

Simon DINER

# ART ET SCIENCE

## de la couleur

### La couleur : une logique de l'apparence

A cheval sur l'Art et la Science, l'étude et l'emploi de la couleur ont mobilisé les plus grands artistes et les plus grands savants, tout en constituant le sujet de débats épistémologiques et philosophiques incessants. On ne peut cependant que regretter que la connaissance de la couleur reste un des parents pauvres de la culture contemporaine. Et ce d'autant plus que l'omniprésence de la couleur, banalisée par les technologies, tend à occulter l'ensemble des développements théoriques et conceptuels qui la concernent.

La couleur est l'objet de très nombreuses publications de livres, de revues et de documents sur le web. Mais la règle générale est un cloisonnement total ou partiel. Comme dans d'autres domaines, tels que la musique et la littérature, les artistes participent rarement aux débats, qui sont l'affaire des "spécialistes critiques", c'est à dire de ceux qui "savent" mais qui ne "font" pas. Par ailleurs, il y a toujours une ou deux catégories de spécialistes absentes des confrontations. Ainsi voit on paraître des textes rassemblés par des philosophes où les physiciens sont absents (ex. Lambros Couloubaritsis et J.J. Wunenburger, eds. La Couleur. Ousia. 1993), des textes regroupés par une revue scientifique où les philosophes sont absents (ex. Dossier. Pour la Science. Avril 2000. La Couleur), des textes regroupés par une revue d'histoire de l'art et des civilisations où les physiciens s'expriment peu et les philosophes, psychologues et spécialistes des sciences cognitives-un neurophysiologiste excepté- n'ont pas droit de cité (ex. Techne-revue du Centre de Recherche et de Restauration des Musées de France- No 9-10. 1999. Couleur et perception). On notera cependant que dans ce dernier cas, place est faite à deux aspects inhabituels du discours sur la couleur : l'aspect sémiotique (qui reste largement à développer) et l'aspect informationnel qui s'appuie sur le bouleversement de l'Optique par les méthodes de la théorie du Signal.

Sémiotique et Théorie de l'Information poursuivent d'ailleurs les mêmes objectifs à long terme. Sans oublier leur convergence avec la forme moderne de la mécanique, la théorie des systèmes dynamiques non linéaires, qui envahit progressivement le territoire des sciences cognitives.

La scène scientifique a beaucoup changé depuis quelques décennies, mais ces changements ne sont souvent perçus qu'au niveau factuel et leur portée méthodologique et idéologique se dégage rarement. A moins de s'engager dans des discours sur l'esprit du temps que l'on qualifie avec plus ou moins de bonheur de "postmoderniste".

Le domaine de la couleur est un domaine ultra-sensible pour ces prises de position scientifiques et intellectuelles.

Ainsi, on ne peut que regretter de voir tous les écrits sur la couleur empoisonnés sans cesse par la confusion entretenue entre "mélange" et "superposition", confusion sacrilège aux yeux de tout physicien quanticien; et de tout physicien en général. Confusion qui empêche de bien comprendre la différence entre synthèse additive ("mélange optique") et synthèse soustractive (véritable mélange de pigments), comme le montre une récente expérience dans les classes préparatoires des lycées français. On laisse croire ce faisant que la théorie de la lumière blanche selon Newton est correcte, alors que la lumière blanche n'est pas un mélange physique de lumières colorées, mais peut se "représenter" par une superposition mathématique de composantes de Fourier monochromatiques". Face à la revanche d'Aristote ( la lumière blanche est un signal complexe homogène) et à la physique mathématique de Fourier (analyse des phénomènes complexes par superposition de phénomènes simples) la position de Newton est devenue intenable. Et pourtant elle empoisonne toute la littérature, car elle convient bien à l'idéologie platonicienne de la constitution des formes complexes à partir de formes simples préexistantes, idéologie renforcée au XX ème siècle par le triomphe de l'atomisme. Elle ne fait pas place à la résurgence spectaculaire de la position aristotélicienne de la création des formes par le mouvement, qui se concrétise dans les conceptions modernes de la dynamique et dans la physique quantique. La fameuse opposition de Goethe à Newton s'inscrit précisément dans cette dualité fondamentale des visions de la nature, sans que Goethe ait à sa disposition les arguments scientifiques que nous pouvons faire valoir aujourd'hui.

Goethe était cependant un maillon dans une chaîne de pensée qui défend la construction dynamique de la forme (la couleur est une forme particulière que construit le cerveau) comme propriété émergente. Une conception qui hante la philosophie naturelle dans l'esprit d'un néo-aristotélisme. Aristote, Leibniz, Goethe, Schelling, Husserl, Stéphane Leduc, D'Arcy Thomson, Waddington, la Gestalt Theorie, Turing, Thom et la théorie des catastrophes en sont les héros. Conception qui a connu au XXème siècle des développements scientifiques majeurs dans le cadre de la théorie des systèmes dynamiques, où l'on a mis en évidence des mécanismes d'apparition des formes. Ces mécanismes exploitent la propriété mathématique (physique) de non linéarité de la dynamique, à l'origine du phénomène d'émergence transcendante de la forme.

Il semble que la dynamique nonlinéaire offre un langage pour décrire de nombreux aspects du fonctionnement du cerveau. C'est le cas pour les rythmes cérébraux qui se manifestent dans les électroencéphalogrammes. La dynamique non-linéaire permet de comprendre des phénomènes totalement obscurs du point de vue linéaire. La mémoire et l'oubli, les prises de décision, le contrôle moteur, les

potentiels d'action de l'influx nerveux, les phénomènes d'adaptation ne peuvent plus être compris de manière intelligente sans avoir recours à des propriétés de systèmes nonlinéaires. Il en va sans doute de même pour la couleur.

On ne s'étonnera alors pas de la richesse des débats épistémologiques et philosophiques autour de la couleur. Débats qui se déroulent sur le même "plateau" que ceux qui concernent la mécanique quantique. Perception de la couleur tout comme observation de l'objet quantique se déroulent sur la même scène philosophique et mobilisent les mêmes concepts et les mêmes doctrines. Il n'est pas surprenant d'ailleurs de voir les mêmes acteurs prendre part aux débats sur la couleur ou à ceux sur les rapports entre la mécanique quantique et la conscience. Les débats tournent chaque fois autour de l'observation (ou de l'observateur) dans l'apparition des propriétés. Les mêmes éventails de positions se déploient, depuis l'objectivisme strict, avec ses variantes physicalistes ou dispositionnalistes, jusqu'au subjectivisme intégral avec sa cohorte des qualia et de l'intentionnalité.

A ceux qui pensent que la Couleur révèle la nature du monde et à ceux qui soutiennent -à juste titre d'ailleurs- qu'elle révèle la nature du cerveau (avec l'oeil pour "éclairer") on a envie d'opposer ceux qui penseront un jour, qu'à travers la couleur la nature du cerveau révèle la nature du monde. Il y a là comme une boucle fermée essentielle, tout comme si, allant de la syntaxe vers la pragmatique en passant par la sémantique, on refermait la pragmatique sur la syntaxe pour la justifier. Les signes et leur syntaxe ne valent que s'ils assurent une bonne correspondance avec le réel.

Semir Zeki, le neurobiologiste, spécialiste bien connu de la vision des couleurs, suggère une telle démarche dans la conclusion d'une de ses présentations du problème de la couleur :

*"Plus sans doute qu'aucun autre aspect de la vision, son étude - celle de la couleur - nous force à modifier notre conception du rôle des aires sensorielles du cortex cérébral. Cette étude commence à nous faire comprendre que le cortex ne se borne pas à analyser les couleurs de notre environnement visuel. En fait il transforme l'information qu'il recueille pour créer des couleurs, qui deviennent des propriétés du cerveau et non du monde extérieur. Mais en même temps, le cerveau rapproche autant que possible ces constructions - les couleurs - des constantes physiques dans la nature, et dans ce processus, il se rend aussi indépendant que possible de la multitude des modifications de l'environnement.*

*Pour faire écho aux lignes de conclusion de Charles Darwin dans son grand livre, il y a là une splendeur dans cette vision du cortex cérébral, qui en partant de l'information perpétuellement changeante qui lui parvient, distille les véritables constantes de la nature et construit la variété pratiquement infinie des couleurs qui, outre qu'elle agit comme mécanisme de signalisation, enrichit notre expérience du monde visuel".*

S. Zeki. Color vision and functional specialisation in the visual cortex

Le problème de la couleur soulève ainsi les deux problématiques essentielles de la biologie: l'adaptabilité et la stabilité. C'est par là que la couleur s'intègre aux développements récents des sciences cognitives lorsqu'elles cherchent à incorporer le savoir sur les systèmes dynamiques nonlinéaires. Le rôle central de la stabilité joue là un rôle que l'on retrouve dans le problème de la couleur.

Remarque fondamentale que l'on retrouve chez d'autres auteurs. Ainsi Jean Le Rohellec conclut une étude sur les couleurs subjectives :

*"On peut s'étonner de la stabilité du monde, alors que la neurophysiologie nous enseigne que la totalité des signaux générés au niveau de la rétine ont pour origine une information différentielle, c'est à dire une modification - par essence une instabilité - des composantes spatiales, lumineuses, spectrales et temporelles de la scène physique. La perception d'un monde stable n'est elle pas comme l'équilibre postural, la résultante d'une succession d'états instables organisés temporellement ?"*

Jean Le Rohellec. Les couleurs subjectives : l'illusion d'une illusion. Techné. 1999.

Expression confuse, qui laisse entendre cependant que la stabilité de la vision des couleurs résulte de phénomènes dynamiques...

