

États de couleur entre pigment-matière et pixel-lumière

States of color between matter-pigment and light-pixel

Sandrine Maurial

Laboratoire de recherche IMAGINES (EA 2959), Université Michel de Montaigne,
Bordeaux 3, Domaine universitaire, 33607 Pessac cedex

Manuscrit reçu le 15 juin 2004

Résumé et mots clés

Cette réflexion artistique et philosophique approche le phénomène couleur par une voie transversale, en tissant des liens entre les pigments du peintre « traditionnel » et les pixels de l'artiste « informaticien ». Cette relation met en scène l'interaction entre matière et lumière, les deux composantes constitutives de la couleur. La couleur est ainsi explorée depuis ses plus petits constituants tout en dégageant sa dimension mystérieuse, sa résonance sociale et culturelle. Du côté de l'histoire de l'art, le traitement de la couleur par les artistes dépend des recherches scientifiques, de l'essor technologique tout en reflétant l'état actuel de la société dans laquelle l'artiste évolue. Des artistes ont expérimenté la couleur sous ses différents états, de la couleur-matière à la couleur-lumière, en insistant sur sa texture aussi bien réelle que virtuelle. Aujourd'hui, la couleur numérique se propage du champ informatique au champ artistique tout en préservant sa mémoire matérielle.

Art numérique, colorimétrie, lumière, matière, mémoire, peinture, perception, pigment, pixel, virtuel.

Abstract and key words

This artistic and philosophical reflection approaches the color phenomenon through a transverse way, by weaving bonds between the pigments of the "traditional" painter and the pixels of the "digital" artist. This relation underlines the interaction between the matter and light, which are both constitutive components of color. Thus, color can be explored from its smallest components while releasing its mysterious dimension, as well as its social and cultural resonance. As regards art history, the treatment of color by artists depends on scientific research and technological rise, while reflecting the current state of the society in which the artist evolves. Artists have tried out color under its various states, from the color/matter to the color/light, insisting on its real texture as well as on the virtual one. Nowadays, digital color is being propagated from the computer science to the artistic field, preserving its material memory.

Computer art, colorimetry, light, matter, digital color, memory, painting, perception, pigment, pixel, virtual.

1. Introduction

«Les peintres et les teinturiers (couleurs additives) et les verriers ou “passeurs de lumière” (vitraux, couleurs soustractives) savaient, par expérience et en transmettant leurs secrets, faire ressortir les couleurs, par exemple en créant le “bleu égyptien”. La couleur n'existe pas en tant que telle. C'est seulement dans notre cerveau que la couleur se construit¹.»

La couleur est affaire de perception, elle naît dans notre cerveau, provoquée par la lumière que captent nos yeux. Le phénomène couleur met en scène trois acteurs inséparables qui sont la lumière, la matière et l'observateur pour interagir ensemble depuis des champs disciplinaires spécifiques à l'origine. À travers les différentes cultures actuelles ou lointaines, l'homme a depuis des millénaires, modifié l'aspect du monde qui l'entoure, des objets qu'il fabrique et de son propre corps, soit en les peignant, soit en les colorant. Ainsi, maîtriser la couleur fut à toutes les époques une des plus profondes préoccupations des civilisations. La couleur reste donc un phénomène qui figura parmi les phénomènes naturels qui intéressèrent les savants, les artistes et les poètes de tous temps. Mais dans la vie quotidienne, la couleur chargée de symboles, est omniprésente, elle attire et captive le regard. Cette sensation si mystérieuse est révélée à chacun de nous selon une démarche naturelle à tous. La couleur reste un phénomène optique universel auquel nous sommes quotidiennement confrontés. Moyen d'expression agissant directement sur l'émotion, elle est pourtant au niveau du concept, immatérielle, abstraite et difficilement pénétrable. Elle ne peut être définie de façon universelle, pouvant se doter de significations très diverses selon les civilisations et les époques. Comme nous le mentionne l'historien Michel Pastoureau, les différents questionnements sur la couleur sont dépendants de leur temps : «La couleur est un phénomène culturel, étroitement culturel, rebelle à toute généralisation, sinon à toute analyse. Par là même, rares sont les ouvrages de qualité qui lui sont consacrés, et plus rares encore ceux qui envisagent avec prudence et pertinence le phénomène “couleur” dans une perspective réellement historique, au lieu de jongler avec l'espace et le temps et de se mettre en quête d'universaux qui n'existent pas. La couleur est d'abord un fait de société. Il n'y a pas de vérité transculturelle de la couleur².» À l'heure actuelle où la couleur se digitalise et se numérise, il semble donc nécessaire d'explorer cette mutation de la couleur selon un regard transversal car l'étude de la couleur est avant tout pluridisciplinaire. Effectivement, ignorer délibérément un domaine disciplinaire dans une recherche sur la couleur engagerait une perpétuation du cloisonnement des savoirs.

¹ [Bonton] P. BONTON, A. TREMEAU, C. FERNANDEZ-MALOIGNE, *Image numérique couleur. De l'acquisition au traitement*, Paris, Dunod, 2004, p. 4. Afin d'introduire notre réflexion, rappelons que la couleur n'est ni un pigment ou un colorant, ni un liquide ou un solide, c'est une sensation que génère le cerveau et que notre esprit peut métamorphoser en art.

² [Pastoureau] M. PASTOUREAU, préface de M. IMDAHL, *Couleur, les écrits des peintres français de Poussin à Delaunay*, Paris, La Maison des Sciences de l'Homme, 1996, p. 9.

Néanmoins, chaque champ disciplinaire aborde la couleur différemment : pour certains, elle est saisie comme une matière se rapprochant des pigments et de la teinture, pour d'autres, elle a à voir avec la lumière, c'est une radiation, une longueur d'onde, ou encore elle renvoie à un système de classification, à une sensation, etc. En effet, la couleur du physicien ou du physiologiste n'est pas celle du peintre ou du linguiste. Cependant, des relations peuvent se tisser entre les différents domaines : la chimie des pigments enrichit l'historien d'art, la couleur numérisée se propage et élargit chaque jour ses champs d'action. Aujourd'hui, de nouvelles approches modifient profondément les problématiques anciennes de la couleur en les élargissant vers des horizons nouveaux. En effet, le concept même de la couleur se trouve enrichi grâce à l'essor des nouvelles technologies. De la sorte, en se positionnant du côté de l'histoire des arts, nous allons tenter une étude transversale des éléments constitutifs de la couleur pour dégager une vue d'ensemble de certains états de la couleur expérimentés par les artistes. L'objectif de la présente étude est de nous faire approcher différemment la couleur-matière et la couleur-lumière, en insistant sur deux éléments primitifs et organiques à l'origine de la couleur, ceux qui entrent en jeu dans la genèse d'une œuvre picturale³ et d'une œuvre infographique⁴ : le pigment et le pixel.

Perçue dans une interaction entre le rayonnement lumineux et les électrons de la matière, la couleur est en premier lieu, affaire de physique. Entre matière et lumière, c'est au cœur des images picturale et numérique, que la couleur sera ici explorée sous ses aspects solide, liquide et « gazeux » : cette couleur-matière que l'on aime à toucher, composée de pigments et procédant de la synthèse soustractive [figure 1] ainsi que cette couleur-lumière animée par les pixels et dépendante de la synthèse additive [figure 2].

En dressant un pont entre deux éléments *a priori* totalement opposés – le pigment, un matériau issu d'une technique ancienne et traditionnelle et le pixel, l'élément ultime constituant des images écraniques – cette approche nous permettra de percevoir sous un autre angle, le phénomène couleur. En suivant l'histoire de l'art, nous constatons que le traitement de la couleur par les artistes dépend des recherches scientifiques, de l'essor technologique tout en reflétant l'état actuel de la société dans laquelle l'artiste évolue. Au fil du temps, le regard que l'homme a porté sur la couleur a déclenché fascination et convoitise qui furent le moteur de nombreuses entreprises. Après la révolution industrielle, il est possible de fabriquer, tant dans le domaine des teintures que dans celui des peintures, une nuance précise de couleur. Plus qu'un simple essor technique, il s'agit là d'un changement culturel de portée considérable. Ainsi, avec l'invention des pigments de synthèse, et avec l'émergence actuelle de la couleur numérique, l'homme peut s'exprimer avec des nuances que ni la nature, ni l'homme

³ L'œuvre picturale appartient au champ de la peinture et aux effets inhérents à la matière.

