



Il retaggio della scienza moderna nelle tecnologie cromatiche contemporanee

Il fattore empirico della rivoluzione scientifica sul colore: fra tricromia produttiva e fisiologica - fra discreto e continuo

testo di/text by Uriel Schmid Téllez

The heritage of modern science in contemporary color technologies. The empirical side of the scientific revolution on color: between productive and physiological trichromy - between discrete and continuous

Introduction

The development of modern colour science, especially in the period of the so-called "golden age" for colour science in the mid-19th century (Mollon, 2003, p. 26), i.e. in the transition from Newton's theory to the late affirmation of Young's theory with Maxwell and the birth of colourimetry, appear today as complex in terms of terminology, references and temporal bounces as they are difficult to frame conceptually due to the substantial non-intuitive deviation from previous research as well as from the general perception of colour in everyday life (Martini et al., 2019). It was precisely during this period that the debate on the origin of colour about light and objects (pertinences inscribed in everyday language) was abruptly interrupted by the definitive affirmation of colour as a subjective interpretation of the physical world, derived from the relatively stable and shared sensory coding of electromagnetism by animal species (Caivano, 2011, p. 38). This paradigm shift not only undermined many pre-Newtonian ideas but also necessarily involved Western philosophical and cultural thought, where the very concept of nature, the opposition between nature and culture, and even the very idea of reality were (or

Introduzione

Lo sviluppo della scienza moderna del colore, soprattutto nel periodo della cosiddetta "epoca d'oro" per la scienza del colore a metà del '800 (Mollon, 2003, p. 26), e cioè nel passaggio dalla teoria di Newton all'affermazione tardiva di quella di Young con Maxwell e la nascita della colorimetria, appaiono oggi tanto complessi per terminologia, riferimenti e rimbalzi temporali, quanto difficili da inquadrare concettualmente a causa del sostanziale scarto non-intuitivo rispetto alle precedenti ricerche, nonché rispetto alla generale percezione del colore nella vita di tutti i giorni (Martini et al., 2019). È proprio durante questo periodo che il dibattito sulla origine del colore in relazione alla luce e agli oggetti (pertinenze inscritte nel linguaggio di tutti i giorni), viene bruscamente interrotto dalla definitiva affermazione del colore come interpretazione soggettiva del mondo fisico, derivata dalla codificazione sensoriale relativamente stabile e condivisa a seconda della specie animale nei confronti dell'elettromagnetismo (Caivano, 2011, p. 38). Questo cambio di paradigma, oltre a mettere in crisi molte idee pre-newtoniane, coinvolge necessariamente anche il pensiero occidentale filosofico e culturale, dove il concetto stesso di natura, l'opposizione fra natura e cultura, e perfino la stessa idea di realtà sono stati (o sarebbero dovuti essere) concettualmente destabilizzati, visto che proprio questa nuova interpretazione fisiologica stava cominciando ad apparire sempre più come un codice opaco ed arbitrario piuttosto che come uno specchio della realtà, prendendo così le distanze dalla tradizionale serie di associazioni fra natura, realtà, verità e visione ("vedere per credere"), che era stata portata avanti fin dai paradigmi mimetici rinascimentali e poi realisti (con l'idea, per esempio, di fotografia come indice della realtà), fino ad arrivare alla generale importanza culturale del visivo in Occidente - tanto moderna (McLuhan, 1962), quanto contemporanea (Boehm, 2009).

La multidisciplinarietà della scienza del colore

Eppure, ancora dopo le scoperte di Newton - il quale intuendo la pertinenza puramente percettivo-fisiologica del colore lo aveva già "eliminato" dal mondo fisico (Newton, 1730, p. 125; Maund, 2022) - per molto tempo la sistemazione e l'ordine dei colori ha continuato ad essere considerata erroneamente fisica e naturale, nell'infelice connubio di tradizione e senso comune. Ma un cambio di paradigma culturale al passo con la scienza non era forse neppure stato incentivato negli studi dei più importanti ricercatori dell'epoca: si pensi ad esempio che Maxwell, padre della colorimetria, non distingueva ancora il processo di mescolanza secondo i processi di addizione e sottrazione (Schmid, 2023b, p. 221), che oggi sono invece spesso considerati fondamentali per quelle stesse ricerche (Roque, 1994, p. 414; Stork, 1982, p. 83).

in destra/on the right: Uriel Schmid Téllez, Fiorissimo No. 1 (a sinistra) e No. 3 (a destra), 2023, 150x60cm / Uriel Schmid Téllez, Fiorissimo No. 1 (left) and No. 3 (right), 2023, 150x60cm

should have been) conceptually destabilised, given that this very new physiological interpretation was beginning to appear more and more like an opaque and arbitrary code rather than a mirror of reality, thus distancing itself from the traditional series of associations between nature, reality, truth and vision ("seeing is believing"), which had been carried forward since the Renaissance and later realist mimetic paradigms (with the idea, for example, of photography as an index of reality), up to the general cultural importance of the visual in the West - both modern (McLuhan, 1962) and contemporary (Boehm, 2009).

