

# **Colore e Colorimetria Contributi Multidisciplinari**

**Vol. XVIII B**

A cura di Albana Muco e Filippo Cherubini



*[www.gruppodelcolore.org](http://www.gruppodelcolore.org)*

*Regular Member*

*AIC Association Internationale de la Couleur*

**Colore e Colorimetria. Contributi Multidisciplinari. Vol. XVIII B**

A cura di Albana Muco e Filippo Cherubini

Pubblicato dal Gruppo del Colore - Associazione Italiana Colore

Research Culture And Science Books series (RCASB), ISSN: 2785-115X

ISBN 978-88-99513-24-5

DOI: 10.23738/RCASB.0010

© Copyright 2023 by Gruppo del Colore - Associazione Italiana Colore

Piazza C. Caneva, 4

20154 Milano

C.F. 97619430156

P.IVA: 09003610962

[www.gruppodelcolore.it](http://www.gruppodelcolore.it)

e-mail: [segreteria@gruppodelcolore.org](mailto:segreteria@gruppodelcolore.org)

Diritti di traduzione, di memorizzazione elettronica, di riproduzione  
e di adattamento totale o parziale con qualsiasi mezzo sono riservati per tutti i Paesi.

Pubblicato nel mese di Dicembre 2023

*XVIII Conferenza del Colore, Lecco 2023*

**Colore e Colorimetria. Contributi Multidisciplinari  
Vol. XVIII B**

*Atti della diciottesima Conferenza del Colore.*

***In collaborazione con:***

*Associação Portuguesa da Cor (PT)*

*Colour Group (GB)*

*Forum Farge (NO)*

*Suomen väriyhdistys SVY (FI)*

*Swedish Colour Centre Foundation (SE)*

*Politecnico di Milano - Polo Territoriale di Lecco Via Gaetano Prevati, 1/c, 23900 Lecco, Italia  
15-16 settembre 2023*

**Chair**

Andrea Siniscalco, Politecnico di Milano, IT

**Comitato di Programma**

Gianluca Guarini, Politecnico di Milano, IT  
Albana Muco, Gruppo del Colore –  
Associazione Italiana Colore, IT  
Marcello Piccolo, IFAC-CNR, IT