⁴ L'œuvre infographique est une image créée à l'ordinateur, elle dépend d'un espace virtuel.



Figure 1. Synthèse soustractive des couleurs.



Figure 2. Synthèse additive des couleurs.

n'avaient créées. Aujourd'hui, l'art numérique⁵ ne peut être imperméable à son passé et se nourrit d'un certain héritage pictural. Cet art mouvant s'enrichit à la fois des nouvelles technologies et d'une culture ancienne qu'il tend à revisiter.

2. Pigment et pixel entre archaïsme et modernité

Loin d'esquisser une idée de progrès technique ou de continuité entre les différentes formes d'art et leurs outils, des connexions plurielles se tissent alors entre un matériau ancestral lié aux traditions picturales, le pigment, et un élément pictural de l'image numérique, le pixel. Les artistes utilisant les nouveaux médias⁶ comme moyen d'expression artistique, continuent donc à se confronter au phénomène « couleur » pour l'expérimenter et tenter de le maîtriser. Si l'on explore notre environnement actuel, on se rend compte que la couleur est désormais lumineuse et fluide à son extrême jusqu'à devenir impalpable et virtuelle comme si la finalité rêvée au creux du pigment par les grands maîtres de la peinture classique avait été atteinte⁷. Aujourd'hui,

le « peintre numérique » utilise la technique du lissage⁸ ou anti-crénelage⁹ pour aplanir la texture de son image. C'est ainsi que des effets de grain, de luminosité, et des procédés de lissage vont se répondre entre ces deux techniques picturale et infographique, pour échanger leur expressivité.

Pigmentum

Les pigments incarnent les constituants élémentaires de la peinture. Le terme pigment vient du latin *pigmentum* signifiant « matière colorante ». Selon les normes françaises, le pigment est « une substance à l'état sec, généralement en poudre fine, pratiquement insoluble dans les milieux de suspension usuels, utilisée en raison de certaines de ses caractéristiques, de son pouvoir colorant ou de son pouvoir opacifiant élevé en particulier dans la préparation des peintures ou enduits de protection et de décoration¹⁰. » Ainsi, chaque pigment fait l'objet d'une préparation longue, où matière et lumière s'interpénètrent au sein du champ pictural : « Le broyage des grains, leur forme, la différence entre leur indice de réfraction et celui du liant, la manière de les étendre et de les mêler, leur interaction dans des couches successives, déterminent ainsi la matière première du peintre appelé ainsi à maîtriser ce qui n'est autre qu'un phéno-

⁵ L'art numérique englobe les nouvelles formes artistiques fondées sur l'usage des technologies numériques (images de synthèse, dispositifs interactifs, réalité virtuelle, art en réseau, etc.) apparues depuis une dizaine d'années.

⁶ Les nouveaux médias ont bousculé le monde de l'art dès les années 1970 notamment avec l'apparition de l'art vidéo.

⁷ Dans leur atelier, les anciens maîtres broyaient eux-mêmes le pigment selon des techniques extrêmement savantes. Ils peignaient avec un pigment insoluble, finement broyé et mis en suspension dans un liant chargé de l'emprisonner lors du séchage. Cf. C. CENNINI, *Le livre de l'art ou traité de la peinture*, traduit par Victor Mottez, Paris, F. de Nobele, 1978.

⁸ Lissage : traitement infographique destiné à simuler la continuité d'éclairément dans le rendu d'une surface courbe, permettant ainsi d'en éliminer les facettes perceptibles. *Dictionnaire des arts médiatiques*, ville : Sainte-Foy, Presses de l'université du Québec, 1997, p. 197.

⁹ Anti-crénelage (*anti-aliasing*) : opération infographique éliminant l'effet d'escalier sur les contours courbes et les diagonales d'une forme. L'effet est obtenu en remplaçant les pixels adjacents de valeurs trop contrastées par des pixels de valeurs intermédiaires. *Dictionnaire des arts médiatiques*, idem, p. 13.

¹⁰ *Encyclopaedia Universalis*, Corpus 6, France S.A., 1995, p. 682-687.

mène lumineux¹¹. » De couleur irradiante certes, les pigments n'émettent pas directement de lumière, ils ne sont visibles que parce qu'ils sont éclairés par une source lumineuse extérieure. À l'origine de la peinture, le pigment cristallise la couleur-matière tactile et malléable. Dès les premiers temps, l'homme a toujours été confronté au problème de la production de couleurs. Depuis des millénaires, il s'est emparé des pigments naturels pour représenter son environnement mais aussi le monde des esprits. Pour peindre sur la paroi, il a su trouver des pigments issus du règne animal, végétal ou minéral qu'il a intégrés à de multiples expériences¹². L'artiste et le chimiste d'autrefois, l'alchimiste¹³, ont toujours été à la recherche d'une substance colorante qui permettrait de reproduire de manière encore plus fidèle les couleurs de la nature. En manipulant celles-ci, en les calcinant pour arriver à des changements de couleur ou de texture, l'homme ouvrait déjà la voie aux travaux des alchimistes et, plus près de nous, aux chimistes. Dès le XVIII^e siècle, la chimie des couleurs a développé une infinité de matières colorantes et a permis la profusion d'une infinité de nouveaux pigments synthétiques. Avec la révolution industrielle (vers 1750-1850), des procédés chimiques ont permis, à partir de divers minéraux, de produire des pigments artificiels. Issus des principales innovations de la chimie des couleurs, la palette des peintres ne va cesser de s'enrichir au cours du XX^e siècle. Paradoxalement, les techniques autorisant la production de masse des pigments sont une menace pour leur qualité et leur longévité. Ainsi, en réaction contre la chimie des pigments, l'avènement d'une sensibilité écologique suscite un regain d'intérêt pour les méthodes artisanales, traditionnelles, pour les couleurs naturelles et ancestrales. Faisant actes de mémoire, certains artistes luttent alors contre l'oubli et la prolifération des tubes de peinture froids et sans histoire. Nous constatons en effet, que l'utilisation des pigments en poudre se perpétue encore de nos jours. Cette reconnaissance du pigment pur revient à l'artiste Yves Klein qui, déjà dans la fin des années 1950, renversa la tradition, souhaitant conserver seule la densité du pigment. Ses peintures monochromes [figure 3] animées par la seule vibration des pigments purs le rendirent célèbres.

Grâce à une recette particulière, Yves Klein inventa une couleur, un bleu ultramarin appelé «IKB» (*International Klein Blue*). Selon l'artiste, IKB est une couleur pleine et lumineuse de force poétique. Il développa un fixatif sans huile, si bien que les



Figure 3. RP10, peinture en relief, Yves Klein, 1961.

grains des pigments de couleur pure pulvérisés n'étaient pas reliés et semblaient être des particules flottantes. De fait, les couleurs pures, élémentaires, et naturelles sont ravivées dans nos sociétés occidentales modernes comme pour faire écho aux cultures dites « primitives » ou « archaïques » qui utilisent les pigments dans des rituels, pour une fonction magique et religieuse. Les artistes ont pu voir dans ces substances colorantes, le retour vers un milieu originel et la fusion entre les hommes face à un monde trop oppressant. Mais ces poudres de couleur convoquent aussi une couleur fluide et tactile qui se dissémine dans des particules infimes.