Au XIX<sup>ème</sup> siècle, la couleur constitue le front avancé des relations fructueuses entre l'Art et la Science. La science physique de la couleur se constitue de par les travaux remarquables de Young, Chevreul, Maxwell et Helmholtz, et de par les avancées spectaculaires de la chimie et les découvertes de la spectroscopie (Kirchoff). La couleur est un intense pôle d'intérêt scientifique et il ne faut pas s'étonner de voir encore en 1920 le grand physicien Schrödinger se passionner pour la couleur avant que de créer en 1926 la seconde révolution scientifique du siècle, la mécanique ondulatoire.

C'est là toute une époque où l'image positive de la science, se muant souvent en un scientisme, chante d'un progrès qui s'accompagne d'utopies révolutionnaires, va fortement influencer les artistes, peintres et architectes en particulier. De l'Impressionnisme aux Avant-Gardes, une idée commune de l'unité de culture entre l'Art et la Science domine l'époque. La connaissance de la couleur mène à une libération de la couleur. Une époque qui s'achève lorsque survient la seconde guerre mondiale.

L'après-guerre voit la scène se modifier totalement. Une image négative de la Science s'infiltré dans la culture, motivée tout autant par l'horreur de la guerre "technologique", que par les abîmes d'abstraction où s'enfoncent les théories physiques fondamentales. Après Schrödinger, aucun physicien d'envergure ne travaille sur la couleur, comme si l'on craignait de s'aventurer dans un univers subjectiviste, que l'on abandonne aux sciences cognitives en plein développement. Sans oublier cependant le "flirt" de la mécanique quantique avec la "conscience" de l'observateur.

Si la neurophysiologie a fait progresser la description des lieux biologiques et des faits biochimiques qui interviennent dans l'élaboration de la couleur, elle n'a pas élaboré un message à l'usage des artistes. Il n'en est pas résulté un surcroît d'intérêt de la part des peintres, alors que se mettent en place les conditions d'une expérimentation commune. C'est bien ce que soutient le neurophysiologiste S. Zeki dans ses nombreuses interventions sur l'art.

La problématique de la couleur se trouve englobée dans celle de la vision en général, mais elle n'a pas dans cette niche autant progressé que le traitement et l'engendrement des images. Les exigences de l'activité techno-économique ont cantonné la couleur dans des démarches empiriques et utilitaires, réservant le gros des recherches aux procédés de production, de compression et de transmission.

La couleur n'a pas encore véritablement profité des méthodes de la théorie de l'information, de la reconnaissance des formes, de l'analyse statistique des images, de la morphologie mathématique et des théories de l'apprentissage. Elle n'apparaît pas ou peu dans les enseignements d'intelligence artificielle, de vision artificielle et d'analyse d'image. Tout un savoir qui ne profite pas aux artistes, ou... ne les intéresse pas, méfiants qu'ils sont de ce que peuvent leur apporter l'engendrement mathématique des formes (ex. fractals) ou la création artistique selon des algorithmiques numériques.

Bizarrement, la couleur a perdu le contact avec les progrès de l'optique qui ont bouleversé de fond en comble notre connaissance de la lumière. L'apparition des lasers, nouvelles sources de lumière (et de couleur), le caractère aléatoire profond des phénomènes lumineux et la découverte de conditions où la lumière présente des caractères totalement non classiques (avec la promesse d'applications technologiques révolutionnaires), laisse indifférent le monde artistique de la couleur, sauf à jouer avec des lumières lasers ou utiliser des imprimantes lasers... Néanmoins les couleurs physiques s'introduisent dans la pratique des peintres par l'emploi fascinant des peintures iridescentes, avant-garde de technologies avancées de manipulations de nanoparticules. Les peintures caméléons, qui se modifient avec l'environnement ou sur commande, sont pour demain.

Le véritable enjeu de la couleur, signe construit, élément d'un langage, est dans l'élaboration du sens des couleurs. C'est la problématique qui hante les peintres depuis toujours.

Une sémiotique de la couleur, voilà un programme d'autant plus fascinant que l'on est en présence d'un domaine où sont réunis tous les acteurs du sens : le phénomène physique, les actes d'observation, la structure mathématique de l'espace des observations, le "constructivisme social" qui redresse sans cesse ce que l'on "voit" pour faire voir ce que l'on ne voit pas... .

Les caractéristiques de signal physique de la lumière-couleur n'ont pas été exploitées dans un cadre sémiotique informationnel. Historiquement cela provient sans doute du caractère restreint d'approches informationnelles de l'art comme celles tentées par A. Moles ou M. Bense. Restrictions provenant de ce que la théorie classique de l'information s'est limitée au niveau syntaxique, et n'a pas

réussi malgré des efforts dispersés, à se formuler au niveau sémantique (voire pragmatique). Défauts bien connus de la théorie de l'information qui néglige le rapport entre la matière et la forme et cherche à élaborer une théorie de la forme pure. Tout comme une certaine esthétique qui considère la beauté comme abstraite et indépendante du support.

Or on assiste aujourd'hui, sous la pression des théories quantiques, à une retraite de la théorie classique de l'information devant le slogan : "L'information est physique". Slogan lancé par le très grand physicien Rolf Landauer, qui vient de mourir, et qui a établi une loi fondamentale : "Il faut dépenser de l'énergie ( $kT$ ) pour effacer 1 bit d'information".

Cette nouvelle théorie de l'information relancera-t-elle la sémiotique ? En particulier dans un domaine aussi sensible que celui de la couleur.

On voit aussi là des convergences possibles avec les travaux de Thom et Petitot (Morphogenèse du sens). Sans parler des rapports entre sémiotique et biologie dans les travaux des biosémioticiens. Tout ceci concerne la couleur au premier chef.

Dans l'état actuel des connaissances physiques et neurophysiologiques, le statut de la couleur est analogue au statut de la microphysique. On se borne à une mise en forme de la logique des apparences, qui si elle est accomplie par la mécanique quantique en microphysique, est loin d'être aussi achevée pour la couleur. Les mécanismes fondamentaux manquent encore, comme en microphysique d'ailleurs, ce qui n'empêche pas dans les deux cas de pouvoir poser les bonnes questions, celles qui ont des réponses, faisant ainsi avancer la maîtrise technologique des phénomènes.

La couleur est en fait un problème très complexe, qui attend encore des travaux décisifs. Les artistes ne doivent pas être les derniers à contribuer à ces travaux tout en nous émerveillant.

## **Le physicien et la couleur**

Il faut reconnaître que le physicien lui même est souvent mal à l'aise devant la diversité des langages de l'optique. La lumière est l'objet de différents discours qui se développent souvent de manière autonome avec un passage problématique de l'un à l'autre. Il n'y a pas une Optique, mais de nombreuses Optiques. L'optique géométrique, l'optique ondulatoire (électromagnétique), l'optique de Fourier, l'optique statistique, l'optique informationnelle, l'optique semi classique ( lumière classique agissant sur la matière quantifiée), l'optique quantique (lumière quantifiée), sans parler de l'optique non linéaire ou de l'optique cohérente des lasers. Et pour couronner le tout une optique physiologique.

Selon ses besoins le physicien adopte le langage propre à chacun de ces territoires, et à du mal à passer d'un langage à l'autre.

Le problème de la couleur vient taquiner tous ces territoires à la fois, et si certains formalismes mathématiques sont sans ambiguïté, les concepts ont souvent du mal à se raccorder les uns aux autres.

Le plus célèbre de ces raccords problématiques se trouve dans la fameuse relation de Planck, fondant la théorie quantique en reliant l'énergie à la fréquence  $E = h \nu$ . Relation phénoménologique dont le sens physique profond échappe, même si elle fonde la théorie du photon, en affirmant le mystérieux dualisme onde corpuscule. Les discours reliant énergie et fréquence sont toujours délicats et contiennent des pièges où tombent la plupart de nos contemporains. Ainsi dans un document rédigé par un cardiologue pratiquant l'ablation de flutter par radiofréquences et que l'on fait signer au patient, on décrit l'intervention comme l'application d'une énergie **appelée** radiofréquence.

Explication faite, le cardiologue reconnaît, mais s'en moque au fond de lui même.

Il ne faut pas en vouloir aux peintres s'ils se perdent dans tout cela et en font autant, tout en prétendant s'abriter derrière des données scientifiques. Les peintres comme les physiciens sont impressionnés par les succès au XIX<sup>e</sup> et au XX<sup>e</sup> siècle d'un domaine majeur de l'optique : la spectroscopie, inaugurée par l'expérience du prisme de Newton. Il s'en dégage une tendance à assimiler propriétés spectroscopiques et propriétés chromatiques, longueur d'onde et couleur. En négligeant le fait majeur du rôle de l'œil et du cerveau dans la prise en compte des propriétés spectroscopiques. Une physique sans observateur reste impuissante à rendre compte des phénomènes chromatiques. Et pourtant bien des écrits de peintres ou de critiques tentent de tirer des propriétés spectrales des conclusions sur la nature et la qualité des couleurs. Ce que Georges Roque appelle une « métaphysique de la couleur ». Témoin Jean Clair, pourtant sensible aux rapports entre l'art et la science :

« .....le violet se caractérise par la fréquence ondulatoire la plus élevée du spectre visible et par l'état corpusculaire le plus ténu. Au delà du violet commencent les radiations invisibles à l'œil nu, tout comme en deçà du rouge commencent les rayonnements calorifiques. Par un curieux retournement de sens par rapport aux interprétations classiques, c'est donc le violet qui apparaît comme la couleur la plus proche, non de la nuit, de l'obscur, de la négativité, mais au contraire de l'immatérialité, de la spiritualité, de l'idéalité de la lumière pure.

.....Au seuil du visible que nous croyons voir et posséder, demeure l'invisible des êtres et des choses que nous perdons, que nous n'avons jamais cessé de perdre et dont le violet à l'extrême de la gamme des couleurs, nous rend l'effigie spectrale »

Jean Clair  
Petite métaphysique du violet dans la peinture de Pierre Bonnard  
1987

Que d'efforts pour tirer des caractéristiques physiques du violet une symbolique métaphysique.