The multidisciplinary of the science of colour

However, even after Newton's discoveries - who perceiving the purely perceptual-physiological relevance of colour had already "eliminated" it from the physical world (Newton, 1730, p. 125; Maund, 2022) - for a long time the arrangement and order of colours continued to be erroneously considered physical and natural, in the unfortunate marriage of tradition and common sense. However, a cultural paradigm shift in step with science was perhaps not even fostered in the studies of the most influential researchers of the time: consider, for example, that Maxwell, the father of colourimetry, did not yet distinguish the mixing process according to the processes of addition and subtraction (Schmid, 2023b, p. 221), which today are often considered fundamental to that same research (Roque, 1994, p. 414; Stork, 1982, p. 83). In other words, the history of the modern scientific revolution of colour appears much more articulated than its popularised simplification - much slower than the narrative that - by bringing the past up to date - eventually also ends up making the present obsolete, for example, by reiterating even in the most recent and less specific studies a terminology that was already insufficient at the time to express the new scientific achievements. This is not insignificant since many disciplines, and eventually also their technical counterparts, necessarily refer to colour and colour science for their analyses. Colour is to be considered a necessarily multidisciplinary object of study. The developments of the scientific revolution itself in the 19th century bear witness to this, for example, in the vital contribution of naturalists (Roque, 1994), in the appropriation of craft and artistic knowledge (Turner, 1996), or again in the close relationship with photography (Roberti, 2018), but also in the essential contributions to colourimetry in those years by Grassmann, whose conceptual advantage over visual system researchers was precisely that he was not too involved in vision research (Turner, 1996, p.



La storia della moderna rivoluzione scientifica del colore appare cioè molto più articolata rispetto alla sua semplificazione divulgativa - molto più lenta rispetto alla narrazione che - attualizzando il passato, finisce eventualmente anche per rendere obsoleto il presente, reiterando per esempio anche negli studi più recenti e meno specifici una terminologia che già all'epoca non era sufficiente per esprimere i nuovi traguardi scientifici. Fatto non trascurabile, dal momento che moltissime discipline, e infine anche i loro corrispettivi tecnici, afferiscono necessariamente al colore e alla scienza del colore per le loro analisi. Il colore è infatti da considerarsi come un oggetto di studio necessariamente multidisciplinare, e proprio gli sviluppi della stessa rivoluzione scientifica del '800 lo testimoniano, per esempio nell'importante contributo di naturalisti (Roque, 1994), o nell'appropriazione di conoscenze artigianali e artistiche (Turner, 1996), o ancora nello stretto rapporto con la fotografia (Roberti, 2018), ma si pensi anche agli importanti contributi per la colorimetria in quei anni da parte di Grassmann, il cui vantaggio concettuale rispetto ai ricercatori del sistema visivo era proprio quello di non essere troppo coinvolto nelle ricerche sulla visione (Turner, 1996, p. 83). Ma paradossalmente, proprio questo carattere multidisciplinare avrebbe in primo luogo contribuito a creare molte di quelle complicazioni terminologiche e dibattiti che hanno poi portato all'indebolimento della stessa divulgazione, e di conseguenza all'indebolimento delle prospettive multidisciplinari nel campo del colore, e infine anche all'indebolimento delle tecnologie cromatiche contemporanee.

Fra tricromia produttiva e fisiologica

Un caso esemplare di questa situazione è l'utilizzo del termine tricromia, la cui origine è da ricondursi alle discipline artistiche e artigianali che prima, durante, e dopo la rivoluzione scientifica del colore, hanno sempre cercato di ottenere con pigmenti e luci il maggior numero di colori possibile con la mescolanza del minor numero possibile di colori principali (i cosiddetti primari), secondo il principio oggi ritenuto erroneo (MacEvoy, 2015-2023) per cui i primari sarebbero quei colori che "non sono componibili da altri colori, ma da cui tutti gli altri possono essere composti" (Roque, 1994, p. 409), e che nella sua formulazione più efficiente sono sempre tre, da cui appunto il termine tricromia. Il termine è stato però anche usato a partire dai ricercatori della seconda metà del '800 per identificare, sia le diverse sintesi produttive a tre colori, sia la più recente codificazione fisiologica delle onde elettromagnetiche basata sulla combinazione di tre fotorecettori presenti nell'occhio umano, da cui appunto la polisemia e l'ambiguità del termine. Lo stesso Mollon, uno degli scienziati che insieme a Dartnall e Bowmaker convalidarono la teoria di Young nel 1983 (affermando definitivamente la presenza di tre fotorecettori all'interno dell'occhio umano), spiega ad esempio come per lo sviluppo scientifico del colore sia stato importantissimo distinguere questa tricromia fisiologica dalla tricromia tecnica o produttiva, dato che la loro confusione aveva portato a moltissimi errori di categoria nella scienza della visione (Mollon, 2003, p. 5). Proprio questi errori quindi, oltre a delineare una serie di traguardi

sotto/below: Uriel Schmid Téllez, Bouquet
No. 2, 2023, olio su tela, 60x60cm / Uriel
Schmid Téllez, Bouquet No. 2, 2023, oil on
canvas, 60x60cm

83). However, paradoxically, it was precisely this multidisciplinary character that first contributed to the creation of many of those terminological complications and debates that later led to the weakening of popularisation itself and, consequently, to the weakening of multidisciplinary perspectives in the field of colour and eventually also to the weakening of contemporary colour technologies.