Picture element

« Avec l'image électronique, le point vole littéralement en éclats de lumière, de couleur et de temps, au même moment que dans les sciences physiques l'atome éclate en particules¹⁴. »

À des corpuscules issus du monde technologique, correspondent les pixels ou unités élémentaires qui composent l'image informatique. Ces grains de couleur renvoient à une problématique du grain héritée des techniques picturales classiques¹⁵, qui perdure au sein des nouvelles images. Dans la communication visuelle, le grain fin et lisse de l'image est recherché tandis que des artistes tentent de rendre visible la granularité du pixel afin d'afficher l'origine numérique de l'image. Le *crénelage* constitue cet artefact de l'image quand la surface subit un effet d'escalier discontinu. Les opérations d'*anticrénelage* ou de *lissage* permettent d'atténuer cet aléa technique inhérent aux images à faible définition. Néanmoins, à trop vouloir lisser l'image, à trop chercher le rendu homogène, à trop éliminer les moindres

¹¹ [Beerli] C. A. BEERLI, *Poétique et Société des couleurs. Essai sur la vie des couleurs entre elles et dans l'histoire*, Genève, Georg, 1993, p. 66.

¹² Les pigments étaient réduits à l'état de poudre et transformés par trituration ou broyage. Pilés dans des mortiers de pierre, ils étaient délayés le plus souvent avec de l'eau, des huiles végétales ou animales. Le procédé de la chauffe ou de la calcination permettait d'obtenir des couleurs nouvelles ; c'est de cette façon que le jaune de Lascaux a été obtenu, à partir d'un oxyde de fer.

¹³ La préparation des pigments rappelait parfois l'alchimie notamment avec le « bleu de Prusse qui, à ses débuts fut préparé de façon très empirique à partir de sang desséché », ou avec le jaune indien fabriqué à partir de l'urine de bovidés, recueillie et mise à bouillir. *Des teintes et des couleurs*, Paris, R.M.N., 1988, p. 37.

¹⁴ [AVRON] D. AVRON, *Le Scintillant. Essai sur le phénomène télévisuel*, Strasbourg, Presses universitaires de Strasbourg, 1994, p. 40.

¹⁵ Se reporter aux références n°12 et 13 concernant la préparation des pigments.

aspérités, on vide petit à petit les nouvelles images de leur expressivité, de leur souffle vital. La granularité d'une image peut devenir un effet pictural et artistique au sein de l'œuvre numérique comme elle peut l'être en photographie. Alors qu'en photo traditionnelle, les grains visibles sont des cristaux de sels d'argent, en photographie numérique, ce phénomène visible se nomme la « pixellisation ». Ainsi, dans les logiciels de traitement d'image, des filtres « grain » ajoutent une texture granuleuse à l'image selon des critères précis.

Paradoxalement, une dimension picturale s'empare donc de cette couleur virtuelle et numérique. Transversale à de nombreux champs de son application, la notion de pixel en tant que cellule informatique est fortement polysémique et l'on se doit de l'éplucher dans toute sa profondeur. Au mot pixel correspondent de nombreuses interprétations résultant de la construction hybride du terme. Son étymologie va ainsi nous permettre de parcourir ses différentes significations. Nous nous appuyons ici sur les recherches de Dominique Avron, Professeur d'études cinématographiques et audiovisuelles, qui, dans son ouvrage *Le Scintillant. Essai sur le phénomène télévisuel*¹⁶, nous décortique brillamment le terme de pixel afin de nous faire découvrir tout le poids linguistique du mot. La définition du pixel en tant qu'élément d'image, renvoie à l'origine étymologique anglo-saxonne la plus usitée pour le terme de pixel soit la contraction de l'expression anglaise *picture element* (élément d'image). Une variante étymologique propose le terme comme résultant de la contraction de *picture* (image) et de *cell* (cellule, unité). L'origine anglaise et récente du mot reflète son existence contemporaine et sa marque de modernité. Toutefois, des équivalents français ont été créés. Fondés selon le même principe syllabique que pixel, « eldim » ou « élim » ont été suggérés pour traduire le terme anglais mais ils ne se sont pas implantés dans l'usage. Il existe également un autre équivalent en français sous l'abréviation P.E.L. pour « point élémentaire » et principalement usitée par les laboratoires IBM. Ainsi, le terme français « élément d'image » est moins couramment utilisé que celui de « pixel », terme percutant et clinquant qui jaillit comme une étincelle et retentit comme un éclat de lumière. L'impact social du mot « pixel » a été automatique, ce qui témoigne du succès du mot et de son emploi systématique et naturel dans la langue. De fait, le terme « pixel » condense bien sa signification, en français comme en anglais.

Par ailleurs, si l'on s'attache au sens phonétique du vocable *picture element*, on peut le rapprocher de la langue française en tant qu'élément pictural, de par sa racine latine provenant de *pingere*, *pictum* signifiant « peindre ». Le mot anglo-saxon *picture* prendrait donc ses racines dans le champ de la peinture. Beaucoup d'interprétations gravitent ainsi autour de l'origine du terme pixel. De la sorte, il s'ensuit un emploi plutôt imprécis du terme dans des champs d'application différents.

¹⁶ [AVRON] D. AVRON, *Le Scintillant. Essai sur le phénomène télévisuel*, op. cit., 1994.

3. Désir de couleur

Dès le début de l'humanité, l'homme s'est emparé de la couleur sous sa forme matérielle pour peindre sur la paroi et donner naissance à l'art pariétal que nous connaissons aujourd'hui. Par la suite, les Égyptiens et les Grecs se servirent des pigments en tant que cosmétique, pour se maquiller et comme élément de séduction. La civilisation occidentale du Moyen Âge utilisa ce matériau comme un outil de base, lui attribuant un sens profane jusqu'au XIX^e siècle. Dès cette époque, la profusion d'une infinité de nouveaux pigments industriels transforma le matériau en un produit de consommation courante. D'un monde où la couleur avait ses secrets de fabrication, sa rareté et son prix, nous passons à un univers où les possibilités d'invention chromatique sont presque illimitées. Après l'alchimie et la chimie des couleurs, la production industrielle des couleurs a évincé le contact physique de l'artiste avec la matière colorante pour se déplacer au cœur des nouvelles technologies ordonnant aux pixels de l'ordinateur la création d'une infinité de teintes. L'histoire de la couleur comme matière que l'on soutire à la nature peut témoigner de l'esprit novateur de l'homme, de son ingéniosité à observer la palette de la nature afin de lui ôter ses plus beaux atouts, de lui extraire ses terres, de lui cueillir ses plantes, de lui capturer ses insectes ou encore de lui pêcher ses mollusques. À l'image d'un produit raffiné, fabriqué avec soin, du temps où le safran¹⁷, la cochenille¹⁸ ou la momie¹⁹ servaient à la fois de teinture, d'épice et de médicament, de l'époque où Chardin faisait broyer ses couleurs chez son épicier, se substitua un véritable produit industriel, issu de la chimie des couleurs. Ainsi, maîtriser la couleur fut à toutes les époques une des plus profondes préoccupations des civilisations. Notons ainsi que la couleur peut être perçue en tant que phénomène de la perception, sensation chromatique²⁰ ou bien telle une matière colorique comme a pu le démontrer Manlio Brusatin dans son *Histoire des couleurs*. Alors que le pigment symbolise la couleur matérielle par excellence, nombreuses théories conceptualisent la couleur sous sa dimension immatérielle, pour tenter de la rendre pratique et manipulable selon une méthodologie spécifique.

Couleur miroir-écran

La couleur reflète toujours les regards et les préoccupations des sociétés qui l'ont produite et utilisée. L'historien Michel Pastoureau a montré toute l'importance de l'histoire et son impact dans la perception et la fabrication des couleurs. Pensée

¹⁷ Safran : plante tinctoriale dont les stigmates contiennent une teinture jaune soluble dans l'eau, à très fort pouvoir colorant.

¹⁸ Cochenille : petits insectes dont le broyage produit un rouge vif et lumineux nommé carmin.

¹⁹ Momie : drogue importée d'Égypte, utilisée pour peindre les ombres et les nuances brunes.