C'est que l'onde lumineuse est caractérisée comme toute onde par la fréquence des vibrations (du champ électromagnétique), la vitesse de phase (vitesse de propagation de la phase, vitesse de propagation du signal lumineux, qui vaut  $c$ , la fameuse constante universelle, pour toutes les ondes électromagnétiques) et la vitesse de groupe (vitesse de propagation de l'énergie) égale à  $c$  dans le vide. Cette dernière vitesse est plus petite que  $c$  dans un milieu autre que le vide, parce que le milieu assure la propagation de l'onde par des absorptions et des réémissions successives qui freinent la progression de l'énergie. C'est ce qui définit la réfringence ou coefficient de réfraction du milieu  $n = c / \text{vitesse de groupe}$ . La vitesse de groupe tout comme l'indice de réfraction dépendent de la fréquence. C'est l'augmentation de l'indice de réfraction avec la fréquence qui « explique phénoménologiquement » la dispersion de la lumière blanche par le prisme. Mais il faut noter que si le violet est plus dispersé que le rouge, c'est dû à ce que les énergies mises en jeu dans l'interaction avec la matière sont plus grande et de ce fait la propagation en est plus lente. On voit là combien le terme de « vitesse de vibration » utilisé parfois pour désigner la fréquence est malheureux, car plus cette vitesse est grande plus l'onde lumineuse est lente dans un milieu différent du vide.

Il est donc essentiel de prendre en considération les mécanismes microphysiques d'absorption de la lumière. En particulier si l'on veut rendre compte du statut du spectre visible où l'on passe des énergies qui se bornent à faire vibrer les molécules ( infra-rouge) à des énergies qui excitent les électrons (visible et ultra-violet). Ce ne sont pas les qualités propres de la lumière qui sont mobilisées, l'infra rouge valant bien l'ultra violet, mais les possibilités d'interaction de la lumière avec la matière ( et partant avec le système perceptif).

**La grande philosophie de l'optique du XX ème siècle est de comprendre que la lumière ne vaut pas tant comme objet que comme révélateur des possibilités de changement de la matière et comme intermédiaire des interactions entre les éléments matériels.**

Peu importe la vibration, l'essentiel est de voir vibrer la matière sous son influence. Encore ne fait il jamais oublier que l'on n'observe pas la vibration directement, seule l'énergie se manifeste. On n'observe jamais le champ mais le carré du champ, c.a.d. l'énergie. Et c'est cette énergie, ou du moins les échanges d'énergie que la théorie quantique affirme se produire par « paquets » (photons).

La théorie quantique a introduit une grande révolution culturelle en montrant que la lumière ne vaut qu'en tant que vecteur des échanges d'énergie et que ce

sont les réponses de la matière aux sollicitations lumineuses qui font la richesse de l'optique. Cette philosophie ne pouvait s'affirmer au XIX<sup>ème</sup> siècle, tout occupé par la théorie ondulatoire de la lumière. Fresnel et Maxwell y ont écrit une grande partie de l'optique moderne. Mais l'histoire ne s'arrête pas là et l'optique n'atteint sa maturité qu'avec l'étude des interactions lumière-matière, dont le pionnier est Gustav Kirchoff, le héros de la spectroscopie atomique. La lumière devient reine en révélant les spécificités structurales de la matière. Cela devenait de plus en plus clair à la fin du XIX<sup>ème</sup> siècle et l'on peut regretter de les organisateurs de l'exposition « Les origines de l'art abstrait » (Musée d'Orsay. Hiver 2003) n'aient pas noté ce point essentiel de l'histoire de la lumière et de la couleur, en laissant s'exprimer sans commentaires une conception de la lumière-objet, propre au XIX<sup>ème</sup> siècle, en passe de devenir caduque. Emboîtant ainsi le pas aux impressionnistes mais affermissant de ce fait chez la plupart des visiteurs une vision fautive et dépassée du véritable statut de la lumière.

Si l'on a compris ce rôle de la lumière dans la nature, on ne pourra jamais imaginer que l'œil et le cerveau se bornent à **enregistrer des phénomènes lumineux**. Ce serait une exception invraisemblable. La lumière qui rentre dans l'œil va engendrer une cascade de phénomènes physico-chimiques, qui finissent par envoyer dans la conscience tout à fait autre chose que la lumière entrante. La couleur ce n'est pas la longueur d'onde. La couleur est le résultat d'une élaboration complexe, et appartient par ses propriétés à un espace mental tout à fait différent de l'espace physique. Tout comme pour la perception des formes, où l'espace pictural n'est pas l'espace physique euclidien, l'espace des couleurs n'est pas non plus un espace physique euclidien. Le grand physicien Erwin Schrödinger, le père de la mécanique ondulatoire, avait très bien compris le caractère particulier de la géométrie de l'espace des couleurs.

Quand on se persuade que la lumière ne nous intéresse pas tant par ses attributs que par les réponses qu'elle suscite chez des observateurs (physiques ou humains), on ne se laissera plus prendre au mythe de la lumière blanche, « composée » de lumières colorées. La lumière blanche est un phénomène électromagnétique homogène et chaotique, où ne se discernent aucune oscillation périodique ( et donc pas de fréquences). En fait ce qui la caractérise en un point donné, c'est l'absence totale de corrélation temporelle entre les événements électromagnétiques. La magie mathématique de la transformation de Fourier d'une telle absence de corrélation laisserait croire que toutes les fréquences du spectre sont présentes dans la lumière blanche. Mathématiquement oui, physiquement non. C'est l'interaction de la lumière blanche avec un dispositif physique, se comportant comme un filtre, qui va concrétiser telle ou telle fréquence possible du spectre mathématique et la laisser s'exprimer physiquement. Mathématiquement il existe d'ailleurs une infinité de représentations équivalentes et la représentation au moyen de vibrations périodiques ordinaires n'en est qu'une parmi tant d'autres, utile dans certaines

circonstances physiques. De la même manière, un avion qui vole traduit l'existence d'une force globale que l'on peut par une commodité arbitraire décomposer en une force ascendante et une force de translation. De même les couleurs observées dans l'expérience du prisme n'ont aucun privilège. Le croire, comme c'est encore trop souvent le cas aujourd'hui, est une erreur grossière.

**Le spectre coloré à la sortie du prisme n'est pas un attribut de la lumière mais une propriété de diffusion du prisme.** Celui-ci ne trie pas selon une quelconque identité des composantes de la lumière à la frontière de deux milieux. Il CREE ces rayons lumineux « colorés » par diffusion lors du choc de la lumière avec les électrons des atomes, accompagnée d'interférences multiples assurant la propagation rectiligne de la lumière dans diverses directions.

Rappelons que le bleu du ciel est aussi un effet de diffusion et que les couleurs des ailes de papillon proviennent d'effets d'interférence.

**Le pêché originel est de croire que la lumière blanche est composée de lumières colorées.**

Ceci se comprend mieux encore en théorie quantique, où la lumière blanche, pas plus d'ailleurs que toute lumière ne contient matériellement des photons. La règle d'or de la mécanique quantique est que la quantification n'est pas un attribut actuel (variables cachées) mais une potentialité qui ne se manifeste qu'à l'observation, c.a.d. lors de l'interaction avec un milieu matériel. Le photon exprime une possibilité de la lumière (état) qui ne s'actualise que lorsque l'on introduit le prisme. C'était le sujet de la querelle entre Planck et Einstein. Jusqu'à présent la physique a donné raison à Planck.

Ainsi les plus grands principes de la physique montrent que les « lumières colorées » résultent de l'interaction de la lumière avec la matière et sont plutôt des propriétés de la matière que de la lumière. Aussi ne faut-il pas s'étonner de ce que la couleur soit une « propriété du cerveau ». Il ne pourrait en être autrement. **La couleur n'apparaît que lorsque l'on introduit le cerveau et la conscience.**

Il faut bien avouer que tout ceci n'est pas toujours clair dans la tête de bien des physiciens, et que cette discussion est rarement menée jusqu'au bout dans les grands livres d'Optique. Il y a donc chez le physicien une zone d'ombre qui justifie inconsciemment et explique sans doute sa tolérance vis à vis des divagations des peintres et du public en général. En sait-il vraiment plus, malgré sa science ? Ce silence complice empêche de considérer l'optique physiologique comme une optique à part entière.

**Appendices.**

**Articles d'un lexique de philosophie naturelle (en construction).**

## **OPTIQUE QUANTIQUE**

Ensemble des phénomènes optiques où se manifeste l'aspect corpusculaire de la lumière, en particulier à travers les fluctuations\* des propriétés lumineuses. C'est donc l'ensemble des phénomènes optiques où le champ électromagnétique de la lumière doit être traité de manière quantique et où l'électrodynamique quantique\* ( Théorie quantique du champ électromagnétique et de ses interactions avec la matière ) joue un rôle essentiel. L'Optique Quantique, c'est le règne du Photon\*, quantum du champ électromagnétique.

Mais il faut se méfier de ce point de vue qui fait la part trop belle au besoin des physiciens d'élaborer une ontologie de la lumière.

Il vaut mieux dire que l'Optique Quantique est une optique Statistique, pour souligner le fait que la différence essentielle entre l'Optique Quantique et l'Optique Classique n'est pas tant dans l'intervention du photon que dans le rôle fondamental joué par les phénomènes de fluctuation. Le photon permet bien sûr l'interprétation de ces fluctuations, sans perdre de vue qu'il ne s'agit pas d'une petite boule de billard mais d'un objet quantique. D'ailleurs en l'absence de photons, il existe des fluctuations résiduelles (le vide quantique)

L'Optique Quantique commence d'ailleurs historiquement par l'étude des fluctuations dans le rayonnement du Corps Noir\*, ce qui est le sujet des beaux travaux d'Einstein et l'origine théorique de la notion de photon.