**Segreteria Organizzativa**

Albana Muco, Gruppo del Colore - Associazione Italiana Colore

## Comitato Scientifico – Peer review

- Giuseppe Amoruso** | Dipartimento di Design – Politecnico di Milano, IT
- Kine Angelo** | Norwegian University of Science and Technology, NO
- Fabrizio Apollonio** | Università di Bologna, IT
- John Barbur** | City University London, UK
- Laura Bellia** | Università di Napoli Federico II, IT
- Berit Bergstrom** | Swedish Colour Centre Foundation, SE
- Janet Best** | Natific, GB
- Marco Bevilacqua** | Università di Pisa, IT
- Carlo Bianchini** | Sapienza Università di Roma, IT
- Cristian Bonanomi** | Konica Minolta Sensing Europe B.V., EU
- Valérie Bonnardel** | University of Winchester, GB
- José Luis Caivano** | Universidad de Buenos Aires, AR
- Cristina Maria Caramelo Gomes** | University of Lisbon, PT
- Antonella Casoli** | Università di Parma, IT
- Céline Caumon** | Université Toulouse2, FR
- Filippo Cherubini** | IFAC-CNR, IT
- Vien Cheung** | University of Leeds, UK
- Verónica Conte** | Universidade de Lisboa, PT
- Elisa Cordero-Jahr** | Universidad Austral de Chile, CL
- Osvaldo Da Pos** | Università degli Studi di Padova, IT
- Christine Fernandez-Maloigne** | University of Poitiers, FR
- Francesca Fragliasso** | Università di Napoli Federico II, IT
- Davide Gadia** | Università degli Studi di Milano, IT
- Margarida Gamito** | Universidade de Lisboa, PT
- Martinia Glogar** | University of Zagreb, HR
- Yulia A. Griber Smolensk** | State University, RU
- Jon Hardeberg** | Norwegian University of Science and Technology, NO
- Takahiko Horiuchi** | Chiba University, JP
- Francisco Imai** | Canon, US
- Maria João Durão** | Universidade de Lisboa, PT
- Agata Kwiatkowska-Lubańska** | Academy of Fine Arts, Kraków, PL
- Mette L'Orange** | University of Bergen, NO
- Guy Lecerf** | Université Toulouse2, FR
- Maria Dulce Loução** | Universidade de Lisboa, PT
- Veronica Marchiafava** | Gruppo del Colore – Associazione Italiana Colore, IT
- Manuel Melgosa** | Universidad de Granada, ES
- Fernando Moreira da Silva** | School of Architecture – University of Lisbon
- Dimitris Mylonas** | University College London, GB
- Gabriela Nirino** | University of Buenos Aires, AR
- Galina Paramei** | Liverpool Hope University, GB
- Carinna Parraman** | University of the West of England, UK
- Laurence Pauliac** | Historienne de l'Art et de l'Architecture, Paris, FR
- Giulia Pellegrini** | Università degli Studi di Genova, IT
- João Pernão** | Universidade de Lisboa, PT
- Luciano Perondi** | Università IUAV di Venezia, IT
- Alice Plutino** | Università degli Studi di Milano, IT
- Fernanda Prestileo** | ICVBC-CNR, IT
- Barbara Radaelli-Muuronen** | Helsinki Art Museum, FI
- Katia Ripamonti** | Cambridge Research System, GB
- Alessandro Rizzi** | Università degli Studi di Milano, IT
- Michele Russo** | Sapienza Università di Roma, IT
- Miguel Sanches** | Instituto Politécnico de Tomar, PT
- Jodi L. Sandford** | Università di Perugia, IT
- Verena M. Schindler** | AIC SG Environmental Colour Design, Zollikon, CH
- Zélia Simões** | CIAUD-Faculty of Architecture, Lisbon University, PT
- Gabriele Simone** | Purple S.r.l., Università degli Studi di Milano, IT
- Gennaro Spada** | Università di Napoli Federico II, IT
- Roberta Spallone** | Politecnico di Torino, IT
- Elza Tantcheva** | Colour Group, GB
- Justyna Tarajko-Kowalska** | Cracow University of Technology, PL
- Francesca Valan** | Studio Valan, IT
- Eva Valero** | University of Granada, ES

## Organizzatori



## Patrocini

AIC – Association Internationale de la Couleur (International Colour Association)

AIDI – Associazione Italiana di Illuminazione (Italian Lighting Association)

SID – Società Italiana di Design (Italian Design Society)

AIAr – Associazione Italiana di Archeometria (Italian Archaeological Science Association)

SIOF – Società Italiana di Ottica e Fotonica (Italian Society of Optics and Photonics)

IGIIC – Gruppo Italiano dell'International Institute for Conservation

### ***Presentazione***

La Conferenza del Colore organizzata ogni anno dal Gruppo del Colore – Associazione Italiana Colore è giunta alla sua 18esima edizione nel 2023 e si è tenuta presso il Politecnico di Milano - Polo Territoriale di Lecco.

L'evento internazionale di due giorni ha visto la partecipazione di tre *invited speaker* – **Andrew Stockman, Christopher Bauder e Raimondo Schettini** – e la presentazione di 70 articoli.

I due volumi che qui ne raccolgono gli articoli pubblicati in *open access* – uno con 29 lavori in italiano e l'altro con 34 in inglese – propongono i contributi presentati il 15 e 16 settembre e sono organizzati come segue: i capitoli sono raggruppati e si susseguono attenendosi alla numerazione in ordine crescente dei *topic* della *Call for Papers*.