Between productive and physiological trichrome

An exemplary case of this situation is the use of the term trichrome, the origin of which can be traced back to the arts and crafts disciplines that before, during, and after the scientific revolution of colour, have always sought to obtain as many colours as possible with pigments and lights by mixing as few main colours as possible (so-called primaries), according to the principle considered erroneous today (MacEvoy, 2015-2023) that primaries are those colours that “cannot be composed of other colours, but from which all others can be composed” (Roque, 1994, p. 409), and which in its most efficient formulation are always three, hence the term trichrome. However, the term was also used by researchers in the second half of the 19th century to identify both the different three-colour production syntheses and the more recent physiological encoding of electromagnetic waves based on the combination of three photoreceptors present in the human eye, hence precisely the polysemy and ambiguity of the term. Mollon himself, one of the scientists who, together with Dartnall and Bowmaker, validated Young’s theory in 1983 (definitively affirming the presence of three photoreceptors within the human eye), explains, for example, how for the scientific development of colour it was essential to distinguish this physiological trichromacy from technical or productive trichromacy, as their confusion had led to many category errors in the science of vision (Mollon, 2003, p. 5). It is precisely these errors, therefore, that not only delineated several concrete goals but also actively contributed to shaping modern colour culture, thus making it doubly important to investigate the difference between different trichomes. The first difference to be noted is that productive trichomes can be based on different mixing processes, either related to direct light (additive) or to the absorption and reflection of pigments and surfaces (subtractive), processes that in turn, result in distinct and ideally opposing primaries (and as we shall see, productive systems can also combine different mixing processes in a hybrid result); whereas, on the other hand, physiologi-



cal trichromy is always and only based on the additive mixing process related to direct light. However, precisely by failing to consider this systematic category difference, the academic world has long been embroiled in the debate over which is the “true trichrome”, and even today, it is still possible to identify a somewhat similar problem as in the case of the binary distinction between subtractive and additive in print and screen reproduction media, so that the possibility of, for example, printing with an additive process as in Lorenz Boegli’s recent RGB printing is hardly ever considered, which to many might even sound paradoxical, but which is entirely possible given that physiological trichromacy works regardless of whether the direct light is the product of reflection, absorption or filtering. Moreover, contrary to common sense, the simplification of these processes does not simplify technical developments at all, as can be seen in the different e-ink technologies, which use an opposition of black and white pigments below an RGB grid to achieve additive mixing or a combination of subtractive pigments to achieve subtractive mixing (Telfer & McCreary, 2016), i.e. not considering the possi-

bility of directly using pigments from the colour of additive primaries (as is already the case with RGB printing). Another fundamental difference between trichomes is that the primary colours of productive trichomes are always to be considered (at least ideally) discrete or non-continuous, a fundamental characteristic for creating many colours from a mixture of only three colours. In contrast, the photoreceptors in the eye are instead sensitive to the entire visible spectrum and respond differently for each part of it, not discretely, but intensively, hence the famous sensitivity curves (Briggs, 2007-2022, Ch. 3.2). This means that even if a productive trichrome uses an additive process homologous to the physiological trichrome, one should not think that this is sufficient to equate productive trichomes with physiological ones. On the contrary, it is precisely this structural difference between continuous and discrete that explains the substantial discrepancy of production systems concerning human vision, whereby no discrete trichrome will ever be able to cover the entire visible spectrum, as the physical homologation of lights and pigments to the sensitivity of photoreceptors is tech-

a destra e pagina successiva/on the right and next page: Uriel Schmid Téllez, Fiorissimo No. 1-8, 2023, (8x) 150x60cm - Installation view, Spazio Officina, m.a.x. museo, Chiasso, Svizzera, "Una cornice per artisti emergenti", per l'esposizione "FORTUNATO DEPERO e GILBERT CLAVEL. Futurismo = Sperimentazione ARTOPOLI". m.a.x. museo, (a cura di) Luigi Sansone e Nicoletta

Ossanna Cavadini / Uriel Schmid Téllez, Fiorissimo No. 1-8, 2023, (8x) 150x60cm - Installation view, Spazio Officina, m.a.x. museo, Chiasso, Switzerland, "A frame for emerging artists", for the exhibition "FORTUNATO DEPERO e GILBERT CLAVEL. Futurismo = Sperimentazione ARTOPOLI". m.a.x. museo, by Luigi Sansone and Nicoletta Ossanna Cavadini