. La formulation de l'Optique Quantique n'est d'ailleurs pas, en accord avec l'esprit de la Mécanique Quantique, une description de la nature de la lumière, mais une description de la nature des observations que l'on peut faire sur la lumière, bien souvent d'ailleurs en "détectant des photons".

Les fluctuations sont les fluctuations observées dans ces expériences. Elles sont reliées aux différents états possibles de la lumière, qui sont les seules descriptions théoriques de la nature de la lumière telle qu'elle est observée.

Pour ce qui est des "fluctuations du vide\*" elles ne sont pas observables directement, mais certains effets bien observables peuvent être interprétés en invoquant l'influence de telles fluctuations, ce qui ne suffit pas à prouver leur existence réelle.

## **QUANTUM ( au pluriel QUANTA)**

Le concept de quantum est le concept central de la Théorie Quantique, au point que celle ci se dénommait au départ Théorie des Quanta. En anglais on dit toujours Quantum Theory. Grain d'énergie dans les échanges entre la matière et la lumière, le concept de quantum s'est enrichi au fil du développement de la conception du dualisme\* onde-corpuscule, qu'il a lui même contribué à fonder.

Malgré les réticences de Planck\*, l'inventeur des quanta d'énergie, Einstein\* fit évoluer ce concept en le considérant comme un quantum de lumière. Démarche décisive où le quantum apparaît comme une caractéristique quantique du champ. C'est le héros central de la Théorie Quantique des Champs\*.

En fait entre Planck et Einstein s'instaure le double jeu où s'enfermera la mécanique quantique: d'un côté l'observable\* macroscopique-le grain d'énergie localement détectable par interaction avec la matière( la photodétection\*) - de l'autre l'état\* du système enfermé dans une boîte noire\*, mais qui n'est en rien une description de ce système, sauf à vouloir exhiber des propriétés curieuses ou paradoxales. Ainsi d'un quantum qui caractérise l'excitation du champ, mais qui n'est localisé nulle part et participe d'une "caractérisation" globale du champ. Lui donner un statut de "particule" à cause de son caractère discret, masque mal sa nature profonde d'objet

quantique, englué dans le dualisme onde-corpuscule. Le caractère de particule du quantum est d'une certaine façon purement métaphorique\*. Paradoxalement le quantum-particule se rapporte à des aspects non-locaux du champ alors que la description locale passe par l'utilisation des valeurs du champ en tout point de l'espace-temps.

On ne détecte pas un quantum, mais on peut observer des signaux discrets dont le comptage correspond au nombre de quanta présents dans l'état observé. Ce nombre de quanta est un observable\* non-compatible avec l'observable intensité du champ, car on conçoit bien que l'on ne peut observer le local et le non local dans une même expérience.

Le photon\* est un quantum du champ électromagnétique.

L'absence de quanta pour un champ signifie simplement que le champ n'est pas globalement excité; il est dans son état de plus basse énergie et continue d'exister localement. A zéro quanta correspond l'état de vide du champ. Le Vide Quantique.

Caractéristique non-locale du champ le quantum y joue le rôle fondamental de transporteur d'"interaction" par le champ entre les "sources" du champ. En théorie quantique l'interaction apparaît comme "émission" et "absorption" de quanta du champ.

## MELANGE

Opération consistant à forcer deux entités spatialement distinctes à occuper le même espace (physique ou conceptuel), dans des proportions localement bien définies. C'est une juxtaposition homogène. La forme initiale des entités peut se modifier au point de les rendre non reconnaissables, mais leur identité est inchangée. Dans du café au lait ( ou un lait au café- le renversé suisse) le lait et le café ne sont pas reconnaissables mais ils sont partout présents avec leurs qualités propres. Dans un mélange, la distinction de nature est préservée.

Un mélange est une réunion\* au sens logique, et non pas une addition\* au sens arithmétique, qui est le propre d'une superposition\*.

La théorie de la couleur distingue clairement le mélange des pigments (qui produit une couleur par synthèse soustractive) de l'addition des lumières colorées (qui produit une couleur par synthèse additive).

La mécanique quantique distingue de même des états de mélange, réunion d'états, d'états de superposition\*, addition arithmétique d'états.

## SUPERPOSITION ( en opposition à mélange\*)

Le mot superposition prête à confusion. Dans la langue courante il signifie placer deux choses l'une sur l'autre sans les modifier.

Dans la physique il s'emploie pour signifier l'addition de deux grandeurs, et a une signification arithmétique. La physique linéaire est la physique des phénomènes où les grandeurs physique de même nature définissent par addition de leurs valeurs, les valeurs d'une grandeur physique du même type. Ainsi les vitesses ou les forces s'ajoutent librement selon les circonstances physiques, alors que les températures ne sont pas additives.

**SUPERVENIENCE** ( Dépendance générale. Résonance sémantique ou phénoménologique)

Une forme de dépendance générale entre deux caractéristiques ou propriétés, telle qu'il ne puisse y avoir de différence dans la première sans qu'il y ait de différence dans la seconde, sans que le contraire soit vrai.

On a formulé l'hypothèse que les propriétés mentales sont en relation de supervénience, plutôt qu'en relation d'identité ou en relation physique avec les propriétés physico-chimiques ou neurobiologiques.

On peut penser qu'entre les propriétés et les faits d'une simulation (le "comme si" de la physique) et les propriétés et les faits réels (le "comme ça") il y a une relation de supervénience.

Le "Comme si" est greffé sur un "Comme ça" hypothétique, dans une relation de supervénience. On veut marquer ainsi le fait que le rapport entre les deux n'est pas de type réductionniste\* mais plutôt de type émergentiste\*

## ATTRIBUT

Attribut, propriété\*, qualité\*, caractère, sont des termes qui ont pour fonction de désigner ce qui doit être attaché à un objet\* ou une substance\* pour en marquer la réalité\* ou l'identité\*. Plus généralement ce que le discours déclare appartenir à un sujet. Sans attributs l'objet n'existe pas ou ne se pense pas.

Aristote\* distinguait clairement l'attribut de l'accident\*, faisant de l'attribut une caractéristique nécessaire de la chose. Descartes\* voyait dans l'attribut la propriété essentielle de la substance\* ; il considérait l'étendue\* comme l'attribut de la substance corporelle et la pensée comme l'attribut de la substance spirituelle. Spinoza\* considérait l'étendue et la pensée comme les attributs d'une substance unique. Les matérialistes\*, et à leur suite des générations de physiciens considèrent l'étendue\* et le mouvement\* comme les attributs de la matière\*.

Le rapport qui existe entre un objet et ses attributs est l'un des problèmes les plus anciens de la philosophie et de la métaphysique\*. Le débat porte sur l'indépendance ( ou la séparation ) entre l'attribut et l'objet. C'est le cœur de l'opposition entre la théorie des Formes\* de Platon\* et la conception hylémorphique\* d'Aristote\*, ouvrant sur la polémique entre Réalisme\*, Nominalisme\* et Conceptualisme\*. C'est un des aspects de l'opposition entre immanence\* et transcendance\*.

On peut, nonobstant l'étymologie, envisager de distinguer l'attribut en tant que caractéristique ontologique de l'objet, de la propriété\* comme caractéristique phénoménale ou manifestation en présence d'un objet extérieur (un observateur par exemple). L'attribut est un invariant alors que la propriété est contextuelle\*. La distinction entre attributs et propriétés n'est autre que la distinction historique entre qualités\* primaires et qualités\* secondaires. On parle aussi de propriétés attributives et de propriétés contextuelles.

Tous les attributs se manifestent comme propriétés, mais toutes les propriétés ne sont pas des attributs. Que l'eau dissolve le sucre est plus une propriété qu'un attribut. De ce point de vue la physique classique munit les objets d'attributs, tout en considérant leurs propriétés de réponse\*, alors que la physique quantique ne connaît en général sous le nom d'observables\* que des propriétés révélées par des mesures. Les observables\* de la mécanique quantique sont des propriétés\* et non pas des attributs. Les seuls attributs que connaît la physique quantique sont du type, masse, charge, spin, c'est à dire des attributs caractérisant la nature des particules élémentaires. L'attribut ayant une fonction explicative\* essentielle, l'absence d'attributs liés au comportement microphysique est la raison fondamentale des interrogations, des discussions et des polémiques sur la signification de la Mécanique Quantique\*.

**Le Vide\*** en général pourrait être envisagé comme la conséquence d'une absence d'attributs, mais certainement pas d'une absence de propriétés\*. Cependant ne pas avoir d'attribut est aussi un attribut. Vide est un attribut.

A propos du Vide\* se pose d'ailleurs la question générale lié au caractère universel ou particulier des attributs. Y a-t-il un seul Vide ou autant de vides que de situations physiques particulières. Le Vide est il un universel\* ou un trope\*

## **PROPRIETE**

On conviendra de nommer simplement propriété toute propriété relationnelle\* ou extrinsèque\* pour l'opposer à la propriété intrinsèque\* ou attribut\*. Mais une propriété peut être dispositionnelle\* ou catégorique\* selon qu'elle peut se manifester ou se manifeste explicitement dans l'interaction avec un agent extérieur.

## **PROPRIETE CATEGORIQUE**

Une propriété catégorique d'un objet est une propriété effectivement manifestée lors de l'interaction avec un objet extérieur.

## **PROPRIETE DISPOSITIONNELLE**

Une propriété dispositionnelle est une affirmation de l'existence possible d'une propriété catégorique pourvu qu'on en fasse l'épreuve. Une disposition\* est conditionnelle. Mais dans cet état de potentialité la propriété dispositionnelle prend le caractère d'un attribut, d'autant plus si l'on tente de la justifier par des qualités intrinsèques de l'objet. Ainsi la fragilité d'un vase peut s'expliquer par sa structure microscopique qui est en fait un attribut du vase. En l'absence de recours justificatif la propriété dispositionnelle a pour ambition de donner un caractère intrinsèque ontologique à l'existence d'une potentialité.