²⁰ [Itten] J. ITTEN, *Art de la couleur. Approche subjective et description objective de l'art*, Paris, Dessain et Tolra, 1999.

par de nombreux théoriciens ou physiciens comme un ensemble de nombres et de formules, la couleur, abstraite, décolorée, est étudiée comme une entité physique. Au XIX^e siècle, Chevreul étudie les modalités de perception de la couleur par l'œil humain et rédige les lois générales d'une théorie pratique de la couleur. Il a établi le catalogue le plus complet des teintes anciennes présentant 14 400 tonalités chromatiques. Cette nomenclature de toutes les teintes possibles annonçait déjà ce désir d'encadrer la couleur dans un système numérique soucieux de construire une véritable «schématisation des couleurs». Désormais, les nuances chromatiques disponibles et affichables sur un écran peuvent atteindre 16 millions. Inévitablement, il s'ensuit une tendance à l'excès dans un chromatisme vivace et contrasté. L'artiste se réfère à un code des couleurs déjà inscrit dans le logiciel, ce qui génère une coloration artificielle renforcée par cette schématisation dans l'utilisation des couleurs. Cette combinaison de couleurs de base pour produire un large éventail de couleurs perdue au cœur de nos technologies actuelles. Aussi bien lors de l'affichage sur un écran en mode RVB²¹ (*Rouge Vert Bleu*) que lors de l'impression sur du papier en mode CMJN²² (*Cyan Magenta Jaune*

Noir), la reproduction d'une image se réalise le plus souvent à partir d'un faible nombre de couleurs primaires selon le principe de la synthèse optique des couleurs. Néanmoins, des artistes arrivent aujourd'hui à tempérer la couleur numérique jusqu'à la rendre subtile et limpide. L'artiste japonais Yoichiro Kawaguchi [figure 4] crée un monde visuel inspiré des milieux marins, de ses lumières et de ses mouvements. Il traite avec rigueur les couleurs, les textures et les luminosités de ses images. Dans ce véritable travail plastique²³, la surface écranique simule la toile picturale, sorte d'écran translucide et inscriptible.

Cette notion de toile-écran est au cœur des problématiques esthétiques actuelles liées aux nouvelles technologies avec comme élément pictural, le pixel ou *picture element*. Si l'on revient à l'étymologie du mot couleur, on peut découvrir des relations avec la notion d'écran dans son acception la plus ancienne comme «paravent contre le feu», comme surface protectrice. Effectivement, la couleur est ce qui recouvre et cache la surface des choses. Le terme «couleur» provient de la racine latine *color* appartenant au verbe *celare* signifiant «cacher». Lors de la communication de Michel Pastoureau à un colloque du CNRS, il nous rappelle que «l'étymologie qui rattache "color" à un radical "cel" renvoyant à l'idée de cacher était déjà admise par les auteurs latins de l'Antiquité et du Moyen Âge. À la même famille, regroupée autour du verbe "celare" (cacher) appartiendrait des mots comme "cella" (pièce, chambre), "cellula" (petite pièce), "cilium" (paupière), "clam" (en cachette), "clandestiques" (qui se fait en cachette)²⁴.» De fait, la surface colorée concrétise la dernière strate d'une image²⁵ au sens général du terme. Ainsi, en peinture, la dernière couche de couleur clôt le processus pictural tout en dissimulant ses imperfections, ses accidents. Le dernier voile de couleur cache la genèse de l'œuvre, son histoire tout en dévoilant par un jeu subtil, certaines tonalités souterraines. La peinture se perçoit comme un palimpseste²⁶ qui cristallisera une de ses strates successives. Cette question des dessous nous permet d'insister sur les connexions et les interférences entre l'acte pictural et la création des images numériques. Certes, le tableau achevé peut dévoiler les irrégularités des pigments, la matérialité des textures qui sont le fruit d'une suite d'actions physiques mais ces gestes du peintre ne peuvent être répétés et formalisés car ils reflètent cette puissance combinatoire des dessous ne répondant à aucune recette ou algorithme mais plutôt à une charte imaginaire. Désormais, tout peintre peut utiliser des logiciels de traitement informatique de l'image comme *Corel*

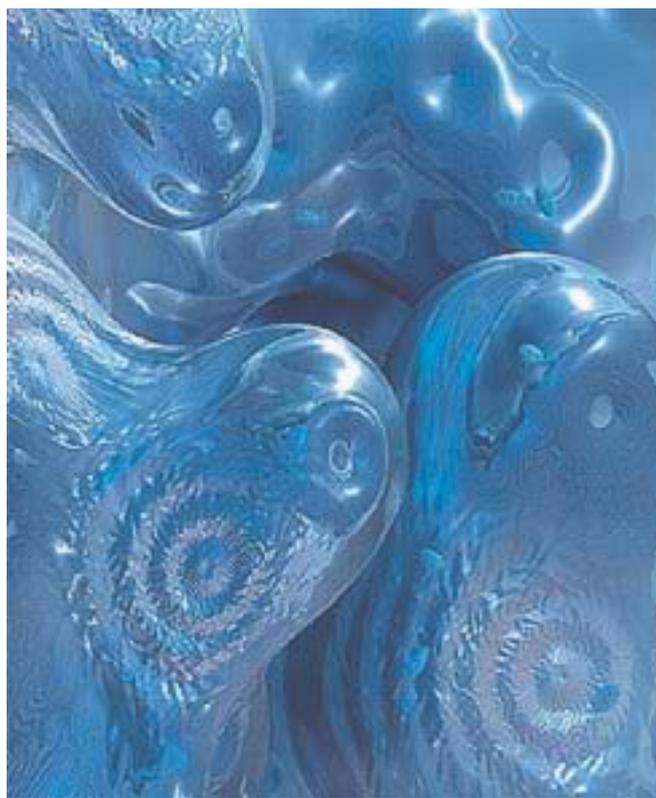


Figure 4. *Nebular*, image numérique, Yoichiro Kawaguchi, 2000.

²¹ RVB : système de représentation additive des couleurs à partir du rouge, vert et bleu, normalisé par la Commission Internationale de l'Éclairage.

²² CMJN : système de représentation soustractive des couleurs à partir du cyan, du magenta, du jaune et du noir, utilisé par les imprimantes et autres périphériques.

²³ Le terme «plastique» (grec *plastikos*) concerne le modelage, le processus de fabrication d'une œuvre qui produit un sens.

²⁴ [Pastoureau] M. PASTOUREAU, *La Couleur et l'historien*, Actes du colloque, Paris, CNRS, 1990.

²⁵ Image (latin *imaginem, imago*) : représentation sous forme de statue ou de peinture, représentation par la pensée, reproduction visuelle d'un objet réel, représentations mentales produites par l'esprit ou l'imagination, en rêve ou éveillé.

²⁶ Palimpseste : parchemin manuscrit dont on a effacé la première écriture pour pouvoir écrire un autre texte.