Infine, il “Color Award/Premio Colore 2023” è stato conferito a **Gaetano Pesce**. Rivolghiamo un grazie particolare alla Commissione Colore – nelle persone di Alice Plutino, Eva Mariasole Angelin e Miguel Ángel Herrero Cortell – per il prezioso contributo.

I nostri ringraziamenti vanno ad Andrea Siniscalco, *chair* della Conferenza, per il grande lavoro svolto e a tutte le persone che hanno partecipato, aiutato, collaborato alla buona riuscita della manifestazione.

Vi auguriamo una buona lettura.

Albana Muco e Filippo Cherubini  
Dicembre 2023

## Indice

|   |           |
|---|-----------|
| <b>1. Colore e digitale</b> .....   | <b>10</b> |
| <b>Approcci low-cost per l'assegnazione del colore a forme vascolari da contesti archeologici</b> .....   | 11        |
| <i>Francesca Adesso, Emanuela Faresin and Giuseppe Salemi</i>   |           |
| <b>2. Colore e illuminazione</b> .....  | <b>19</b> |
| <b>Il colore genuino</b> .....  | 20        |
| <i>Gianpiero Alfarano</i>   |           |
| <b>La cultura visuale, un'opportunità per il pensiero teorico del lighting design</b> .....   | 28        |
| <i>Riccardo Caratti-Zarytkiewicz</i>  |           |
| <b>Luce e colore nel progetto delle Luminarie</b> .....   | 36        |
| <i>Alessandra Scarcelli</i>   |           |
| <b>Colour for lighting design</b> .....   | 44        |
| <i>Alessandro Spennato</i>  |           |
| <b>3. Colore e psicologia</b> .....   | <b>52</b> |
| <b>Rappresentazioni sensibili, colore emotivo: alcuni casi di rilievo del colore eseguiti nella Garbatella</b> ....   | 53        |
| <i>Tiantian Fan</i>   |           |
| <b>4. Colore e restauro</b> .....   | <b>62</b> |
| <b>Caratterizzazione ottica di pellicole pittoriche a olio con pigmenti essiccanti: blu cobalto</b> .....   | 63        |
| <i>Aranzazu Llácer-Peiró, M. Antonia Zalbidea-Muñoz, Miquel Angel Herrero-Cortell and Laura Fuster-López</i>  |           |
| <b>La colorimetria come metodo di caratterizzazione per la selezione dei prodotti di consolidamento nell'arte rupestre levantina, il caso del riparo de los Toros del Prado del Navazo. (Albarracín-Teruel)</b> ..... | 72        |
| <b>Studio e monitoraggio delle variazioni cromatiche nel tempo di dipinti in luoghi di culto: metodologia e problematiche</b> .....   | 81        |
| <i>Marcello Picollo, Claudia Gisela Reichold, Irene Pieralli, Elisa Gualini, Serena Hirsch, Serena Morrocchesi and Sara Valenza</i>   |           |
| <b>Identità urbana: Dicotomie ai tempi dei Bonus Edilizi</b> .....  | 89        |
| <i>Mariagrazia Cinelli</i>  |           |
| <b>Il colore della scagliola: casi studio di realizzazione e restauri dei "cristalli di gesso"</b> .....  | 97        |
| <i>Paolo Bertelli, Paola Artoni, Ermanno Poletti, Giulio Pojana, Dafne Cimino, Maria Labate, Maurizio Aceto and Angelo Agostino</i>   |           |
| <b>Conservare l'effimero: il colore dei "Madonnari"</b> .....   | 103       |
| <i>Paola Artoni, Paolo Bertelli, Mariano Bottoli, Giulio Pojana, Dafne Cimino, Maria Labate, Maurizio Aceto and Angelo Agostino</i>   |           |
| <b>Mutazione del colore per invecchiamento delle resine naturali.</b> .....   | 111       |
| <i>M<sup>a</sup> Antonia Zalbidea Muñoz, Marta Molinari and Miquel Àngel Herrero-Cortell</i>  |           |