La physique fait un usage courant de propriétés dispositionnelles pour caractériser les matériaux ou les milieux. La fragilité, la solubilité, la conductivité, la transparence ...l'énergie potentielle, le puit de potentiel sont dans ce cas.

En mécanique quantique toutes les observables sont dispositionnelles ce qui est une manière de tenir un discours sur une réalité occultée dans la boîte noire\* avant la mesure\*.

Le caractère virtuel d'une propriété dispositionnelle semble devoir empêcher qu'elle puisse avoir une influence causale. C'est le problème de la vertu dormitive chez Molière. Mais les philosophes ne s'accordent pas sur ce sujet.

## **OBJECTIVATION**

Acte d'attribution à un objet, au titre d'attribut\* ou de propriété\*, d'un phénomène ou d'une observation. Objectiver, c'est affirmer qu'une propriété appartient en propre à un objet sans nécessairement pouvoir observer cet objet, et donc lui appartient en l'absence de toute observation. La Mécanique Quantique\* est une description de la nature impossible à objectiver.

## **PROCESSUS ALEATOIRE ou STOCHASTIQUE**

Grandeur aléatoire qui varie au cours du temps. Un processus aléatoire est en fait l'objet mathématique constitué par l'ensemble des évolutions temporelles d'une grandeur aléatoire dans ses divers échantillons expérimentaux. Toutes les trajectoires possibles d'une particule dans le mouvement brownien constituent les réalisations

particulières d'un processus aléatoire. La loi de l'évolution temporelle est donnée sous une forme probabiliste par la fonction d'autocorrélation\* temporelle.

## REPRESENTATION DE FOURIER

Représentation des fonctions comme somme série de fonctions élémentaires de base, telles les fonctions trigonométriques. Cette représentation, dite analyse harmonique est l'instrument mathématique majeur de la théorie du signal\* et en fait un des outils majeurs de la physique mathématique\*.

L'analyse harmonique consiste à représenter une fonction quelconque comme somme de fonctions simples affectées de coefficients (coefficients de Fourier). La simplicité n'étant pas ici définie comme une simplicité algorithmique mais comme une simplicité de comportement – modification simple ou facile à calculer - lors de transformations linéaires, telles que les réalisent certains dispositifs physiques courants (systèmes linéaires\*).

L'analyse harmonique permet ainsi de donner une représentation simple du rapport entre la sortie et l'entrée dans les systèmes linéaires\*. C'est une opération mathématique. Cette représentation n'a pas la prétention de décrire les phénomènes réels qui se déroulent à l'intérieur du système, mais de fournir un simulacre\* qui permet de calculer facilement les relations entre les entrées et les sorties, le seul phénomène qui intéresse souvent le physicien . Un point de vue qui transforme le système physique en boîte noire\*.

Ainsi la représentation de Fourier n'est pas une analyse ontologique mais un outil pour la représentation de l'interaction avec un dispositif physique linéaire. Représenter la lumière blanche comme somme de lumières colorées n'implique pas la présence physique de ces lumières colorées dans la lumière blanche, mais permet de décrire simplement le résultat de l'interaction de la lumière blanche avec un dispositif optique linéaire, un prisme par exemple.

Malheureusement cette dérive ontologique, que traduit l'appellation de décomposition de la lumière blanche, est fréquente chez les physiciens et le grand public. Au point qu'il ne faut pas s'étonner de lire aujourd'hui sous la plumes de physiciens renommés des mises en garde salutaires contre la chosification des composantes de Fourier.

## TRANSFORMATION DE FOURIER

Une fonction dépendant du temps peut être représentée par une série de fonctions trigonométriques avec des coefficients indexés par une variable représentant une fréquence\* ( représentation de Fourier\*). L'ensemble de ces coefficients constitue une fonction de la fréquence, qui exprime le poids de chaque fonction trigonométrique dans la représentation de Fourier. On appelle transformation de Fourier la correspondance entre cette fonction de la fréquence et la fonction initiale dépendant du temps. La transformation de Fourier associe à une fonction son image en fréquences et exprime donc sa composition en fonctions trigonométriques.

## SPECTRE

Ensemble de valeurs possibles d'une grandeur mathématique ou physique, correspondant ou non à une caractéristique particulière. Le spectre peut être un ensemble discontinu (spectre discret ou spectre de raies\*) ou un ensemble continu (spectre continu).

Le terme spectre (latin spectrum) a été à l'origine utilisé par Newton pour désigner la suite ininterrompue de couleurs obtenue par passage de la lumière blanche à travers un prisme. C'est aussi le spectre des couleurs dans l'arc en ciel où les gouttelettes d'eau font fonction de prisme. Ce sont là des spectres physiques.

Par ailleurs on désigne par spectre l'ensemble des composantes en fréquence\* résultant de la transformation de Fourier\* d'un signal\* ou de la fonction d'autocorrélation\* d'un signal aléatoire (spectre mathématique).

Par l'intermédiaire du prisme ou de tout autre dispositif analyseur le spectre physique révèle l'existence du spectre mathématique. Le spectre mathématique n'est pas un attribut\* physique du signal, il en constitue une disposition\* et avertit de l'existence possible d'un spectre physique qui apparaît par interaction du signal avec un dispositif analyseur approprié.

Lorsque le signal (lumière ou son) passe à travers un milieu absorbant (non transparent), il émerge avec une composition spectrale (mathématique) modifiée. Le spectre physique correspondant est appelé spectre d'absorption.

Les opérations physiques qui révèlent les spectres mathématiques des signaux en produisant des spectres physiques constituent un domaine expérimental de la physique appelé spectroscopie\*.

## **SPECTROSCOPIE**

Ensemble de procédés expérimentaux de production de spectres physiques.

La principale spectroscopie est la spectroscopie optique, spectroscopie d'émission ou spectroscopie d'absorption du rayonnement électromagnétique. On distingue aussi différentes spectroscopies selon le domaine de fréquences de la lumière utilisée, car les phénomènes microscopiques impliqués sont très différents. Les phénomènes atomiques relèvent de la spectroscopie des rayons X ou de l'ultra-violet. Les propriétés électroniques des molécules sont révélées par la spectroscopie dans le visible ; c'est le royaume de la couleur. Les vibrations et rotations des molécules se manifestent dans la spectroscopie infra-rouge ou micro-ondes.

La physique atomique et la mécanique quantique se sont construites sur la spectroscopie atomique, en voulant rendre compte de l'existence des spectres de raies\*.

## **SYSTEME LINEAIRE**

Système physique qui satisfait au principe de superposition\*, c.a.d. un système pour lequel la réponse à la somme de deux signaux\* en entrée est la somme des réponses à chacun des signaux séparément.

Entre l'entrée et la sortie d'un système linéaire il existe une relation remarquable : la transformée de Fourier\* (T.F.) de la sortie est égale à la T.F. de l'entrée, multipliée par la T.F. de la fonction de réponse impulsionnelle, réponse du système à une entrée impulsionnelle (distribution  $\delta$  de Dirac\*). Cette T.F. de la fonction de réponse impulsionnelle est appelée la fonction de transfert du système. C'est la réponse du système à une fonction harmonique (trigonométrique) par exemple en optique la réponse à une onde plane. D'où l'intérêt en optique de représenter une onde arbitraire dans l'espace libre par une superposition d'ondes planes. C'est là le fondement de l'Optique de Fourier qui permet d'exprimer de très nombreuses opérations de l'optique au moyen de la transformation de Fourier\*

---

## INFORMATIONS SUR LA COULEUR

Livres, articles et documents sur le web sont innombrables. On peut distinguer plusieurs catégories de textes, selon qu'ils s'adressent aux problèmes physiques, aux problèmes neurophysiologiques, aux problèmes philosophiques ou aux considérations de l'histoire de l'art. Sur tous les sites web on trouve des liens plus ou moins sélectionnés vers d'autres sites web et vers des bibliographies.

Le consulting editor de Nature a écrit un livre grand public sur les pigments, l'art et la couleur, qui constitue un bon panorama introductif de la problématique.

P. Ball.

Bright Earth. Art and the invention of color.  
Penguin. 2001. University of Chicago Press. 2003.

Un tour d'horizon pédagogique est fourni par trois « expositions » sur le web

<http://webexhibits.org>

Causes of color

Color vision and art

Pigments through the ages

Le Centre d'Information de la Couleur fournit une masse considérable de renseignements et de pistes, ainsi qu'une bibliographie abondante.

<http://www.creatic.fr/cic>

Un site web tente de faire un tour d'horizon exhaustif de la situation des publications et des sites :

Efg's Computer Lab. Reference Library. Color

<http://www.efg2.com/Lab/Library/Color/index.html>

C'est le document de base incontournable.

José Luis Caivano, du Groupe argentin de la couleur, a constitué une excellente bibliographie chronologique de Platon à 2003.

1ère partie <http://www.fadu.uba.ar/sicyt/color/bib1.htm>

2ème partie

<http://www.fadu.uba.ar/sicyt/color/bib2.htm>  
<http://www.colorsystem.com/grundlagen/bibl2.htm>

Une anthologie en 2 volumes cherche à donner des documents sur tous les aspects de la couleur.