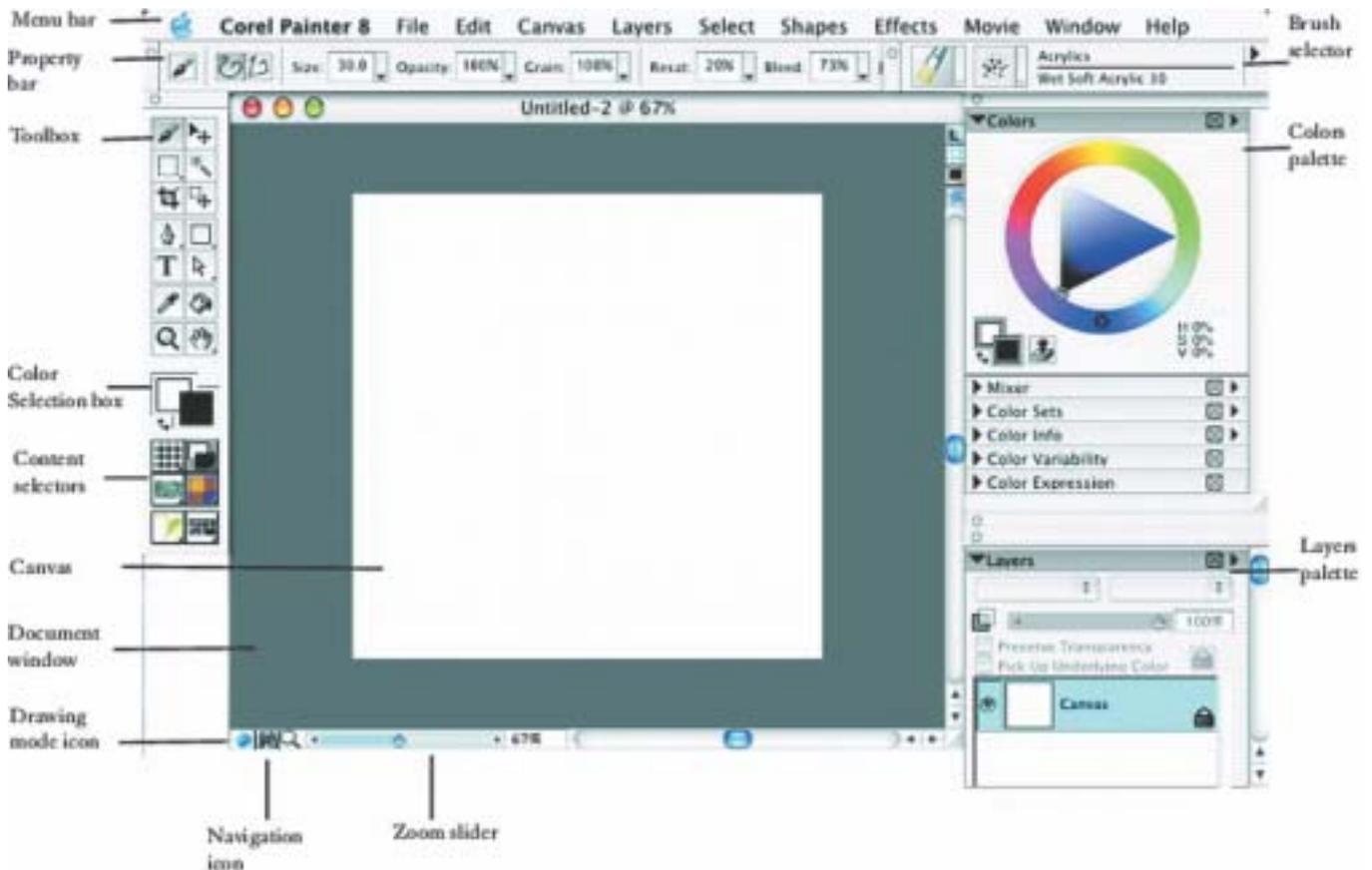


Figure 5. Espace de travail de Corel Painter.

Painter ou *Adobe Photoshop* qui reprennent le vocabulaire de la peinture traditionnelle. Ces logiciels de traitement de l'image contiennent de nombreux outils générant des résultats picturaux simulant ceux de la peinture : palette de couleurs, nuanciers, crayons, pinceaux, textures, etc. Le vocabulaire appartenant au domaine de la peinture est employé à l'identique et l'artiste peut ainsi fixer les variantes, le mixage ou encore l'expression des couleurs désirées. Par une simple commande manuelle, l'artiste numérique peut donner à sa création des effets pointillistes, des filtres artistiques simulant l'aquarelle ou le pastel et bien plus encore. Par exemple, le logiciel *Corel Painter* [figure 5] représente un atelier d'expression numérique complet qui marie l'art numérique et l'art traditionnel. Conçu pour les artistes numériques, il permet d'expérimenter différentes techniques en toute liberté en proposant les outils qui font vivre le dessin et la peinture à l'instar des supports traditionnels. Ce logiciel tend à repousser les limites du numérique en offrant le climat d'une peinture naturelle.

La « Mixer palette » [figure 6] du logiciel *Corel Painter* (version 8) simule à l'écran, l'expérience traditionnelle du mélange des couleurs sur la palette de l'artiste. Il est possible d'ajouter plusieurs couleurs et de les mélanger entre elles pour arriver à la couleur choisie. La couleur ainsi générée peut être sauvegardée. Au cours du traitement de l'image, les différentes étapes du processus de création sont archivées grâce à des calques qui ren-



Figure 6. La « Mixer palette » de Corel Painter.

ferment l'histoire de l'image. Les concepts propres à la peinture sont exportés vers un autre média, celui de l'informatique.

Couleur-texture

Face aux investigations scientifiques qui approchent la couleur sous son aspect mathématique et conceptuel, des pratiques artistiques apparaissent au XX^e siècle, pour souligner sa texture et sa chair. Outre ses qualités spirituelles et mystérieuses, la couleur reste probablement pour le peintre, un élément où la matérialité des pigments en poudre est présente et sensible. La substance colorante, veloutée et volatile, appelle le champ tactile, le contact. Le peintre triture sa couleur, sa pâte avec laquelle il s'empoigne comme le sculpteur avec de la glaise. Lors du mariage des liants avec les pigments, l'artiste peut toucher l'onctuosité, la légèreté ou la lourdeur de sa pâte. L'épaisseur de la couche pigmentaire redonne à la peinture toute sa matérialité. Cézanne, Matisse mais aussi Picasso, s'attachaient à la dimension sensuelle et matiériste d'une couleur, à sa texture. Face à la matière pigmentaire, la sémioticienne Fernande Saint-Martin définit la texture comme une fiction qui évoque le tactile en expérimentant toutes les dimensions du visible : « Par le terme de texture, on entend une propriété de la masse colorée qui joue aussi bien dans ses profondeurs que sur la pellicule par des inclinaisons diverses et des disjonctions qui infléchissent diffé-

remment l'absorption et la réfraction des rayons lumineux par des corps opaques, modifiant ainsi leurs effets chromatiques²⁷ ». La texture dépend de la couleur-matière, de la structure interne du pigment. Elle a une propriété de surface du tableau comme « chair de la peinture ». Dépendante de la matière, la texture assure le lien entre le visuel et le tactile, tentant de concrétiser un effort de la matière pour manifester la lumière. Dans l'art contemporain, l'aventure colorée peut prendre diverses formes, faisant surgir la couleur unique du pigment brut pour irradier l'espace alentour. Dans *Luce, luce, luce* [figure 7] de Claudio Parmiggiani, l'œuvre présente la matière pigmentaire à l'état pur, à mi-chemin entre l'œil et l'image. L'artiste a répandu sur le sol entier d'une pièce, un pigment jaune d'une densité irradiante. Le caractère vibrant des particules pigmentaires fait frémir ce tapis floconneux qui semble donner vie à la lumière. Le pigment poudreux absorbe une partie de la lumière tandis que l'autre partie diffuse une couleur frémissante. Face à cette étendue de couleur lumineuse et saturée, le spectateur est soumis à des sensations inhabituelles face à une pièce devenue impalpable.

La texture de ce pigment jaune, qui oscille entre matière et lumière, peut renvoyer à la texture de certaines images virtuelles. Perçue à la surface de l'image, la texture cristallise le produit optique d'une hybridation entre couleur et forme, entre matière et lumière. Selon Jacques Ninio, « la texture est le grain des choses, la qualité la plus tangible des objets, bien avant leur couleur ou leur forme²⁸ ». Apanage de la matière certes, la texture se perçoit aujourd'hui comme un critère inhérent aux images numériques. Même si les effets de grain ne sont pas encore les bienvenus au creux de l'image, certains artistes peuvent jouer sur le grossissement du pixel pour produire un effet pictural intéressant rappelant l'origine numérique de l'image et lui donner du corps. Soucieux de garder une certaine picturalité dans leurs images, ils s'attachent à cette notion de texture comme épiderme de l'image écranique.



