et nécessite la réalisation d'abaques de normalité et de la détermination d'échelles de correspondance entre des valeurs biologiques et celles de la colorimétrie.

Il nous est enfin apparu que la colorimétrie pouvait avoir des applications en dermatopathologie expérimentale où nous pouvons quantifier la couleur de certains prélèvements comme des prélèvements de surface de la couche cornée au cyanoacrylate.

BIBLIOGRAPHIE

1. Bohren CF.— Understanding colors in nature. *Pigment Cell Res*, 1988, **1**, 214-222.
2. Piérard-Franchimont C, Piérard GE.— Héliodermie hétérochrome et risque de cancers cutanés. *Rev Méd Liège*, 1998, **53**, 355-356.
3. Hermanns-Lê T, Piérard-Franchimont C, Piérard GE.— Scrutinizing skinfield melanin patterns in young Caucasian women. *Expert Opin Med Diagn*, 2013, **7**, 455-462.
4. Piérard GE, Hermanns-Lê T, Piérard SL, et al.— In vivo skin fluorescence imaging in young Caucasian adults with early malignant melanomas. *Clin Cosmet Investig Dermatol*, 2014, **7**, 225-230.
5. Piérard-Franchimont C, Hermanns-Lê T, Piérard GE, et al.— Comment j'explore... le "cheetah-look". Regard sur la peau sous des longueurs d'ondes particulières de la lumière. *Rev Méd Liège*, 2015, **70**, 204-206.
6. Deleixhe-Mauhin F, Piérard-Franchimont C, Piérard GE.— Introduction au monde de la couleur en médecine. *Rev Méd Liège*, 1991, **46**, 607-612.
7. Piérard GE.— EEMCO guidance for the assessment of skin colour. *J Eur Acad Dermatol Venereol*, 1998, **10**, 1-11.
8. Hermanns JF, Piérard-Franchimont C, Piérard GE.— Skin colour assessment in safety testing of cosmetics. An overview. *Int J Cosmet Sci*, 2000, **22**, 67-71.
9. Berardesca E, Andersen PH, Bjerring P, et al.— Erythema induced by organic solvents : in vivo evaluation of oxygenized and deoxygenized haemoglobin by reflectance spectroscopy. *Contact Dermatitis*, 1992, **27**, 8-11.
10. Takiwaki H, Overgaard L, Serup J.— Comparison of narrow-band reflectance spectrophotometric and tristimulus colorimetric measurements of skin color. Twenty-three anatomical sites evaluated by the Dermaspotometer and the Chroma Meter CR-200. *Skin Pharmacol*, 1994, **7**, 217-225.
11. Piérard G.— Narrow-band spectrophotometry and tristimulus colorimetry for the assessment of skin colour. *Gior Int Dermatol Ped*, 1996, **8**, 193-196.
12. Andersen P.— Reflectance spectroscopic analysis of selected experimental dermatological models with emphasis on cutaneous vascular reactions. *Skin Res Technol*, 1997, **3**, 1-58.
13. Robertson A.— The CIE 1976 color-difference formulae. *Color Res Appl*, 1977, **2**, 7-11.
14. Seitz JC, Whitmore CG.— Measurement of erythema and tanning responses in human skin using a tri-stimulus colorimeter. *Dermatologica*, 1988, **177**, 70-75.
15. Andreassi L, Casini L, Simoni S, et al.— Measurement of cutaneous colour and assessment of skin type. *Photodermatol Photoimmunol Photomed*, 1990, **7**, 20-24.

16. Deleixhe-Mauhin F, Piérard-Franchimont C, Piérard GE.— La peau et le foie. Quelles sont leurs relations en pathologie ? *Rev Méd Liège*, 1990, **45**, 620-629.
17. Queille-Roussel C, Poncet M, Schaefer H.— Quantification of skin-colour changes induced by topical corticosteroid preparations using the Minolta Chroma Meter. *Br J Dermatol*, 1991, **124**, 264-270.
18. Deleixhe-Mauhin F, Krezinski JM, Rorive G, et al.— Quantification of skin color in patients undergoing maintenance hemodialysis. *J Am Acad Dermatol*, 1992, **27**, 950-953.
19. Fullerton A, Serup J.— Site, gender and age variation in normal skin colour on the back and the forearm : tristimulus colorimeter measurements. *Ski Res Technol*, 1997, **3**, 49-52.
20. Henry F, Fumal I, Piérard GE.— Postural skin colour changes during the corticosteroid blanching assay. *Skin Pharmacol Appl Skin Physiol*, 1999, **12**, 199-210.
21. Hermanns J-F, Piérard GE.— High-resolution epiluminescence colorimetry of striae distensae. *J Eur Acad Dermatol Venereol*, 2006, **20**, 282-287.
22. Devillers C, Piérard-Franchimont C, Schreder A, et al.— High resolution skin colorimetry, strain mapping and mechanobiology. *Int J Cosmet Sci*, 2010, **32**, 241-245.
23. Piérard-Franchimont C, Peters S, Hermanns JF, et al.— Les vergetures, leurs couleurs et leur mécanobiologie. *Rev Med Liège*, 2014, **69**, 151-154.
24. Matsuda Y, Takei K, Mizugaki M.— Quantification of face brown spots and freckles with image analysis method. *J Soc Cosmet Chem Jpn*, 1994, **28**, 147-152.
25. Fumal I, Braham C, Paquet P, et al.— The beneficial toxicity paradox of antimicrobials in leg ulcer healing impaired by a polymicrobial flora : a proof-of-concept study. *Dermatology*, 2002, **204**, 70-74.
26. Hermanns JF, Petit L, Martalo O, et al.— Unraveling the patterns of subclinical pheomelanin-enriched facial hyperpigmentation : effect of depigmenting agents. *Dermatology*, 2000, **201**, 118-122.
27. Hermanns JF, Petit L, Piérard-Franchimont C, et al.— Assessment of topical hypopigmenting agents on solar lentigines of Asian women. *Dermatology*, 2002, **204**, 281-286.
28. Hermanns-Lê T, Piérard S.— Streamlining cutaneous melanomas in young women of the Belgian Mosan region. *Biomed Res Int*, 2014, **2014**, 320767.
29. Piérard GE, Khazaka D, Khazaka G.— Sunscreen remanence on the skin: a noninvasive real time in vivo spectral analysis assessing the quenching of specular ultraviolet A light reflectance. *J Cosmet Dermatol*, 2015, **14**, sous presse.

Les demandes de tirés à part sont à adresser au Prof. G.E. Piérard, Service de Dermatopathologie, CHU de Liège, 4000 Liège, Belgique
Email : gerald.pierard@ulg.ac.be