



Science et couleur

Henri Maître

2012D001

février 2012

Département Traitement du Signal et des Images
Groupe TII : Traitement et Interprétation des Images

Science et Couleur

Henri Maître
Institut Télécom, Télécom ParisTech
46 rue Barrault
75013 Paris

Préface à l'ouvrage sur la Couleur de Christine FERNANDEZ-MALOIGNE et Ludovic MACAIRE et Frédérique ROBERT-INACIO : Imagerie couleur numérique : Avancées et perspectives

La relation des scientifiques à la couleur mérite une attention particulière. L'étude de la couleur relève de la Physique, au chapitre Optique. Elle relève aussi de la Biologie, au chapitre Psychophysiology de la perception, mais de façon moins étroite. De cette double filiation, avec les Sciences Physiques d'une part, avec les Sciences du Vivant d'autre part, l'étude de la couleur tient une place singulière en Physique que l'on ne retrouve qu'en Acoustique et pour des causes identiques. Nous verrons cependant que les scientifiques ont traité bien différemment l'une et l'autre. D'autres domaines, liés à la perception humaine des phénomènes physiques, pourraient également justifier d'une démarche identique, mais à ce jour il n'en est rien. Les autres sens : toucher, goût, odorat, n'ont à l'évidence pas encore acquis les bases théoriques et méthodologiques ainsi que le corpus expérimental pour leur donner plein droit de cité en Physique.

Comme en Acoustique, et plus particulièrement en Acoustique Musicale, le scientifique fait face, lors de l'étude de la couleur, à une tâche extrêmement ardue. Non seulement il lui faut comprendre la genèse des signaux, ce qui dans l'un et l'autre cas peut se révéler d'une grande complexité, puis expliquer la propagation qui conduit les signaux jusqu'à l'expérimentateur, mais enfin et surtout il lui faut expliquer l'interprétation qu'en fera *in fine* cet auditeur ou cet observateur. *In caude venenum !* Cette dernière étape se révèle la plus désarçonnante pour l'homme de rigueur. Il lui faut composer avec l'incertain et l'imprécis, voire avec le variable et le relatif, pire, avec le subjectif. Il lui faut tenter de justifier le beau, l'harmonieux, le disgracieux, le laid, etc. Curieusement, si ce sont beaucoup les mathématiciens qui ont tenté de mettre de l'harmonie dans les sons, ce sont plutôt les physiciens qui se sont attaqués aux couleurs. Nous expliquons cela a posteriori par la grande étendue spectrale occupée par les sons (plus de 10 octaves) tandis que le spectre visible couvre péniblement une octave, par la spécificité des capteurs (l'oreille est un instrument à peu près linéaire en fréquence qui transmet tous les signaux, tandis que la rétine est un projecteur trivariant qui les mélange très vite). Ainsi les sons offrent à modéliser une grande diversité de signaux pour en extraire un ordre et des règles qui siéront aux sens, terrain privilégié des mathématiciens, tandis que les couleurs doivent être expliquées et la compacité de leur réduction décortiquée, rejoignant en cela les challenges ordinaires du physicien.

Justement, les plus grands des physiciens s'y sont frottés, à commencer bien sûr par Newton qui le premier (1666), après avoir décomposé la lumière blanche en ses composantes colorées, les a

recombinées pour recréer la lumière d'origine, montrant bien que la lumière blanche est faite de couleurs. Après lui, Young (1777), Dalton (1794) et Helmholtz (1850), entre autres, ont consacré de nombreux travaux à la perception des couleurs conduisant en particulier à l'établissement de la trivariance du système perceptif et à la mise en évidence d'anomalies de vision de la couleur au sein de la population. Lord Rayleigh, Lorentz, Mie et Planck se sont attachés à expliquer la couleur des phénomènes naturels, du ciel aux nuages, des poudres aux métaux. Maxwell a non seulement construit les fondements de l'approche ondulatoire de tout rayonnement, il a aussi montré la place particulière du spectre visible dans l'ensemble des rayonnements électromagnétiques et, jouant de ses toupies bariolées, a montré les lois d'équilibre des couleurs à la base du métamérisme et en a déduit l'espace perceptuel (1857). Enfin, ce qu'on sait moins, on lui doit aussi la première photo en couleur par superposition de 3 clichés judicieusement assortis de filtres.