Byrne and D.R. Hilbert (eds) Readings on color. MIT. 1997  
Vol 1. The philosophy of color

**J. J. C. Smart**

**"On Some Criticisms of a Physicalist Theory of Colors"**

**Edward Wilson Averill**

**"Color and the Anthropocentric Problem"**

**D. M. Armstrong**

**"Smart and the Secondary Qualities"**

**J. J. C. Smart**

**"Reply to Armstrong"**

**Christopher Peacocke**

**"Colour Concepts and Colour Experience"**

**Frank Jackson and Robert Pargetter**

**"An Objectivist's Guide to Subjectivism about Colour"**

**Paul A. Boghossian and J. David Velleman**

**"Colour as a Secondary Quality"**

**Paul A. Boghossian and J. David Velleman**

**"Physicalist Theories of Color"**

**Mark Johnston**

**"How to Speak of the Colors" and "Postscript: Visual Experience"**

**John Campbell**

**"A Simple View of Colour"**

**Justin Broackes**

**"The Autonomy of Colour"**

**Sydney Shoemaker**

**"Phenomenal Character"**

**Gilbert Harman**

**"Explaining Objective Color in Terms of Subjective Reactions"**

**Alex Byrne and David R. Hilbert**

**"Colors and Reflectances"**

**C. L. Hardin**

**"Reinverting the Spectrum"**

Vol 2. The science of color

**Physics**

**Kurt Nassau<**

**Color Measurement**

**D. L. Macadam**

**Physiology and Psychophysics**

**Leo M. Hurvich, Russel L. De Valois and Karen K. De Valois**

**Color Constancy**

**Edwin H. Land, Brian A. Wandell, Dorothea Jameson and Leo M. Hurvich**

**Color Defects and Genetics**

**Yun Hsia and C. H. Graham, M. Alpern, K. Kitahara, and D. H. Krantz, Jeremy Nathans**

**Central Defects of Color Vision and Naming**

**Norman Geschwind and Michael Fusillo, Matthew Rizzo, Vivianne Smith, Joel Pokarny, and Anthony R. Damasio, Charles A. Heywood, Alan Cowey, and Freda Newcombe**

**Comparative Color Vision and Evolution**

**Roger N. Shepard, J. N. Lythgoe and J. C. Partridge, J. D. Mollon**

**Color Concepts and Names**

**Paul Kay and Chad K. McDaniel**

On peut aussi consulter les panorama :

**K. Nassau,ed. Color for science, art and technology.  
North Holland. 1998**

Backhaus and Kliegl and Werner, eds.  
Color vision: perspectives from different disciplines;  
Walter de Gruyter. 1998

K.F. Gegenfurtner and L.T. Sharpe, eds.  
Color vision: from genes to perception.  
Cambridge University Press. 1999

S. Davis, ed. Color perception: Philosophical, psychological, artistic and  
computational perspectives.  
Oxford University Press. 2000

R. Mausfeld and D. Heyer, ed. Colour perception: Mind and the physical world.  
Oxford University Press. 2003

## Contents

- Preface
- 1 Koenderink & van Dorn: Perspectives on colour space
- Commentaries:
- MacLeod: From physics to perception through colorimetry: a bridge too far?
- Whittle: Colorimetry fortified
- 2 Webster: Light adaptation, contrast adaptation, and human colour vision
- Commentary:
- Faul: Adaptation and the ambiguity of response measures with respect to internal structure
- 3 Whittle: Contrast colours
- Commentaries:
- Webster: A background to colour vision
- Irtel: Contrast coding and what else?
- 4 D'Zmura: Colour and the processing of chromatic information
- Commentary:
- Maloney: The processing of chromatic information
- 5 MacLeod & von der Twert: The pleistochrome: optimal opponent codes for natural colours
- Commentary:
- Webster: Thinking outside the black box
- 6 Hatfield: Objectivity and subjectivity revisited: colour as a psychobiological property
- Commentary:
- Whittle: Why is this game still being played?
- 7 MacLeod & Golz: A computational analysis of colour constancy
- Commentary:
- Maloney: The importance of realistic models of surface and light in the study of human colour vision
- 8 Brown: Backgrounds and illuminants: the yin and yang of colour constancy
- Commentaries:
- Hoffman: Colour construction
- Maloney: Fitting linear models to data
- 9 Maloney: Surface colour perception and environmental constraints
- Commentaries:
- Hatfield: On the function of colour vision

- Jacob: Intrinsic colours - and what it is like to see them
- 10 Brainard, Kraft & Longere: Colour constancy: developing empirical tests of computational models
- Commentaries:
- Maloney: Surface colour perception and its environments
- Ekroll & Golz: Comparing the behaviour of machine vision algorithms and human observers
- 11 Maloney & Yang: The illuminant estimation hypothesis and surface colour perception
- Commentary:
- Brainard: Surface colour appearance in nearly natural images
- 12 Hoffman: The interaction of colour and motion
- Commentary:
- Brown: The interaction of perceived colour and perceived motion
- 13 Mausfeld: 'Colour' as part of the format of different perceptual primitives: The dual coding of colour
- Commentaries:
- MacLeod: Phenomenology and mechanism
- Hoffman: An internalist account of colour
- 14 Gilchrist: The importance of errors in perception
- 15 Schwartz: Avoiding errors about error
- Commentaries:
- Gilchrist: Deconstructing the concept of error?
- Whittle: Talking across the divide
- Brown: On the veridicality of lightness perception
- 16 McLaughlin: The place of colour in nature
- Commentaries:
- Atherton: Asking about the nature of colour
- Whittle: Who dictates what is real
- Index

Narciso Silvestrini et Ernst Peter Fischer ont présenté tous les systèmes de couleurs connus depuis l'antiquité jusqu'à nos jours, dans l'art et dans les sciences, ainsi que la signification des couleurs pour divers systèmes culturels. Un tour de force, disponible dans une version française.

<http://www.colorsystem.com/grundlagen/startf.htm>

Le site de la Commission Internationale de l'Eclairage (CIE), Division 1 : Vision et Couleur, donne une bonne idée de l'activité internationale dans le domaine scientifique de la couleur.

<http://nml.csir.co.za/~cie1>

En français, 5 recueils de textes tentent d'aborder la diversité des problèmes liés à la couleur.

S. Tornay, ed.  
Voir et nommer les couleurs

Laboratoire d'ethnologie et de sociologie comparative  
Université de Nanterre. 1978

L. Couloubaritsis et J.J. Wunenburger, eds.  
La couleur  
Ousia. 1993

Couleurs de la nature  
Revue du Palais de la Découverte  
Numéro spécial 44. Octobre 1994

Couleur et perception  
Techné  
Revue du centre de recherche et de restauration des musées de France  
No 9-10. 1999

La couleur  
Dossier. Pour la Science  
Avril. 2000

### Les ouvrages scientifiques de base en anglais.

G. Wyszecki and W.S. Stiles. Color science: concepts and methods, quantitative data and formulae. Wiley. 1982  
*La bible.*

R.W.G. Hunt. Measuring colour. Ellis Horwood. Chichester. 1992  
*Hunt est professeur au Colour and Imaging Institute à Derby, G.B., dont le site web est*

<http://colour.derby.ac.uk>

*On y trouve de nombreuses informations dont des documents importants fournis par Stephen Westland*

<http://colour.derby.ac.uk/colour/people/westland>

M.D. Fairchild. Color appearance models.  
Addison Wesley. Longman. 1997  
*Fairchild est directeur du Munsell Color Science Laboratory, et entretient un site important*

<http://www.cis.rit.edu/people/faculty/fairchild>

P.K. Kaiser and R.M. Boynton. Human color vision.  
2nd edition. Optical Society of America. 1996

S. Shevell, ed. The science of color.  
2<sup>nd</sup> edition. Optical Society of America. 2003

### Les livres scientifiques de base en français.

P. Kowaliski. Vision et mesure de la couleur.  
Masson. 2<sup>ème</sup> édition actualisée. 1990

R. Sève. Physique de la couleur  
De l'apparence colorée à la technique colorimétrique.  
Masson. 1996

S. Berthier. Les couleurs des papillons ou l'impérative beauté.  
Springer Verlag 2000

L. Zuppiroli et Marie-Noëlle Bussac. Traité des couleurs.  
Presses polytechniques et universitaires romandes. 2001

### Cours, introductions, FAQ.

M. Blay.  
Lumières sur les couleurs. Le regard du physicien.  
Ellipses. 2001

Les couleurs du monde  
<http://www.pourpre.com>

F. Lombard. Cours sur la couleur.  
<http://tecfa.unige.ch/~lombard/CPTIC/couleurs/couleurprogram.html>

D. Nicole. Cours sur la couleur.  
Ecole romande des arts graphiques.

[http://tecfa.unige.ch/~lombard/CPTIC/couleurs/couleur\\_ERAG/Base.htm](http://tecfa.unige.ch/~lombard/CPTIC/couleurs/couleur_ERAG/Base.htm)

Ed. Scott and H. Bewley  
Spectral selectivity

<http://www.photo.net/photo/edscott/spectsel.htm#01>

S. Westland. Frequently asked questions about colour physics.

<http://www.colourware.co.uk/cpfaq.htm>

Poynton. Frequently asked questions about colour.

<http://www.inforamp.net/~poynton/ColorFAQ.html>

Canfield. Color primer in living color.

[http://www.byronc.com/art\\_color.shtml](http://www.byronc.com/art_color.shtml)

Ford and A. Roberts. Colour space conversions.

<http://www.wmin.ac.uk/ITRG/docs/coloured.html>

S.M. Boker. The representation of color matrices and mappings in perceptual color space.

[http://kiptron.psyc.virginia.edu/steve\\_boker/ColorVision2/ColorVision2.html](http://kiptron.psyc.virginia.edu/steve_boker/ColorVision2/ColorVision2.html)

"Guide dans le monde de la couleur" par Marc Crunelle

<http://horta.ulb.ac.be/cours/psycho/couleur.htm>

Références bibliographiques :

<http://horta.ulb.ac.be/enseignants/crunelle/sens/couleur/couleur.htm>

Lumière. Couleur. Dialogues entre art et science.