nically impossible (Wall et al., 1925, p. 18). When speaking of quality standards in colour coverage by technical devices, one must always consider that even the total coverage of those standards represents only a percentage of human vision, such as the famous DCI-P3 standard, which represents approximately 50 per cent of visible colours. All production systems (apart from a few rare continuous reproduction techniques such as Lippman's, which do not involve optical mixing and photoreceptors) make a precise compromise concerning photoreceptor sensitivity. A further cause for confusion, however, is that this compromise, far from being confined explicitly to the technical or production sphere, is instead also the scientific basis of colourimetry and the modern colour revolution, and consequently, also the basis of the calculations that determined the analysis of our colour perception in the first place. The CIE colour system of 1931, which was for a long time the most popular colour representation model (Yurek, 2012), is, for instance, the result of an evolution of Maxwell's trichromatic model (Roberti, 2018, p. 39), whose sensitivity curves relative to the photoreceptors would have been translated into three monochromatic lights corresponding to the three RGB primaries, which we know today, and which represent the technical standard of additive mixing (Roberti, 2018, p. 177). However, since these monochromatic lights responded to the electromagnetic frequency in a discrete manner, the new system was not able to reproduce or represent the visual amplitude of the human eye, which is why a further system, the CIE-XYZ, derived from the assumption of three ideal primaries (more saturated and brighter than possible), capable of analytically representing the chromatic amplitude of the human eye, would be created.

The Empirical Side of the Scientific Colour Revolution

The history of colour science, and colourimetry in particular, is therefore also the history of a normalisation regarding this methodological compromise, and not only, or not so much, a normalisation regarding subjective differences in colour perception, so much so that the experimental correspondence data that made the first CIE possible came from the observation of very few subjects (Wright, 1928-1929, p. 153). The so-called "normalisation", i.e. the plausible average of the values of what in colourimetry is called the "standard observer" or "normal eye", was above all fundamental to simplifying the operations of calculation and colour manipulation, in tune with the accurate, precise and equally dis-

molto specifici, hanno anche contribuito attivamente a formare la cultura moderna sul colore, rendendo dunque doppiamente importante l'approfondimento della differenza fra diverse tricromie. La prima differenza da notare è che le tricromie produttive possono basarsi su diversi processi di mescolanza, sia relativi alla luce diretta (additivi), che all'assorbimento e alla riflessione dei pigmenti e delle superfici (sottrattivi), processi che a loro volta determinano dei primari distinti e idealmente opposti (e inoltre, come vedremo, i sistemi produttivi possono anche combinare diversi processi di mescolanza in un risultato ibrido); mentre invece, la tricromia fisiologica si basa sempre e soltanto sul processo di mescolanza additivo relativo alla luce diretta. Ma proprio non considerando questa sistematica differenza di categoria, l'ambiente accademico è stato coinvolto per molto tempo nel dibattito su quale fosse la "vera tricromia", e ancora oggi è possibile individuare un problema per certi versi simile, come nel caso della distinzione binaria fra sottrattivo e additivo nei mezzi di riproduzione a stampa e a schermo, per cui non viene quasi mai considerata la possibilità che, per esempio, si possa stampare con un processo additivo come nella recente stampa in RGB di Lorenz Boegli, che a molti potrebbe anche suonare paradossale, ma che è invece del tutto possibile visto che la tricromia fisiologica funziona indipendentemente dal fatto che la luce diretta sia il prodotto di una riflessione, di un assorbimento o di un filtraggio. E al contrario del comune buon senso, la semplificazione di questi processi non semplifica affatto gli sviluppi tecnici, come si può ben vedere nelle diverse tecnologie e-ink, le quali utilizzano un'opposizione di pigmenti bianchi e neri al di sotto di una griglia RGB per ottenere la mescolanza additiva, oppure una combinazione di pigmenti sottrattivi per ottenere una mescolanza sottrattiva (Telfer & McCreary, 2016), non considerando cioè la possibilità di utilizzare direttamente dei pigmenti dal colore dei primari additivi (come già accade con la stampa in RGB). Un'altra differenza fondamentale fra tricromie, è che i colori primari delle tricromie produttive sono sempre da considerarsi (almeno idealmente) discreti o non-continui, caratteristica fondamentale per creare molti colori a partire dalla mescolanza di soli tre colori; mentre invece i fotorecettori presenti nell'occhio sono sensibili a tutto lo spettro del visibile, e rispondono in misura diversa per ogni parte di questo, non in maniera discreta, ma intensivamente, da cui appunto le famose curve di sensibilità (Briggs, 2007-2022, Cap. 3.2). Ciò significa che anche se una tricromia produttiva utilizzi un processo additivo omologo alla tricromia fisiologica, non bisogna pensare che questo basti ad equiparare le tricromie produttive a quelle fisiologiche. Al contrario, proprio questa differenza strutturale fra continuo e discreto spiega la sostanziale discrepanza dei sistemi produttivi rispetto alla visione umana, per cui nessuna tricromia discreta potrà mai coprire l'intero spettro del visibile, dato che l'omologazione fisica di luci e pigmenti alla sensibilità dei fotorecettori risulta tecnicamente impossibile (Wall et al., 1925, p. 18). Quando si parla ad esempio di standard qualitativi nella copertura del colore da parte dei dispositivi tecnici, bisogna sempre considerare che anche la totale copertura di quegli standard rappresenta soltanto una percentuale rispetto alla visione umana, come il famoso standard DCI-P3, che rappresenta circa il 50% dei colori visibili. Si può infatti dire che tutti i sistemi produttivi (a parte alcune rare tecniche di riproduzione continua come quella di Lippman, che però non chiamano in causa la mescolanza ottica e i fotorecettori), operano un preciso compromesso rispetto alla sensibilità dei fotorecettori. Un ulteriore motivo di confusione però, è che questo compromesso, lungi dall'essere specificamente circoscritto alla sfera tecnica o produttiva, rappresenta invece anche la base scientifica della colorimetria e della moderna rivoluzione del colore, e di conseguenza, anche la base dei calcoli che in primo luogo hanno determinato l'analisi della nostra percezione cromatica. Il sistema di colore CIE del 1931, che è stato per molto tempo il più popolare modello di rappresentazione del colore (Yurek, 2012), è ad esempio il risultato di un'evoluzione del modello tricromatico di Maxwell (Roberti, 2018, p. 39), le cui curve di sensibilità relative ai fotorecettori sarebbero state tradotte in tre luci monocromatiche corrispondenti ai tre primari RGB, che oggi conosciamo, e che rappresentano infatti lo standard tecnico della mescolanza additiva (Roberti, 2018, p. 177). Ma dato che queste luci monocromatiche rispondevano alla frequenza elettromagnetica in maniera discreta, il nuovo sistema non era in grado di riprodurre o rappresentare l'ampiezza visiva dell'occhio umano, ragione per la quale si sarebbe creato un ulteriore sistema, il CIE-XYZ, derivato dall'assunzione di tre primari ideali (più saturi e luminosi del possibile), in grado di rappresentare analiticamente l'ampiezza cromatica dell'occhio umano.