Figure 7. *Luce, luce, luce, pigment jaune de cadmium pur*, Claudio Parmiggiani, 1968.

4. Genèse de l'image

Dans le domaine des arts plastiques, l'image peut se définir comme un tout composé de formes et de couleurs en un certain ordre assemblées. De même, dans les arts visuels, l'image numérique reste une image composée d'un certain nombre d'éléments discontinus et déterminés numériquement, totalement maîtrisables. Plus ce nombre est grand, plus la trame de

²⁷ [Saint-Martin] F. SAINT-MARTIN, *Sémiologie du langage visuel*, Sillery, Presses de l'Université du Québec, 1987, p. 65.

²⁸ [Ninio] J. NINIO, *L'empreinte des sens*, Paris, Odile Jacob, 1991, p. 62. Jacques Ninio est directeur de recherche au laboratoire de physique statistique de l'École Normale Supérieure. Selon ses recherches aux confins de la biologie et de la psychologie, les sciences ont complètement renouvelé notre approche de la perception. La texture se confond ici avec la granularité des choses. Cette image du grain renvoie à l'épiderme (couche extérieure) de l'image qui doit être lisse et sans crénelage.

l'image est fine, sa couleur riche. Le pixel, ordonné par ses coordonnées spatiales et chromatiques, agit comme élément générateur de la couleur, il simule la vie à l'image. Perçu dans sa précision mathématique lorsque le regard s'approche intimement de l'écran, le pixel dévoile sensiblement la genèse électronique de l'image. La vie de l'image est menée par un souffle interne, ce flux de lumière qui anime la chromatique du pixel.

Couleur fluide

Au fil de l'histoire de l'art, science, art et technique s'interpellent nous informant comment les peintres ont su maîtriser certaines techniques picturales relevant de savoirs de l'optique, de la physique, de la chimie qu'ils ont mis au service de leur art. Par exemple, la technique du glacis²⁹ convoque une couche de peinture ou de vernis, légère et transparente. Très fluide, le glacis intervient en couches minces et uniformes pour modifier la coloration et l'aspect des fonds, des dessous sur lesquels il est appliqué. Ces descriptions de techniques picturales peuvent aujourd'hui se confondre avec les procédés infographiques qui jouent sur des effets de voilages matérialisés par des jeux de calques et de transparence et comme modèle aux infographistes pour reproduire certaines textures dans la synthèse d'image d'œuvres d'art. De la sorte, les pratiques picturales de la couleur-matière peuvent ainsi enrichir les expérimentations scientifiques consacrées à la couleur-lumière. En peinture, l'acte pictural consiste à superposer plusieurs couches de couleurs opaques ou transparentes sur la surface de la toile. Chaque couche de peinture concrétise une strate, possédant une nature spécifique structurant l'ordre selon lequel elle est apposée. L'œuvre achevée résulte d'une expérience temporelle et matérielle au sens où chaque coup de pinceau peut s'afficher comme un possible dernier jusqu'à ce que la surface picturale lui expose sa finalité. La réalité matérielle du champ de la peinture permet la superposition de couches, la juxtaposition de touches mais pas la permutation comme en image informatique. Il est impossible de déplacer ou d'effacer des touches en peinture, de revenir à une étape antérieure du processus pictural, malgré des grattages ou des gommages successifs. Cela devient possible dans un monde virtuel où la création d'une image numérique s'opère dans une dynamique de l'aller/retour. La dernière version de l'image reste de la couleur en surface sans aucune profondeur. Des plages colorées se mêlent entre elles pour générer une œuvre virtuelle abstraite. À propos de cette notion de couleur fluctuante laissée en suspens à un instant précis, il faut rappeler qu'en peinture, un mouvement artistique appelé «colorfield»³⁰ illustre cette représentation de la



Figure 8. Orange and yellow, peinture, Mark Rothko, 1956.

couleur fluide. Ce terme «colorfield» signifiant littéralement «champ coloré», fut utilisé par le critique Clement Greenberg à propos d'artiste comme Mark Rothko [figure 8].

Ici, la couleur ne montre pas le relief de sa pâte bien au contraire, la couleur saturée emplit l'espace du tableau. La technique du «staining» (imprégnation) dépose les couleurs en voiles successifs d'une épaisseur impalpable, se chevauchant les unes les autres mais sans créer la moindre profondeur. Ce champ de la couleur-surface reflète en retour certaines pratiques de la couleur numérique. Dans une série photographique, l'artiste Thomas Ruff [figure 9] a travaillé sur les pixels de l'image pour nous offrir une véritable sublimation de la couleur en une désintégration formelle multicolore. Alors que certaines de ses images sont fidèles à la réalité, d'autres ont été manipulées jusqu'à noyer les figures et les formes dans une abstraction pure. Le pixel n'est ici que pure essence semblable à des *Substrats*, titre de ses photographies nébuleuses de pixels fluides. La forme représentative a été absorbée par des ondes colorées, par des pixels flous qui se fondent entre eux.

Vers la couleur lumière

En associant la discontinuité à la précision numérique, la technologie informatique a permis le contrôle total de l'image. Cet intérêt pour la maîtrise de la couleur point par point a été ressenti par les peintres bien avant que l'état des technologies l'eût autorisé. Les néo-impressionnistes ont abordé le problème, ils

²⁹ Le glacis est une mince couche de couleur quasi-transparente comme une glace, étendue sur des couleurs déjà sèches pour en harmoniser les teintes et leur donner plus d'éclat. Le terme de glacis est assez récent. Les italiens emploient dès la Renaissance celui de *velatura* signifiant léger voile. C'est un voile faiblement opaque comme une vitre, qui est apposé à la surface.

³⁰ Colorfield: courant artistique des années 1960, signifiant littéralement «champ coloré» ou «champ de couleur». La couleur devient autonome, étendue de manière uniforme et impersonnelle pour éviter toute mise en relief de la pâte et de la touche.

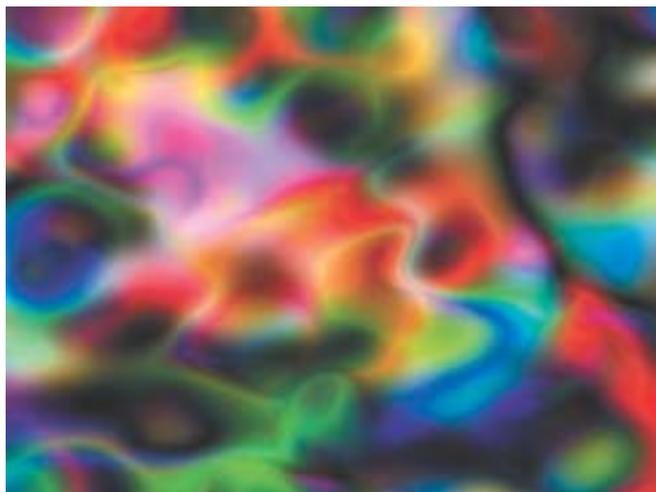


Figure 9. Substrats, photographie numérique, Thomas Ruff, 2003.

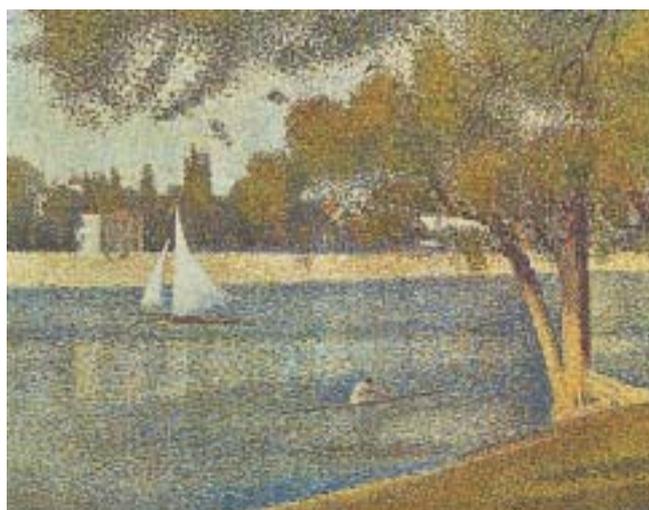


Figure 10. Un dimanche à la Grande Jatte (détail), peinture, Georges Seurat, 1888.

ont exploité la discontinuité de la touche et le mélange optique de pigments purs. Plus tard, la position des touches de couleurs allait être déterminée par des coordonnées spatiales numériques et leurs valeurs chromatiques correspondraient à une échelle discontinue strictement définie.