Ces démarches des physiciens célèbres, ainsi que celles, multiples, des moins célèbres et des inconnus, n'ont pas pris place hors de toute réflexion psychologique, voire philosophique, en tous cas éminemment subjective, sur ce qu'est la couleur. L'Antiquité l'avait déjà prise pour objet de ses visions harmoniques dans des démarches qui alors confondaient intimement réel et mathématiques. Au même titre que la Musique, elle accordait à la couleur une place de choix dans l'harmonie de l'Univers. Aristote avait adopté une vision s'appuyant sur un antagonisme entre « lumière » et « obscurité » que divisaient sept intervalles bien choisis du blanc au noir. Cet antagonisme de couleurs qui s'annulent perdurera dans nos représentations jusqu'au XX^e siècle et nourrira abondamment l'antagonisme des couleurs complémentaires des peintres et des photographes. Aristote avait choisi pour base de décomposition de la couleur les sept teintes de la lumière du jour faisant passer du blanc au noir. Platon s'en est écarté, rattachant à l'œil seul les vertus de la couleur et proposant ses propres primaires mêlant teinte et saturation. Pythagore a recherché d'autres harmonies accordées sur la série des positions des planètes et conduisant à un autre équilibre plus universel qui habite également les couleurs et la musique. Quinze siècles plus tard, lors de la période classique, en parallèle des travaux des physiciens, une tendance concurrente à l'analyse physique a pris naissance, portée par des philosophes principalement, ramenant la couleur dans la sphère de l'humain, du perceptif, du sensible et du subjectif. Ce sont tout d'abord les postulats de Locke, qui dès le XVII^e siècle, séparent la couleur et l'objet qui la porte, puis les écrits de Goethe, appuyés sur ses innombrables travaux expérimentaux qui « démontrent » les limites de l'approche de Newton, trop physique en ce qu'elle ignore le rôle de l'individu et du contexte dans la perception de la couleur, pas assez subtile pour rendre compte des contrastes simultanés, de la variabilité des teintes, ... enfin c'est Schopenhauer qui refuse toute qualité objective à la couleur pour ne plus en voir que le résultat de l'antagonisme subjectif entre lumière et ténèbres créé chez l'observateur et qui fatigue l'œil.

De ces travaux divergents souvent, conflictuels parfois des physiciens et des philosophes, les artistes du XIX^e siècle ont inspiré leurs palettes : Turner tout d'abord, avec les écrits de l'École anglaise, Seurat puis toute la famille des impressionnistes ensuite, avec les travaux de Chevreul en particulier (1839).

Imprégné de la complexité de la représentation et de la modélisation de la couleur que reflètent bien 25 siècles d'histoire, le lecteur, abordant un ouvrage pédagogique comme le présent traité, trouvera intérêt à examiner l'impact des théories anciennes de la couleur sur nos pratiques lors du traitement par ordinateur des images en couleur, dans le but de les filtrer, les restaurer, en extraire

les composantes importantes, les lignes, les formes, les textures, dans le but de les compresser et de les transformer. On retiendra, à la lecture de ce volume, l'importance de l'outillage mathématique réquisitionné pour permettre un traitement adéquat de ces données complexes : équations différentielles, treillis, quaternions, algèbres de Clifford, champs markoviens, analyse spectrale, ... ; on comprendra également l'importance du choix judicieux d'un espace de représentation de la couleur : RVB, $L^*a^*b^*$, HSV, ..., tenu à la fois par les contraintes de la physique et par les impératifs de la psycho-physiologie de l'autre ; on notera l'importance des métriques reflétant les ressemblances et les confusions ou au contraire les contrastes. Mais on sera interpellé, également, à la lecture de ces chapitres, par le rôle de l'expérimentation, la place de l'expérience et de l'empirique, l'importance du juge de paix ultime, l'observateur humain, appelé à classer et à trancher entre les traitements, au-delà des scores et des normes. On s'expliquera pourquoi des opérations qui sont jugées bien banales pour l'œil humain, de discrimination ou de détection, mobilisent encore aujourd'hui un arsenal complexe lorsqu'on veut les automatiser et pourquoi leurs résultats demeurent encore souvent limités ou contingents. Et l'on comprendra ainsi pourquoi les pistes passionnantes qui nous sont proposées ici méritent encore d'être explorées comme le font les auteurs de ces lignes.