Il lato empirico della rivoluzione scientifica del colore

La storia della scienza del colore e in particolare della colorimetria, è quindi anche la storia di una normalizzazione relativa a questo compromesso metodologico, e non solo, o non tanto, di una normalizzazione relativa alle differenze soggettive nella percezione dei colori, tant'è che i dati di corrispon-



crete physical instrumentation. In other words, practice and theory, the productive and conceptual side, are strongly intertwined in the scientific history of colour. Despite the critical developments of spectrophotometry, which, contrary to colourimetry, does not measure colour only for monochromatic lights - but also despite the renewed theoretical interest (Atkinson, 2003), as well as recent experimental investigations into specific continuous methods of colour reproduction that have yet to bear fruit, such as those of the University of the West of England (UWE) and the Rochester Institute of Technology (RIT) -, the fact remains that most colour analysis still revolves around this trichromatic compromise, whose productive, experimental and above all empirical contribution can be explicitly found in the early days of colourimetry. Maxwell himself, for example, is said to have determined the famous RGB primaries empirically from a set of as many as sixteen colours, based on the convenience of obtaining the most significant number of colours by mixing, i.e. in a manner not very different from what the arts and crafts disciplines had done until then (Maxwell, 1855, p. 276). It is therefore not surprising that, before clarifying the concept of metamerism, i.e. the possible perceptual coincidence of a colour derived from different spectral circumstances, which is precisely the basis of optical mixing using discrete prima-

denza sperimentale che resero possibile il primo CIE provenivano dall'osservazione di pochissimi soggetti (Wright, 1928-1929, p. 153). La cosiddetta "normalizzazione", e cioè la plausibile media dei valori di quello che in colorimetria si chiama "osservatore standard" o "occhio normale", è stata soprattutto fondamentale per semplificare le operazioni di calcolo e di manipolazione del colore, in sintonia con la strumentazione fisica, reale, precisa e altrettanto discreta. La pratica e la teoria, il lato produttivo e concettuale, sono cioè fortemente intrecciati nella storia scientifica del colore, e a dispetto degli importanti sviluppi della spettrofotometria, la quale al contrario della colorimetria non misurerebbe il colore soltanto per luci monocromatiche - ma anche a prescindere dal rinnovato interesse teorico (Atkinson, 2003), nonché dalle recenti indagini sperimentali su alcuni metodi continui di riproduzione del colore che devono ancora dare i loro frutti, come quelle della University of the West of England (UWE) e del Rochester Institute of Technology (RIT) -, rimane il fatto che la maggior parte delle analisi cromatiche ruoti ancora attorno a questo compromesso tricromatico, il cui apporto produttivo, sperimentale e soprattutto empirico, si può esplicitamente ritrovare agli albori della colorimetria. Lo stesso Maxwell avrebbe ad esempio determinato i famosi primari RGB empiricamente a partire da un set di ben sedici colori, basandosi sulla convenienza nell'ottenere il maggior numero di colori per mescolanza, ovvero in maniera non molto diversa da come le discipline artistiche e artigianali avevano fatto fino ad allora (Maxwell, 1855, p. 276). Non c'è quindi da stupirsi se, prima di chiarire il concetto di metamerismo, e cioè l'eventuale coincidenza percettiva di un colore derivato da circostanze spettrali diverse, che sta appunto alla base della mescolanza ottica ottenuta con primari discreti (Maxwell, 1860, p. 58), Maxwell era passato dall'idea che la tricromia fisiologica poteva essere "imitata" da strumenti tecnici e apparati ottici, e cioè ottenuta con mezzi fisici e naturali (Maxwell, 1855, p. 284), incentivando così linguisticamente il paradossale ritorno del colore nel mondo fisico a dispetto della nuova idea fisiologica. Tale passaggio però, appare del tutto concepibile se si considera che l'inizio di questa rivoluzione scientifica traeva in primo luogo origine da processi empirici e sperimentali assolutamente fisici e tecnico-produttivi.