Ainsi, dès 1886-87, plutôt que de mélanger les couleurs sur la palette, le peintre Seurat [figure 10] adopte une exécution par petites touches circulaires, par points de couleurs pures répartis uniformément sur l'ensemble de la toile. Ce nouveau procédé appelé « divisionnisme » ou « pointillisme », exploite la reconstitution de la lumière par les lois du contraste simultané des couleurs selon Chevreul³¹ et du mélange optique. La couleur se codifie selon des règles précises. Cette réflexion sur la couleur et le dessin est donc influencée par les recherches menées dans la seconde moitié du XIX^e siècle, dans le domaine de la physique de la lumière et de la psychologie de la vision. Le mélange optique des couleurs se substitue au mélange des pigments sur la palette du peintre.

L'objectif premier de la peinture néo-impressionniste est de rapprocher le plus possible les couleurs de la lumière et d'obtenir la plus grande luminosité sans mélanger les tons sur la palette. La couleur devient ainsi une tonalité « épurée » autonome et distincte de l'objet, transcendant sa forme pour déployer sa propre dynamique dans des arabesques libres et des mouvements fluides. Outre la séparation éloquentes des techniques et des contextes culturels, les travaux entrepris par les artistes utilisant les nouveaux médias s'apparentent significativement aux recherches des impressionnistes. En effet, les artistes impressionnistes travaillaient la couleur-lumière comme les artistes vidéastes actuels, répondant aussi au principe de la synthèse additive des couleurs mise à l'œuvre dans le domaine télévisuel. La télévision en couleurs fonctionne à l'aide de trois tubes émetteurs : un rouge, un bleu et un vert, et d'un écran phospho-

rescent où s'effectue le mélange des couleurs. De plus, les différentes conceptions de la nature physique de la lumière³², permettent de comprendre la propension actuelle de certains artistes, aidée par l'essor des nouvelles technologies, à vouloir matérialiser la lumière et corporaliser son ultime élément lumineux. Par un bref retour historique, rappelons que la lumière formée par des particules élémentaires remontent aux Atomistes de l'Antiquité, puis beaucoup plus tard, la lumière se compose de corpuscules qui se propagent à une grande vitesse selon la théorie de Newton. Ainsi, au cours de l'histoire de l'art, des particules pigmentaires jusqu'aux particules lumineuses, la couleur oscille entre les champs de la matière et de la lumière, et se métamorphose peu à peu pour devenir numérique.

Couleur virtuelle

Alors que la surface pigmentaire renvoie la lumière qui la touche et la détermine, l'image issue du moniteur, crée sa propre lumière. En tant qu'entités élémentaires de l'image, les pixels symbolisent l'état organique de l'image avant sa création en tant qu'apparence. Pur et primitif, comparé à un gène, le pixel permet à la morphogenèse de l'image de s'accomplir. Après avoir éclairé précédemment, la notion étymologique du terme « pixel » et afin de constater toute la complexité soulevée par ce terme, reprenons le précieux relevé effectué par Dominique Avron, énumérant ses différents usages pratiqués dans le vocabulaire infographique, qui selon lui, ne sont pas tous légitimes :

- « - le pixel, tache de couleur locale sur l'écran pouvant servir d'unité de mesure pour l'infographie ;
- le pixel, charge électrique invisible inscrite sur un support magnétique ou dans un micro-processeur ;

³¹ [Chevreul] M. E. CHEVREUL, *De la loi du contraste simultané des couleurs et de l'établissement des objets colorés*, Paris, Pitois-Levrault, 1839.

³² [Maitte] B. MAITTE, *La lumière*, Paris, Seuil, 1981. Cet ouvrage a ici constitué une source indispensable d'informations.

- le pixel, mesure dont la finesse dépend de la fréquence d'échantillonnage et de la précision de la quantification ;

- le pixel, expression logique qui code la valeur et l'adresse de l'échantillon selon les successions de zéros et de uns ;

- le pixel, unité de surface dont le nombre total détermine la résolution de l'écran ou de l'image³³». La définition du pixel évolue donc entre sa fonction interne et invisible au creux de l'ordinateur et son usage visuel en tant qu'élément de surface s'actualisant sur l'écran. La définition du pixel est donc floue et son sens diffère par rapport au territoire disciplinaire où il évolue. Le *Dictionnaire du multimédia* lui offre par exemple, une définition et une fonction propres au domaine de l'audiovisuel et de l'informatique : « Pixel: [Anglais: pixel] Élément d'une image. On utilise ce terme pour désigner la plus petite partie homogène d'une image. Le pixel sert d'unité de mesure de la définition d'une image. Le nombre de pixels, pour une même image, diffère en fonction du support : lors d'un affichage, il dépend de l'espacement propre à l'écran, lors d'une impression, il dépend de la qualité de l'imprimante et du grain du papier. *Étymologie* : emprunt à la langue technique anglaise³⁴ ». Mais le pixel reste une entité virtuelle qui appartient à l'image et correspond à un calcul. Aujourd'hui, avec l'essor des nouvelles technologies, le pixel demeure mais dans des univers informatiques différents. En effet, de façon générale, deux types d'écrans coexistent : le premier, classique, travaille avec un tube à rayons cathodiques (CRT ou *Cathode Ray Tube*) ; le second, plus récent, met en œuvre des cristaux liquides (LCD ou *Liquid Crystal Display*), et non plus un tube à faisceaux électroniques. Les moniteurs sont la plupart du temps des tubes cathodiques même si aujourd'hui, les écrans plasma se généralisent de plus en plus. C'est au cœur d'un écran CRT que les luminophores rouge, vert, bleu agissent, ils sont si proches les uns des autres que l'œil n'a pas un pouvoir séparateur assez fort pour les distinguer. Juxtaposés trois par trois, les luminophores sont si petits et si rapprochés les uns des autres que notre œil les confond en un point unique qui est le pixel. La couleur du pixel est donc formée par le mélange des trois poudres de phosphore, bombardé par un faisceau d'électrons. Pour l'observer, il suffit de se servir de l'instrument loupe qui fournit un nombre d'agrandissements successifs aboutissant à une surface unitaire. Désormais, le « peintre numérique » ne travaille plus avec des pigments, des pinceaux, des outils réels mais avec des symboles qui constituent le langage des programmes informatiques. En effet, les matériaux de la simulation ne sont plus ceux du monde réel. Selon les réflexions du théoricien Edmond Couchot, l'art numérique associe symbiotiquement, et hybride au niveau le plus profond, quasi génétique, des domaines de la connaissance extrêmement divers qui n'avaient jusqu'alors aucun point commun. L'interpénétration entre les arts plastiques et les arts visuels devient alors évidente au sein de l'art numérique.

³³ [Avron] D. AVRON, *Le Scintillant. Essai sur le phénomène télévisuel*, op. cit., p. 50.

³⁴ [Notaise] J. NOTAISE, J. BARDA, O. DUSANTER, *Dictionnaire du multimédia*, Paris, AFNOR, 1995, p. 657.