Catalogue d'exposition.

Cloître des Cordeliers. Paris

15 Juin-15 Juillet 2005

C2RMF

M. Elias et J. Lafait, eds.

La couleur. Lumière, vision et matériaux.

Belin. 2006

Problèmes neurophysiologiques de la couleur  
Art et neurophysiologie.

L.M. Chalupa and J.S. Werner, eds.  
The visual neurosciences  
MIT Press. 2004  
VIII Brightness and Color  
A. Fiorentini. Brightness and lightness  
K. Knoblauch and S.K. Shevell. Color appearance  
J. Pokorny and V.C. Smith. Chromatic discrimination  
K.K de Valois. The role of color in spatial vision.  
M.A. Webster. Pattern-selective adaptation in color and form perception  
D.H. Brainard. Color constancy  
G.H. Jacobs. Comparative color vision  
M. Neitz and J. Neitz. Molecular genetics of human color vision and color vision defects  
D.J. Calkins. Linking retinal circuits to color opponency  
R.L. de Valois. Neural coding of color  
K. R. Gegenfurtner and D.C. Kiper. The processing of color in extrastriate cortex  
S. Zeki. Improbable areas in color vision

S.Zeki. Discussions in Neuroscience (Elsevier)  
VI, no2, 11-64, 1990  
Vision and functional specialisation in the visual cortex

S.Zeki. Journal of Consciousness Studies.  
6, no 6-7, 76-96, 1999  
Art and the brain

S. Zeki. Inner vision. Oxford University Press. 1999

Bartels and S. Zeki. European Journal of Neurosciences.  
12, 172-193, 2000

The architecture of the colour center in the human visual brain: new results and a review.

S. Zeki.  
dans  
L. Chalupa and J. Werner, eds.  
The visual neurosciences  
MIT Press. 2004  
Improbable areas in color vision

V. Walsh. Proc. Natl. Acad. Sci. USA.  
96, 13594-13596, 1999  
How does the cortex construct color?

P. Buser et M. Imbert. Vision. Hermann. 1987

K.R. Gegenfurtner and L.T. Sharpe, eds.  
Color vision: From genes to perception.  
Cambridge University Press. 1999

J. Van Brakel. British Journal of Philosophy of Science  
44, 103-135, 1993  
The plasticity of categories: the case of colour.

*Une critique féroce des "théories" neurophysiologiques de la couleur*

P. Parot (sous la direction de) Du photon au signal électrique  
*Cours de biophysique de la maîtrise de biochimie de Luminy Marseille)*  
[http://www.lbte.univ-mrs.fr/signal/index\\_sf.html](http://www.lbte.univ-mrs.fr/signal/index_sf.html)

A. Bompas

L'approche sensorimotrice appliquée à la perception des couleurs  
Thèse de Doctorat en Sciences Cognitives. Paris. 2005  
*Sur le lien entre la perception des couleurs et l'action*  
*L'existence de la couleur comme résultat de l'activité perceptive*  
*La couleur comme langage soumis à l'apprentissage.*  
*Un changement total de point de vue.*

## Conférences et écoles sur la couleur.

*La totalité des réunions qui se tiennent sur la couleur abordent presque exclusivement les problèmes scientifiques et techniques de la couleur*

Ecole d'été. Images Couleur  
Septembre 1999. Saint Etienne  
<http://www.univ-st-etienne.fr/iupvis/color/Ecole-Ete/Contributions.html>

Chromophore. Ecole de printemps 2000  
Lumière, matière, perception  
Apt. Mars 2000

[http://virtual.pl.ecp.fr/~callet/CHROMO/prog\\_ecole2000.html](http://virtual.pl.ecp.fr/~callet/CHROMO/prog_ecole2000.html)

Réunion organisée par le CIE  
Colour Image Science (CIS 2000)  
Avril 2000. Derby. GB

<http://colour.derby.ac.uk/colour/courses/colour2000/prg.html>

Réunion organisée par le Groupe Français de la Couleur  
du GDR PRC ISIS du CNRS.

Première Conférence Internationale  
Color in Graphics and Image Processing  
Saint Etienne 1-4 Octobre 2000-08-09

<http://www.univ-st-etienne.fr/iupvis/color/CGIP00/committee.html>

Color Perception: Philosophical and Scientific Perspectives  
University of California, San Diego, 11-12 October 2002

<http://philosophy.ucsd.edu/events/colorPerception.html>

Ecole thématique interdisciplinaire  
la couleur des matériaux :  
"Couleur, langage et cognition"  
Roussillon en Provence  
du lundi 21 au vendredi 25 mars 2005

<http://www.cf-couleur.fr/ecoles/2005/rous2005.html>

## Les problèmes philosophiques de la couleur.

C.L. Hardin. Color for philosophers : Unweaving the rainbow.  
Hackett. Indianapolis.  
(expanded edition) 1993

Maund. Colours: Their nature and representation.

Cambridge University Press. 1995

Maud. Color

Stanford Encyclopedia of Philosophy. 1997. 2006.

<http://plato.stanford.edu/entries/color>

E.M . Rubenstein

Color

Internet Encyclopedia of Philosophy. 2006

<http://www.iep.utm.edu/c/color.htm>

P. Ross. Theories of color. Theories of color perception.

Dictionary of philosophy of mind

<http://www.artsci.wustl.edu/~philos/MindDict/color.html>

<http://www.artsci.wustl.edu/~philos/MindDict/colorperception.html>

A. Byrne and D. Hilbert. A bibliography on color and philosophy

Publiée dans

Byrne and Hilbert. Readings on color. Vol 1. et disponible sur le web

<http://web.mit.edu/philos/www/color-biblio.html>

A cette bibliographie on peut ajouter les articles de A. Byrne disponibles sur le site

<http://mit.edu/abyrne/www/papers.html>

Colors and reflectances 1997 (with D.R. Hilbert )

Color and similarity 2000

Colors and dispositions 2000

Do colours look like dispositions 2000

Philosophical issues about colour vision 2000 ( with D.R. Hilbert )

Color realism and color science 2003 ( with D.R. Hilbert )

Color and similarity 2003

Color primitivism 2004 ( with D.R. Hilbert )

et les articles de J.Cohen disponibles sur le site

<http://aardvark.ucsd.edu/~joncohen/color>

ainsi que

[http://aardvark.ucsd.edu/color/reading\\_list.html](http://aardvark.ucsd.edu/color/reading_list.html)

où l'on trouve une bibliographie sur la couleur avec mise à disposition de nombreux textes récents.

A guided tour of color

Subjectivism, physicalism, or none of the above? Comments on Ross  
“ The location problem for color subjectivism”

Barry Stroud. The quest for reality: subjectivism and the metaphysics of colour

On the structural properties of the colors

Color: a functionalist proposal

Color properties and color ascriptions: a relationalist manifesto

- ["Color Constancy as Counterfactual"](#)
- ["Color, Variation, and the Appeal to Essences: Impasse and Resolution"](#)
  - ["It's Not Easy Being Green: Hardin and Color Relationalism"](#)
  - ["A Relationalist's Guide to Errors About Color Perception"](#)

Ainsi que

B.A.C. Saunders. What is colour?  
British Journal of Psychology. 1998  
Review article on

E. Thompson. Colour vision. A study in cognitive science and the philosophy  
of perception. Routledge. 1995

M. Tye. Consciousness, color and content.  
MIT Press. 2000

A. Stroud. The quest for reality : subjectivism and the metaphysics of colour  
Oxford University Press. 2000

Z. Jakab. Color experience : empirical evidence against representational  
externalism.

Thesis. Carleton University. Ottawa. Canada. 2001  
[ <http://www.carleton.ca/iis/TechReports/files/2001-07.pdf> ]

J. Bouveresse. Langage, perception et réalité, tome 2  
Physique, phénoménologie et grammaire,  
Ed. Jacqueline Chambon, 2004

M. Matthen. Seeing, doing and knowing.  
Oxford. Clarendon Press. 2005

Dialectica. Vol. 60. no3. 2006

Viviane Mizrahi and Martine Nida-Rüelin	Introduction
Alex Byrne	Color and the Mind-Body Problem
Barry Maund	The Illusory Theory of Colours: An Anti-Realist Theory
Joseph Levine	Color and Color Experience: Colors as Ways of Appearing
Viviane Mizrahi	A new approach to color objectivism
Jonathan Cohen	Color and Perceptual Variation Revisited: Unknown Facts, Alien Modalities, and Perfect Psychosemantics
Martine Nida-Rüelin	A Puzzle about Colours
Larry Hardin	Comments
Barry Maund	Comments
Alex Byrne	Comments

R. Schumacher, ed. Perspectives on Colour Perception.

Mit Beiträgen von Peter Baumann, Justin Broackes, Alex Byrne, Kathrin Glüer-Pagin, Gary Hatfield, David Hilbert, Frank Jackson, Andreas Kemmerling, Nenad Miscevic, Ralph Schumacher, Daniel Stoljar, Barry Stroud und Michael Tye.

Dieser Band wird 2006 als Sonderheft der Zeitschrift ERKENNTNIS erscheinen.

R. Schumacher. Was sind Farben? Ein Forschungsbericht über die Wahrnehmung und den Status sekundärer Qualitäten. Information Philosophie. Heft 2, 2005, 1-14

M. Tye. Qualia. Stanford Encyclopedia of Philosophy. 2003

<http://plato.stanford.edu/entries/qualia>

A. Byrne. Inverted qualia. Stanford Encyclopedia of Philosophy. 2006

<http://plato.stanford.edu/entries/qualia-inverted>

D. Chalmers. An annotated bibliography: Consciousness and qualia.

<http://consc.net/biblio/1.html#1.4e>

## Dénomination et classification des couleurs

A. Mollard-Desfour  
Dictionnaire des mots et expressions de couleur  
Le bleu. 2004  
Le rouge. 2000  
Le rose. 2002  
Le noir. 2005  
CNRS Edition

B. Berlin and P. Kay. Basic color terms: their universality and evolution.  
University of California Press. 1969, 1991

F. Birren. Munsell: a grammar of color  
Van Nostrand Rheinhold. 1969

J.M.G. Lammens. A computational model of color perception and color  
naming.