Limitazioni tecniche o culturali?

Come tale, la storia tecnica e scientifica moderna induce continuamente al rischio di confondere alcuni concetti chiave del colore, anche a prescindere dagli innumerevoli progressi. Ma dire che tali confusioni o che la cultura tecnico-scientifica sia ancora influenzata oggi da un'idea intuitiva, tradi-

ries (Maxwell, 1860, p. 58), Maxwell had moved from the concept of metamerism to the concept of colour mixing. 58), Maxwell had moved on from the idea that physiological trichromacy could be “imitated” by technical instruments and optical apparatuses, i.e. obtained by physical and natural means (Maxwell, 1855, p. 284), thus linguistically stimulating the paradoxical return of colour to the physical world despite the new physiological idea. This shift, however, seems entirely conceivable if one considers that the beginning of this scientific revolution originated primarily from empirical and experimental processes that were physical and technical.

Technical or cultural limitations?

As such, modern technical and scientific history continually leads to the risk of confusing certain key colour concepts, even apart from the countless advances. However, to say that such confusion or that technical-scientific culture is still influenced today by an intuitive, traditional, physical and productive idea of colour is perhaps too far-fetched, even if the terminology used suggests otherwise, as in the case of the painting programme *Rebelle*, which boasts of being the first painting software capable of simulating the mixing of traditional pigments, indicated (as in other cases) as a “physical” mixing of colours (alluding, we imagine, to the mechanics of pigments rather than a scientific definition of the term). However, it was precisely this programme that, only a few years ago, was still indicated by two researchers from the Czech Technical University in Prague (Sochorova, 2021) as one of several software programs (including Adobe Photoshop, Procreate, Corel Painter, Krita and Adobe Fresco), which did not allow the manipulation of colour outside of the RGB and CMYK systems, systems that being exactly and ideally opposite, produce systematically identical results, and can therefore be considered as a single system, hence the limitation of the possibilities of colour manipulation. The Prague researchers point to an example as banal as it is essential, which concerns the creation of shades between one colour and another, where precisely the univocity of the RGB system and the CMYK complementaries do not allow a green to be obtained from a shade between yellow and blue, which is instead one of the most common and intuitive shades with pigments. Another case, indicated in a very similar manner by two French researchers, concerns the manipulation of transparencies, and thus also the prediction of the chromatic appearance of coloured surfaces and lights, which can be added to the limitation of shading (Simonot & Hébert,



zionale, fisica e produttiva del colore è forse troppo azzardato, anche se la terminologia adoperata faccia pensare altrimenti, come nel caso del programma di pittura *Rebelle*, che vanta d'essere il primo software di pittura in grado di simulare la mescolanza dei pigmenti tradizionali, indicata (come in altri casi), in quanto mescolanza “fisica” dei colori (alludendo, lo immaginiamo, alla meccanicità dei pigmenti piuttosto che a una definizione scientifica del termine). Ma proprio questo programma invece, solo qualche anno fa era ancora indicato da due ricercatori dell'Università Tecnica Ceca di Praga (Sochorova, 2021), come uno fra i vari software (tra cui Adobe Photoshop, Procreate, Corel Painter, Krita e Adobe Fresco), che non permettevano di manipolare il colore al di fuori dei sistemi RGB e CMYK, sistemi che essendo esattamente e idealmente opposti, producono risultati sistematicamente identici, e possono quindi considerarsi come un unico sistema, da cui appunto la limitazione delle possibilità di manipolazione del colore. I ricercatori praguesi indicano infatti un esempio tanto banale quanto essenziale, che riguarda la creazione di sfumature fra un colore e l'altro, dove proprio l'univocità del sistema RGB e dei complementari CMYK, non permettono di ottenere un verde da una sfumatura fra il giallo e il blu, che è invece una sfumatura fra le più comuni e intuitive con i pigmenti. Un altro caso, indicato in maniera molto simile da due ricercatori francesi, riguarda invece la manipolazione delle trasparenze, e dunque anche la previsione dell'apparenza cromatica di superfici colorate e luci, che si può sommare alla limitazione della sfumatura (Simonot & Hébert, 2013). In entrambi i casi poi, i ricercatori praguesi e francesi propongono una soluzione concettualmente identica, ovvero l'implementazione nei programmi di alcuni processi di mescolanza ibridi, fra l'additivo e il sottrattivo, per allargare così le possibilità di manipolazione del colore. Ma ad oggi questo tipo di me-