D'après Patrick Callet³⁵, une connaissance approfondie de la substance pigmentaire, de la couleur-matière pourrait permettre d'exploiter scientifiquement les images déjà numérisées et ainsi assurer la relation « couleur-matière » qui fait défaut aujourd'hui aux scientifiques qui tentent de représenter virtuellement la couleur réelle. En utilisant un langage issu de la peinture, les logiciels de traitement d'image autorisent une représentation virtuelle et lumineuse de la matière. Le travail artistique de la couleur numérique utilise les acquis traditionnels de la peinture et leurs différentes strates pour instaurer non pas de la peinture mais quelque chose de nouveau qui se pratique dans une dimension autre, avec des couches de natures différentes. En effet, les couleurs de la peinture appliquées sur la toile sont incomparables avec les couleurs de l'image écranique. Un peintre peut s'enthousiasmer ou s'embarrasser devant le choix infini des nuances colorées offertes par la palette numérique. Cependant, la couleur des images reste immatérielle au niveau du concept, elle n'a aucune consistance, aucun poids autre que visuel. La qualité parfaite de la couleur acquise au niveau optique pourrait à l'extrême, doter la couleur d'une dimension froide et insensible. Mais l'art numérique ne peut faire table rase du passé, et des artistes tentent aujourd'hui de redonner à cette couleur de synthèse, une nature sensorielle. La couleur numérique ne s'accomplit plus comme une surface neutre, froide, sans origine, ni passé mais, bien au contraire, elle *incarne* une texture chargée de sens. La couleur digitale n'est plus parfaite et lisse mais elle renoue avec le sens tactile, elle s'affiche comme sensuelle, animée par une histoire et un vécu. Ainsi, cette luminosité des images numériques renvoie à l'art du vitrail, grand art de la *lux* ou lumière divine à l'usage des illettrés. Ce spectacle lumineux peut alors se transposer à notre époque car l'émerveillement visuel perdue au cœur de ces images lumineuses qui apparaissent sur un écran de verre pour sublimer un monde, par la magie des nombres, combinatoire de la matrice numérique. La couleur est littéralement sublimée³⁶ au sens où elle s'est détachée de sa dimension matérielle pour se vaporiser dans une poudre de couleurs-lumière au sein de l'image numérique.

Références

Art et sciences de la couleur

- J. AUMONT, *Introduction à la couleur : des discours aux images*, Paris, Armand Colin, 1994.
- G. BALLAS, *La couleur dans la peinture moderne. Théorie et pratique*, Paris, Adam Biro, 1997.
- C.-A. BEERLI, *Poétique et Société des couleurs. Essai sur la vie des couleurs entre elles et dans l'histoire*, Genève, Georg, 1993.
- M. BRUSATIN, *Histoire des couleurs*, Paris, Flammarion, 1986.

³⁵ [Callet] P. CALLET, *Couleur-lumière, couleur-matière, Application à la synthèse d'images*, Diderot multimédia, 1998.

³⁶ Le terme « sublimée » est ici utilisé dans son sens physique. La sublimation est le passage de l'état solide à l'état gazeux.

- C. CENNINI, *Le livre de l'art ou traité de la peinture*, traduit par Victor Mottez, Paris, F. de Nobele, 1978.
- M.-E. CHEVREUL, *De la loi du contraste simultané des couleurs et de l'établissement des objets colorés*, Paris, Pitois-Levrault, 1839.
- C.N.R.S., *Pigments et colorants de l'Antiquité et du Moyen Age. Teinture, peinture, enluminure, études historiques et physico-chimiques*, colloque international du C.N.R.S. Département des Sciences de l'Homme et de la Société, Paris, C.N.R.S., 1990.
- L. COULOUBARITSIS, J.-J. WUNENBURGER dir., *La couleur*, Bruxelles, Ousia, 1993.
- F. DELAMARE, B. GUINEAU, *Les matériaux de la couleur*, Paris, Gallimard, 1999.
- F. DE MEREDIEU, *Histoire matérielle et immatérielle de l'art moderne*, Paris, Bordas, 1994.
- J. ITTEN, *Art de la couleur. Approche subjective et description objective de l'art*, Paris, Dessain et Tolra, 1999.
- N. LEMAIRE D'AGAGGIO, R. DAUDEL, *La science et la métamorphose des arts*, Paris, PUF, 1994.
- R. MAUREL, J. BRUNAIS, *La conquête de la couleur*, Paris, Denoël, 1956.
- M. PASTOUREAU, *Couleurs, images, symboles. Études d'histoire et d'anthropologie*, Paris, Le Léopard d'or, 1989.
- G. ROQUE, *Art et science de la couleur: Chevreul et les peintres de Delacroix à l'abstraction*, Nîmes, Jacqueline Chambon, 1997.

Art et nouveaux médias

- D. AVRON, *Le Scintillant. Essai sur le phénomène télévisuel*, Strasbourg, Presses universitaires de Strasbourg, 1994.
- J.-P. BALPE, «Les concepts du numérique», *Les cahiers du numérique*, Vol. 1, n°4, 2000, p. 13-36.
- J. BARDA, O. DUSANTER, J. NOTAISE, *Dictionnaire du multimédia*, Paris, AFNOR, 1995.
- A. BEYAERT, «L'esthétique du pixel» dans *Communication & Langages*, n° 138, décembre 2003, Paris, Armand Colin, pp. 25-41.
- E. COUCHOT, *Images. De l'optique au numérique*, Paris, Hermès, 1988.

- E. COUCHOT, «Les promesses de l'hybridation numérique», *X L'œuvre en procès, croisements dans l'art*, Vol.1, Paris, Publications de la Sorbonne, 1996, p. 65-75.
- E. COUCHOT, *La technologie dans l'art. De la photographie à la réalité virtuelle*, Nîmes, Jacqueline Chambon, 1998.
- E. COUCHOT, N. HILLAIRES, *L'art numérique*, Paris, Flammarion, 2003.
- P. BARBOZA, *Les nouvelles images*, Paris, Cité des Sciences/Sanogy/ Éditions d'art, 1998.
- A. MOLES, *Art et ordinateur*, Paris, Blusson, 1990.
- J. LAFON, *Esthétique de l'image de synthèse. La trace de l'ange*, Paris, L'Harmattan, 1999.
- L. POISSANT dir., *Dictionnaire des arts médiatiques*, Presses de l'université du Québec, 1997.
- F. POPPER, *L'art à l'âge électronique*, Paris, Hazan, 1993.
- M. RUSH, *Les Nouveaux Médias dans l'art*, Paris, Thames and Hudson, 2000.

Couleur et lumière

- P. BONTON, C. FERNANDEZ-MALOIGNE, A. TREMEAU, *Image numérique couleur. De l'acquisition au traitement*, Paris, Dunod, 2004.
- P. CALLET, *Couleur-lumière, couleur-matière. Application à la synthèse d'images*, Diderot multimédia, 1998.
- B. MAITTE, *La lumière*, Paris, Seuil, 1981
- «La couleur», *Pour la Science*, dossier hors-série, Paris, Scientific American, avril 2000.
- «De la lumière», *Revue d'esthétique*, Paris, Jean-Michel-Place, n° 37, 2000.

Perception de la couleur

- M. MERLEAU PONTY, *Phénoménologie de la perception*, Paris, Gallimard, 1945.
- J. NINIO, *L'empreinte des sens*, Paris, Odile Jacob, 1991.
- F. SAINT-MARTIN, *Sémiologie du langage visuel*, Sillery, Presses de l'Université du Québec, 1987.



Sandrine Maurial

Sandrine Maurial est Attachée Temporaire de l'Enseignement et de la Recherche en arts plastiques, artiste plasticienne et Doctorante en Arts à l'Université Michel de Montaigne de Bordeaux III, au sein de l'équipe de recherche IMAGINES qui travaille de manière transversale sur les représentations visuelles sous toutes leurs formes, sur leur contexte d'apparition et sur leur environnement d'interprétation. Son objet d'étude porte sur la perception des différents états matériels de la couleur au cours de l'histoire de l'art, issue des problématiques actuelles liées aux nouvelles technologies. Un travail artistique est mené en parallèle afin d'expérimenter concrètement la matière pigmentaire dans des mises en scènes virtuelles. Sa dernière publication intitulée «Une alchimie lumineuse: le pigment sublimé en pixel» paraît dans la revue *Communication & langages*.