|  |            |
|--|------------|
| <b>5. Colore e ambiente</b> .....  | <b>119</b> |
| <b>Il colore come dato spaziale nell'ambito della definizione dei paesaggi culturali. Alcuni esempi all'EUR rappresentati in ambiente GIS</b> .....                                    | 120        |
| <i>Maria Martone and Tiantian Fan</i>  |            |
| <b>Colore in architettura: uno sguardo all'esperienza giapponese nel tempo e nello spazio della Storia</b> ...   | 129        |
| <i>Christian Anelli and Anna Marotta</i>   |            |
| <b>Applicazione di camera iperspettrale per la caratterizzazione di superfici lapidee in esterno con luce naturale</b> .....   | 137        |
| <i>Filippo Cherubini, Marcello Picollo, Costanza Cucci, Andrea Casini, Lorenzo Stefani and Maurizio De Vita</i>  |            |
| <b>6. Colore e design</b> .....  | <b>143</b> |
| <b>Colore a bordo. L'importanza del colore (e del non colore) nell'interior yacht design</b> .....   | 144        |
| <i>Mariateresa Campolongo and Mario Ivan Zignego</i>   |            |
| <b>7. Colore e cultura</b> .....   | <b>152</b> |
| <b>Le battaglie del colore</b> .....   | 153        |
| <i>Renata Pompas, Lia Luzzato</i>  |            |
| <b>Il "colore del verde" nelle fortezze: natura, cultura e conservazione. L'esempio nell'Alessandrino</b> ....   | 159        |
| <i>Anna Marotta and Marco Devecchi</i>   |            |
| <b>Le superfici policrome dei monumenti di Puglia tra XIX e XX secolo. Il contributo del colore per la diffusione del neomedievalismo e la creazione dell'identità nazionale</b> ..... | 167        |
| <i>Maria Antonietta Catella</i>  |            |
| <b>Lessico e colori nel mondo della moda</b> .....   | 176        |
| <i>Vivian Orsi</i>   |            |
| <b>La luce colorata per i beni culturali</b> .....   | 183        |
| <i>Simona Cosentino</i>  |            |
| <b>La svolta cromatica</b> .....   | 191        |
| <i>Uriel Schmid Téllez</i>   |            |
| <b>8. Colore e educazione</b> .....  | <b>200</b> |
| <b>Helios, la luce spiegata ai bambini</b> .....   | 201        |
| <i>Lara Prandini, Elena Pedrotti and Sotirios Papadopoulos</i>   |            |
| <b>Multimodalità e multisensorialità nello studio cromatico della natura e nella creazione di opere d'arte di Monica Gorini</b> .....  | 210        |
| <i>Monica Gorini</i>   |            |
| <b>Un'esperienza sull'uso dei giochi da tavolo per una diagnosi precoce del daltonismo nella scuola elementare italiana</b> .....  | 221        |
| <i>Lorenzo Perego, Alice Plutino, Ambra Cattaneo, Luca Armellin, Alessandro Rizzi and Matteo Sassi</i>   |            |
| <b>Dall'esercizio dei sensi per mappare lo spazio urbano al colore, uno strumento per definire l'esperienza tra educazione e percezione</b> .....                                      | 227        |
| <i>Alessandra De Nicola, Annamaria Poli and Franca Zuccoli</i>   |            |

|   |            |
|---|------------|
| <b>9. Colore e Comunicazione/Marketing</b> .....                                    | <b>237</b> |
| <b>Muri colorati. Forme e colori dell'Italia nei manifesti di Mario Puppò</b> ..... | 238        |
| <i>Marcello Scalzo</i>  |            |
| <b>10. Colore per Fotografia e Film</b> .....                                       | <b>248</b> |
| <b>Il colore nei primi film muti sul Giappone</b> .....                             | 249        |
| <i>Annamaria Poli</i>   |            |