2013). In both cases, the Prague and French researchers propose a conceptually identical solution, i.e., implementing some hybrid mixing processes in the programmes between the additive and the subtractive, to expand the possibilities of colour manipulation. However, to date, these types of methods seem not yet to have been implemented in the most critical programmes, and even if it is most likely only a matter of time, the problem still prompts a reflection on the sense and relevance of classical production systems, their conceptual importance for the technical-scientific history of colour and their conventional use at the expense of more flexible systems that are better able to respond to the contemporary, digital need to manipulate colour with complete freedom and maximum precision (Parraman, 2010). On the one hand, it could also be thought that the reticence to implement hybrid mixtures in graphics processing programmes is due to the abstract and arbitrary connotation of these techniques, which are perhaps too far removed from the productive relevance of classic colour systems, but even in this case, such a choice is likely entirely cultural, if we consider, for example, that in printing, and in particular with the halftone technique in colour, a hybrid mixture is already used, which could represent an example of productive application. In fact, in this printing technique, the dots printed in CMY subtractive pigments are also superimposed on each other, and due to their poor covering value (or is, in other words transparent), they produce in their mixing, and just as discreetly, the complementary (and additive) RGB primaries, thus bringing the dyes considered to the number eight, including paper white and black - by superimposition (CMY) or addition (CMYK) -, finally forcing the theory to have to consider many more variables than subtractive trichrome alone, and even more importantly, demonstrating that even in the case of the visual fusion phenomenon that is supposed to work solely according to additive optical mixing, the classical subtractive-additive dualism is not sufficient to predict all results (Simonot & Hébert, 2013, p. 60).

todi sembrano non essere ancora stati implementati nei programmi più importanti, e anche se molto probabilmente si tratta solo di una questione di tempo, il problema induce ugualmente una riflessione sul senso e sulla pertinenza dei classici sistemi produttivi, sulla loro importanza concettuale per la storia tecnico-scientifico del colore e sul loro utilizzo convenzionale a scapito di sistemi più flessibili e in grado di rispondere meglio all'esigenza contemporanea e digitale di manipolare il colore con piena libertà e massima precisione (Parraman, 2010). Da un lato si potrebbe anche pensare che la reticenza di implementare delle mescolanze ibride nei programmi di elaborazione grafica sia dovuta alla connotazione astratta e arbitraria di queste tecniche, forse troppo lontane dalla pertinenza produttiva dei classici sistemi di colore, ma anche in questo caso è probabile che una tale scelta sia del tutto culturale, se si pensa ad esempio che nella stampa, e in particolar modo con la tecnica dell'halftone a colori, viene già utilizzata una mescolanza ibrida, che potrebbe rappresentare un esempio di applicazione produttiva. In questa tecnica di stampa infatti, i punti stampati nei pigmenti sottrattivi CMY vengono anche sovrapposti fra loro, e a causa dello scarso valore coprente (o essendo in altre parole trasparenti), producono nella loro mescolanza, e in maniera altrettanto discreta, i primari complementari (e additivi) RGB, portando così i coloranti considerati al numero di otto, compresi il bianco della carta e il nero - per sovrapposizione (CMY) o aggiunto (CMYK) -, obbligando infine la teoria a dover considerare molte più variabili della sola tricromia sottrattiva, e ancora più importante, dimostrando che anche nel caso del fenomeno di fusione visiva che dovrebbe funzionare unicamente secondo la mescolanza ottica additiva, il classico dualismo sottrattivo-additivo non è sufficiente a prevedere tutti i risultati (Simonot & Hébert, 2013, p. 60).