<http://citeseer.nj.nec.com/lammens94computational.html>

B.A.C. Saunders and J. Van Brakel. Are there non-trivial constraints on  
colour categorization? 1997

<http://www.cogsci.soton.ac.uk/bbs/Archive/bbs.saunders.html>

B.A.C. Saunders. Revisiting basic color terms. 1998

<http://human-nature.com/science-as-culture/saunders.html>

Color System. Dainichiseika Color & Chemicals Mfg. Co., Ltd.

[http://www.daicolor.co.jp/english/color\\_e/color\\_e01.html](http://www.daicolor.co.jp/english/color_e/color_e01.html)

Présentation pédagogique des systèmes de couleurs

Rolf G. Kuehni, Color Space and Its Divisions: Color Order from Antiquity  
to the present , New York: Wiley, 2003.

Cf. Chromatikon, le site de R. Kuehni

<http://www4.ncsu.edu/~rgkuehni/>

Color Academy  
Le système de Munsell

<http://www.coloracademy.co.uk/ColorAcademy%202006/subjects/munsell/munsell.htm>

C. Philipona and K. O'Reagan. Visual neuroscience, 23, 331-339, 2006  
Color naming, unique hues and hue cancellation predicted from singularities  
in reflection properties.

## L'art et la sémiotique de la couleur.

M. Kemp. The science of art. Optical themes in western art from Brunelleschi to  
Seurat.  
Yale university Press. 1990

J. Gage. Colour and culture. Practice and meaning from antiquity to abstraction.  
Thames and Hudson. 1993

J. Gage.  
Colour and meaning. Art, science and symbolism.  
Thames and Hudson. 1999

G. Roque.  
Art et science de la couleur. Chevreul et les peintres, de Delacroix à l'abstraction.  
Jacqueline Chambon. 1997

Groupe  $\mu$  (F. Edeline, J.M. Klinkenberg, F. Minguet)  
Traité du signe visuel. Pour une rhétorique de l'image.  
Le Seuil. 1992

M. Imdahl.  
Couleur  
Les écrits des peintres français de Poussin à Delaunay  
Editions de la Maison des Sciences de l'Homme  
Paris. 1996

G. Bellas.  
La couleur dans la peinture moderne.  
Théorie et pratique  
Adam Biro. 1997

PH. Lanthony.

Les yeux des peintres.  
L'Age d'Homme. Lausanne. 1999

Aux origines de l'abstraction. 1800-1914.  
Catalogue de l'exposition du Musée d'Orsay.  
Editions de la réunion des Musées Nationaux. 2003

Il faut aussi replacer la couleur dans le problème général de la vision et des vicissitudes historiques de celle ci, à travers la production des images.

R. Arnheim.  
Art and visual perception. A psychology of the creative eye.  
University of California Press. 1974

P.C. Vitz and A.B. Glimcher.  
Modern art and modern science. The parallel analysis of vision.  
New York. Praeger. 1984

L. Manovich.  
The engineering of vision from constructivism to computers.  
Ph. D. thesis. 1993  
(<http://www.manovich.net>)

M. Jay.  
Downcast eyes. The denigration of vision in twentieth-century french thought.  
University of California Press. 1994

J. Crary.  
L'art de l'observateur, vision et modernité au XIX ème siècle.  
Jacqueline Chambon. Nimes. 1994

J.J. Wunenburger.  
Philosophie des images.  
Presses Universitaires de France.1997

## **Couleur, images et perception visuelle.**

La vision des couleurs participe du problème biologique général de la vision des objets et de la constitution des images. La littérature sur la perception visuelle, sujet de grands progrès scientifiques et d'intenses débats philosophiques, est en constante expansion.

D. Marr. Vision  
Freeman. 1982

S. Palmer.  
Vision science. Photons to phenomenology.  
MIT Press. 1999

L.M. Chalupa and J.S. Werner, eds.  
The visual neurosciences  
MIT Press. 2004

D. H. Hubel.  
Eye, brain and vision.  
Scientific American Library.  
Freeman. 1995  
<http://neuro.med.harvard.edu/site/dh/bcontext.htm>

D.H. Hubel and T.N. Wiesel  
Brain and visual perception  
The story of a 25 years collaboration  
Oxford University Press. 2004

M. Livingstone  
Vision and art: The biology of seeing  
Harry N. Abrams. 2002

Webvision  
The organization of the retina and visual system  
<http://webvision.med.utah.edu>

S.M. Kosslyn.  
Image and brain. The resolution of the imagery debate.  
MIT Press.1994

Z. Pylyshyn.  
Seeing: it's not what you think. 1998  
( téléchargeable avec d'autres articles sur le site  
<http://rucss.rutgers.edu/faculty/pylyshyn.html> )

E. Purves and R.B. Lotto.  
Why we see what we do: an empirical theory of vision.  
Sinauer. Sunderland. MA. 2003

ainsi que l'énorme documentation bibliographique sur la conscience entretenue par  
David Chalmers

<http://www.u.arizona.edu/~chalmers/online.html>

Quelques présentations introductives des problèmes de la vision.

Chandler.  
Visual perception.  
Introductory notes for media theory students.  
( téléchargeable sur le site MCS- Media and communication studies-  
<http://www.aber.ac.uk/~dgc/image02.html>

J.H. Krantz.  
Sensation and perception tutorials.  
[http://psych.hanover.edu/Krantz/sen\\_tut.html](http://psych.hanover.edu/Krantz/sen_tut.html)

I.Kovacs  
Sensation and perception (lecture notes)  
<http://zeus.rutgers.edu/~ikovacs/SandP/prep.html>

## Histoire des théories de la couleur. Anthologies.

N. Silvestrini et E.P. Fischer. Les systèmes de couleur dans l'art et les sciences.

<http://www.colorsystem.com/grundlagen/startf.htm>

Rolf Kuehni's Color Website  
<http://www4.ncsu.edu/~rgkuehni/>  
Francesco d'Aguilon , König

P.D. Sherman. Colour vision in the nineteenth century: The Young-Helmholtz-Maxwell theory.  
Hilger. Bristol. 1981

R.C. Teevan and R.C. Birney, eds. Color vision: an enduring problem in psychology.  
Princeton. Van Nostrand Rheinhold. 1961

D.L. Mac Adam. Sources of color science.  
MIT Press. 1970

R.L. Kremer  
Innovation through synthesis  
Helmholtz and color research  
dans  
D. Cahan, ed.  
Hermann von Helmholtz and the foundations of nineteenth-century science.  
University of California Press. 1993

## La technologie de la couleur. Pigments et colorants.

Une introduction générale simple

F. Delamare et B. Guineau  
Les matériaux de la couleur  
Découvertes Gallimard. 1999

F. Cardon  
Le monde des teintures naturelles  
Belin. 2003

## La couleur, la perception et la vision artificielle.

Le problème de la couleur est lié à celui de la perception visuelle en général et apparaît dans les exposés généraux sur la vision, en particulier ceux consacrés à la vision artificielle et à l'analyse des images. C'est là l'aspect technique contemporain. La couleur comme élément de la technologie informatique

Jorge Marquez

Ecole Nationale Supérieure des Télécommunications. Paris

*Fait un bon tour d'horizon de la technologie de la couleur.*

[http://www.tsi.enst.fr/~marquez/COLOR/color\\_sites.html](http://www.tsi.enst.fr/~marquez/COLOR/color_sites.html)

*Bibliographie générale sur la vision artificielle*

<http://iris.usc.edu/Vision-Notes/bibliography/contents.html>

*L'Université d'Edinburgh présente une fantastique réunion de textes du web sur 700 sujets de la vision artificielle, constituant un Compendium de Vision Artificielle. Une encyclopédie vivante qui s'enrichit continuellement.*

<http://www.dai.ed.ac.uk/CVonline>

Parmi les exposés sur les traitements d'images, citons :

Traitement d'images et vision artificielle.

INSA Lyon

<http://telesun.insa-lyon.fr/~telesun/Divers/telesun.html>

I.T. Young, J.J. Gerbrands, L.J. Van Vliet.

Université de Delft

Image processing fundamentals

<http://www.ph.tn.tudelft.nl/Courses/FIP/noframes/fip.html>

Digital image processing

<http://www.icaen.uiowa.edu/~dip/LECTURE/contents.html>

Sur la perception visuelle en général

P.K. Kaiser.

The joy of visual perception

<http://www.yorku.ca/eye/cover.htm>

J.H. Krantz

ψ Tutorials

Sensation and perception tutorials

[http://psych.hanover.edu/sen\\_tut.html](http://psych.hanover.edu/sen_tut.html)

La couleur numérique.

S. Eskinazi

Numerical modeling of color

<http://mitpress2.mit.edu/e-journals/Leonardo/isast/articles/eskinazi.html>

B. Caillaud

La création numérique visuelle

Aspects du computer art depuis ses origines

Europaia. Paris. 2001

B. Caillaud

Lumières chromatiques....Chromatique numérique....

[http://europaia.org/avantpremier/paper\\_01.html](http://europaia.org/avantpremier/paper_01.html)

C. Fernandez-Maloine

Couleur numérique et psychométrie

[http://europaia.org/avantpremier/paper\\_03.html](http://europaia.org/avantpremier/paper_03.html)

B.A. Wandell and L.D. Silverstein

Digital color reproduction

dans

S. Shevell,ed. The science of color

2<sup>nd</sup> edition. Optical Society of america. 2003

p 281-376