## **2. Colore e illuminazione.**

## Colour for lighting design

Alessandro Spennato<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Dipartimento di Architettura - Università degli Studi di Firenze  
alessandro.spennato@unifi.it

### Abstract

L'utilizzo di nuovi materiali per il risparmio energetico, nel campo dell'illuminazione artificiale, ha portato all'applicazione dei materiali fotoluminescenti nella progettazione di lampade da interno e ancor più per l'impiego da esterno completamente autonome energeticamente con consumo zero di energia elettrica. La fotoluminescenza di ultima generazione, anche attraverso il suo colore, solo negli ultimi anni ha visto estendere la sua applicabilità grazie a continue ricerche e sperimentazioni effettuate mediante uno stretto rapporto di collaborazione con un gruppo di ricercatori universitari e alcune aziende del settore, che hanno permesso di realizzare test e prototipi. Il lavoro è svolto con il metodo applicativo-sperimentale progettando nuovi aspetti morfologici di lampade per interni ed esterni, con particolare attenzione per le lampade da giardino. Ciò che ora è realizzato con il principio di illuminare per tutta la notte in modo fisso e uniforme l'intera area coinvolta dalla sorgente luminosa, può essere riconsiderato con l'impiego di nuove lampade a flusso luminoso variabile scegliendo il grado di luminosità accettabile con altri flussi luminosi che non siano a consumo di energia. I pigmenti fotoluminescenti sanno fare questo. Il risultato è una nuova configurazione di lampade con particolari invenzioni già in fase di valutazione brevettuale e con un notevole risparmio energetico con il conseguente abbattimento della CO<sub>2</sub>

**Keywords:** lighting design, product design, photoluminescent, outdoor lamps.

### Introduzione

Il peso attribuito alle relazioni visive è enorme e supera di molto l'interesse che attribuiamo ai dati percepiti con altri mezzi sensoriali. L'abitudine a vivere in spettacolari atmosfere, influenza ormai la domanda di strumenti tecnologici capaci di creare ambienti carichi di suggestioni visive.

La luce elettrica ha ottenuto nel tempo una crescente funzione di segnale emotivo nello spazio domestico e urbano. Seppur non neutra, sappiamo già bene quanto la luce può modellare il contesto in cui è inserita, aprire un ambiente alla penetrazione visuale, espandere un volume, animare uno spazio, consentire un'esperienza visiva oltre la semplice visione.

Il valore simbolico della luce diventa percepibile in base all'indirizzo culturale della percezione. Un esempio è dato dalla fotoluminescenza, che rientra in questa percezione.

Le recenti esperienze applicative per la fotoluminescenza sono notevoli per il contributo nel risparmio energetico. Il colore e luce emesso con la fotoluminescenza sono differenti alle fonti illuminanti a cui ci siamo abituati, ma il "chiarore" che produce è, tuttavia, sufficiente ed efficace a far distinguere al buio spazi e volumi. Nei casi in cui la luce può essere regolata o essere solo di "presenza", la fotoluminescenza può rendere servizio, specialmente perché lavora senza consumo.

Sentirsi a proprio agio in un posto, dipende molto del nostro rapporto con la luce (Kelly and Neumann, 2010). La nostra percezione del visibile che ci mette in grado di comprendere e interagire con comodità con ciò che ci circonda assumendo, anche inconsapevolmente, benessere attraverso il piacere di farne parte di quel luogo e di apprezzarne le sue caratteristiche senza fatica: la "piacevolezza" di gradire ed essere graditi (Alfarano & Spennato, 2019). Il nuovo rapporto con la luce progettata, oggi, si riappropria dell'esigenza di restituire emozionalità agli ambienti producendo nuovi atteggiamenti e proiezioni immaginarie (Giannini et al., 2011). Attraverso le nuove sensibilità indotte, soprattutto delle nuove possibilità tecnico-esecutive, la luce torna ad essere, all'interno del progetto, materia costruttiva in grado di modulare gli spazi, di creare fluide atmosfere, relazioni mutevoli dove i materiali riprendono profondità, vibrazione variabile, rappresentazione del racconto del quotidiano vivere sensoriale. Si delinea così una nuova cultura della luce in stretta relazione

all'evoluzione della cultura della penombra. Una cultura in cui la pienezza della luce si dissolve e lascia spazio alla sfumata scalarità dei valori chiaroscurali (Arielli, 2003).