References

- Atkinson, A. (2003). "Continuous Tone Alternatives to Halftone Through Historical Reflection". In IS&T's PICS Conference. <https://www.imaging.org/site/PDFs/Papers/2003/PICS-0-287/8532.pdf> [ultimo accesso 22 marzo 2023].
- Briggs, J. C. D. (2007-2022). The Dimensions of Colour. Ibiblio. <http://www.huevaluechroma.com/index.php> [ultimo accesso 22 marzo 2023].
- Boehm, G. (2009). La svolta iconica (G. M. Di Monte, M. S. Marrone, E. Pastore, Trans.). Roma: Meltemi.
- Caivano, L. J. (2011). Las teorías de la luz y el color como contribución a la semiótica visual : La semiótica como paradigma para el estudio de la luz y el color. Tesi di dottorato, dipartimento d'arte dell'Università di Buenos Aires. Facoltà di Filosofia e Letteratura. <http://repositorio.filo.uba.ar/handle/filodigital/4349> [ultimo accesso 20 luglio 2023].
- MacEvoy, B. (2005-2023). Color Vision. <http://www.handprint.com/LS/CVS/color.html> [ultimo accesso 22 marzo 2023].
- MacEvoy, B. (2015-2023). Color Theory. <http://www.handprint.com/HP/WCL/wcolor.html> [ultimo accesso 22 marzo 2023].
- Martini, B. Tombolato, M. D'Ugo, R. (2019). "Primary colors as a source of possible misconceptions: an insight into teaching and learning about color". In Color Culture and Science Journal. Vol. 11 (2). <https://jcolore.gruppodelcolore.it/ojs/index.php/CCSJ/article/view/CCSJ.110203> [ultimo accesso 22 marzo 2023].
- Maund, B. (2022). "Color", In The Stanford Encyclopedia of Philosophy. Edward N. Z., Spring ed. <https://plato.stanford.edu/archives/spr2022/entries/color/> [ultimo accesso 15 febbraio 2024].
- Maxwell, C. (1855). "Experiments on Colour, as perceived by the Eye, with Remarks on Colour-Blindness". In Transactions of the Royal Society of Edinburgh. 21(2), 275-298. 1857.
- Maxwell, C. (1860). "On the Theory of Compound Colours, and the Relations of the Colours of the Spectrum". In Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Vol. 150, pp. 57-84. <https://www.jstor.org/stable/108759> [ultimo accesso 22 marzo 2023].
- McLuhan, M. (1962). The Gutenberg galaxy: the making of typographic man. Canada: University of Toronto Press.
- Mollon, J. D. (2003). "The Origins of Modern Color Science". In The Science of Color. Elsevier Ltd. <https://winlab.rutgers.edu/~trappe/Courses/ImageVideoS06/MollonColorScience.pdf> [ultimo accesso 22 marzo 2023].
- Newton, I. (1730). Opticks: or, a Treatise of The Reflections, Refractions, Inflections and Colours of Light. Londra: William Innys. 4th ed. (first ed. 1704).
- Parraman, C. (2010). The development of artists' novel colour palettes for inkjet printing. Tesi di dottorato, University of the West of England. https://www.uwe.ac.uk/sca/research/cfpr/staff/carinna_parraman/ [ultimo accesso 4 dicembre 2022].
- Roberti, V. (2018). Maxwell and Helmholtz and the Birth of the Theory of Colour. Tesi di dottorato in fisica per l'Università degli studi di Padova. https://www.research.unipd.it/handle/11577/3425389?1/tesi_Valentina_Roberti.pdf [ultimo accesso 22 marzo 2023].
- Roque, G. (1994). "Les couleurs complémentaires : un nouveau paradigme". In Revue d'histoire des sciences. Armand Colin: Vol. 47, No. 3/4 (JUILLET - DÉCEMBRE), 405-433. <https://www.jstor.org/stable/23633498> [ultimo accesso 22 marzo 2023].
- Schmid, T. U. (2023a). "La svolta cromatica". In Colore e Colorimetria. Contributi Multidisciplinari. Vol. XVIII B. Gruppo del Colore - Associazione Italiana Colore. Research Culture And Science Books series (RCASB). DOI: 10.23738/RCASB.0010 <https://www.rcasb.eu/index.php/RCASB/catalog/book/14> [ultimo accesso 15 febbraio 2024].
- Schmid, T. U. (2023b). La svolta cromatica. Tesi specialistica in Arti Visive. Accademia di Belle Arti di Bologna.
- Simonot, L. Hébert, M. (2013). "Between additive and subtractive color mixings: intermediate mixing models". In Journal of the Optical Society of America. A Optics, Image Science, and Vision. Optical Society of America, 2013, 31 (1), pp.58-66. <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00962256> [ultimo accesso 4 dicembre 2022].
- Sochorová, S. Jamriška, O. (2021). "Practical Pigment Mixing for Digital Painting." In ACM Transactions on Graphics, Vol. 40, Issue 6, Article 234. <https://srtwps.com/mixbox.pdf> [ultimo accesso 4 dicembre 2022].
- Stork, G. D. (1982). "Colour Vision in the Nineteenth Century: The Young-Helmholtz-Maxwell Theory and Color Measurement: Theme and Variations". In Physics Today. 35, 5, 83. <https://physicstoday.scitation.org/doi/abs/10.1063/1.2915106?journalCode=pt> [ultimo accesso 22 marzo 2023].
- Telfer, S. J., McCreary, M. D. (2016). "A Full-Color Electrophoretic Display". In Symposium Digest of Technical Papers (SID). 47, 42-4.
- Turner, R. S. (1996). "The origins of colorimetry: What did Helmholtz and Maxwell learn from Grassmann?". In Hermann Günther Graßmann (1809-1877): Visionary Mathematician, Scientist and Neohumanist Scholar. In Boston Studies in the Philosophy and History of Science. Vol. 187. Netherlands: Springer.
- Wall, E. J. et al. (1925). The History of Three-Color Photography. Boston: American Photographic Publishing Company. <https://ia800607.us.archive.org/15/items/historyofthreeco00ejwa/historyofthreeco00ejwa.pdf> [ultimo accesso 22 marzo 2023].
- Wright, W. D. (1928-1929). "A Re-determination of the Trichromatic Coefficients of the Spectral Colours". In Transactions Of The Optical Society. Vol. 30, No. 4. London: Great Britain. <https://iopscience.iop.org/journal/1475-4878> [ultimo accesso 22 marzo 2023].
- Yurek, J. (2012). "Color Space Confusion". In dot color - All about color quality and display technologies. August 14. <https://dot-color.com/2012/08/14/color-space-confusion/> [ultimo accesso 22 marzo 2023].