### Metodologia

Nell'ambito della sostenibilità delle risorse energetiche, le ricerche condotte presso lo "Smart Lighting Design Lab" dell'Università di Firenze, hanno sviluppato soluzioni applicative di nuova morfologia da dare agli apparati illuminanti non solo come soluzioni alternative, ma hanno permesso di riconsiderare il concetto di "diversità" in relazione alle nuove potenzialità tecnologico-produttive soprattutto cognitive (Thorndike, 2013) dovute all'applicazione dei contaminanti riferimenti culturali in circolazione. Le ricerche, le sperimentazioni di nuovi materiali e di nuove applicazioni per ottenere luce a basso consumo hanno evidenziato importanti potenzialità ottenibili dal fenomeno della luminescenza dei materiali performativi di nuova generazione. La fotoluminescenza ne costituisce una specificità che ha permesso di esplorare e rendere fattibili nuove lampade *stand-alone* (Fig. 1) a consumo zero.

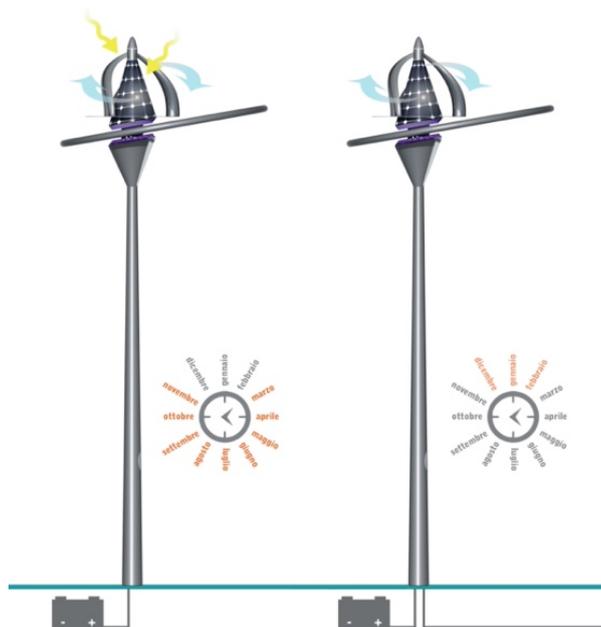


Fig. 1 - Sistema *stand-alone* + Grid connected

### Il concetto di Fotoluminescenza

Prima di parlare della fotoluminescenza bisogna introdurre il concetto di luminescenza; questa viene definita come il processo mediante il quale una sostanza assorbe energia e poi naturalmente emette radiazioni nel campo visibile. L'energia luminosa o termica eccita gli elettroni di un materiale luminescente facendoli passare dalla banda di valenza fino alla banda di conduzione dove rimangono confinati. La fonte di energia in ingresso può essere portata da elettroni o fotoni. Gli elettroni eccitati durante la luminescenza cadono ai livelli di energia più bassi. In alcuni casi gli elettroni eccitati possono ricombinarsi con le lacune. Se l'emissione avviene entro 10s dall'eccitazione, la luminescenza è detta fluorescenza (decadimento istantaneo), mentre se avviene dopo 10s si parla di fosforescenza (decadimento che continua anche dopo aver cessato di irradiare il campione). La luminescenza è prodotta da materiali detti fosfori che hanno la capacità di assorbire radiazioni ad alta energia e basse lunghezze d'onda e di emettere spontaneamente radiazioni di energia minore e lunghezza d'onda maggiore. Lo spettro di emissione dei materiali luminescenti è controllato industrialmente mediante l'aggiunta di impurezze dette attivatori. Gli attivatori forniscono livelli di energia discreti nell'intervallo di energia tra la banda di conduzione e la banda di valenza del materiale che li ospita. Uno dei meccanismi postulati per il processo di fosforescenza è quello per cui gli elettroni eccitati vengono intrappolati in diversi modi ad alti livelli di energia e devono uscire dalle

“trappole” prima di poter cadere ai livelli di energia più bassi ed emettere luce con uno spettro caratteristico. Il processo di intrappolamento viene utilizzato per spiegare il ritardo nell’emissione della luce da parte dei fosfori eccitati. Con luminescenza vengono classificati alcuni fenomeni a seconda della sostanza e dei processi che producono l’effetto. I più noti sono:

- “Bioluminescenza” in cui intervengono processi biologici con la partecipazione di enzimi;
- “Chemiluminescenza” in cui intervengono reazioni chimiche;
- “Fotoluminescenza” in cui intervengono radiazioni elettromagnetiche.

La fotoluminescenza a sua volta viene differenziata sulla base dell’emissione di energia. Si possono così classificare i casi di:

- “Fluorescenza” se gli elettroni eccitati riemettono una luce che rientra nello spettro del visibile e che cessa al cessare della sorgente di eccitazione;
- “Fosforescenza” se il fenomeno prosegue per un determinato periodo anche al cessare della sorgente di eccitazione;
- “Termoluminescenza” se il fenomeno di remissione luminosa nel campo del visibile è dovuto al riscaldamento del materiale.

Una particolare attenzione deve essere posta nella distinzione tra Fotoluminescenza e Fosforescenza. La differenza sostanziale è riposta nella reazione degli elementi che producono l’effetto luminoso:

- alla Fotoluminescenza si attribuisce la proprietà di alcuni alluminati inorganici di trattenere la luce sia essa di origine naturale (radiazioni UV), sia di origine artificiale e di rilasciarla per una certa durata di tempo
- alla Fosforescenza si attribuisce una reazione chimica che dura solo pochi minuti e il fosforo che la produce è tossico e radioattivo.

In questa trattazione ci interesseremo della fotoluminescenza per il suo aspetto innovativo introdotto dalle più recenti innovazioni di produzione industriale che hanno concentrato le ricerche sulla capacità di durata del fenomeno di remissione di luce. L’ultima generazione di pigmenti fotoluminescenti grazie all’impiego di due sostanze, l’Europio e il Disprosio che aumentano la durata, riescono a rimanere accesi dalle otto alle dieci ore.

L'utilizzo di pigmenti di nuova generazione consente un risparmio energetico a patto che si chiedi una luce di presenza e non abbagliante. Ci sono molti casi in cui non serve un'adeguata illuminazione diretta, ma una luce di posizione, una luce che possiamo definire di "presenza" che dia all'ambiente sia interno che esterno un'evidenza luminosa che definisca lo spazio con una luce fioca, ma sufficiente a far vedere al buio. La fotoluminescenza, ottenuta da minerali naturali non tossici, assorbe la luce del giorno e la restituisce alla notte con la scienza del consumo energetico grazie alle proprietà dei minerali nei pigmenti. Questo fenomeno naturale contribuisce a risparmiare energia e a educare le persone ad avere un nuovo rapporto con la quantità di illuminazione necessaria per una visione adattabile al buio. Non è sempre necessario "illuminare a giorno" un vialetto o un giardino per superare l'oscurità. Un'illuminazione senza consumi, come quella facilmente ottenibile con la fotoluminescenza, fornisce una percezione morbida sufficiente a offrire un grado di luminosità che rende visibili spazi e luoghi al buio. Va tenuto presente che qualsiasi emissione di luce con energia è più potente di quella emessa dalla Fotoluminescenza, ma ciò non impedisce che sia sufficientemente visibile in un luogo soggetto a oscurità. L'effetto può essere ottenuto per circa otto ore: la luce emessa è visibile nei primi 15-20 minuti, poi decade gradualmente. Dopo la vivacità della prima ora di illuminazione massima, perde luminosità e si stabilizza per il resto delle sette ore di visibilità. L'impatto ecologico di questa tecnologia è evidente da diversi elementi chiave, sia per le prestazioni tecniche che per il tipo di utilizzo. L'effetto è diretto, cioè dipendente dal sistema stesso, e indiretto per via dell'impatto conseguente innescato. Un significativo risparmio energetico si ottiene dalle strutture (apparecchi di illuminazione) e dai luoghi di utilizzo. Negli spazi esterni privati e pubblici, come giardini, terrazze, piazze o marciapiedi, piscine, fontane o vetrine, è possibile risparmiare fino al 90% del consumo elettrico tradizionale. Indirettamente, però, l'uso della fotoluminescenza ha un impatto sulla riduzione di CO<sub>2</sub> perché non richiede energia per il suo funzionamento e contribuisce al risparmio energetico agendo come alternativa ad altri sistemi di oscuramento. La ecocompatibilità

dei pigmenti, la durata illimitata e l'assenza di energia elettrica per il funzionamento mettono la fotoluminescenza a disposizione di una nuova cultura della luce contro il consumo eccessivo e l'inquinamento luminoso e contribuiscono a rendere concretamente attuabile la cultura dell'ecosostenibilità (Alfarano & Spennato, 2022, p. 64).

### **La Fotoluminescenza applicata**

Fino ad oggi la ricerca sulla fotoluminescenza ha cercato risposte sulla quantità di luce emessa, sull'intensità e sulla durata ritenendo questo una nuova risorsa per l'applicazione. Allo stesso tempo lo sforzo alla ricerca dei vantaggi della fotoluminescenza è stato concentrato sul dimostrare come i pigmenti potessero essere più in linea con le norme di sicurezza internazionali. La fotoluminescenza di ultima generazione, dopo le più avanzate scoperte di materiali non più radioattivi, pur avendo affrontato già da alcuni anni varie applicazioni con varie tecniche e in vari materiali, solo di recente ha visto estendere la sua applicabilità grazie a continue ricerche e sperimentazioni (Alfarano & Spennato, 2019).

Il laboratorio congiunto "Smart Lighting Design Lab" dell'Università di Firenze, avendo ormai raggiunto notevoli risultati, anche attraverso la messa in produzione di manufatti fotoluminescenti e acquisito un solido *know-how*, si è spostato dalle tecniche di applicazione e alle sperimentazioni progettuali.

Tra i vari campi in cui la fotoluminescenza di nuova generazione è stata sperimentata sono da mettere in evidenza i risultati ottenuti sul piano dell'ecologia per il risparmio energetico e sul piano della sicurezza per il notevole contributo che si può avere dalla fotoluminescenza senza ausilio di energia. Le applicazioni fin qui esplorate spaziano dalla segnaletica ai giocattoli per bambini, dalle luci di posizione stradale alla sicurezza navale, dal punto-luce per giardino ad esaltatore d'effetto benessere in luoghi deputati alla cura del corpo.

Uno dei maggiori limiti di lavorazione dei pigmenti fotoluminescenti è la temperatura. Se si superano i 1000°C i pigmenti si "vulcanizzano", si opacizzano e perdono la proprietà di emettere luce. Quindi in tutti i casi sperimentati la temperatura non supera mai i 700-800°C. Le ultime ricerche hanno sensibilmente ridotto gli inconvenienti che la vecchia generazione di pigmenti aveva. Fino a poco tempo fa i rischi relativi all'inserimento dei pigmenti specie in prodotti plastici rendevano il risultato scarso e poco affidabile. Le sperimentazioni di impiego dei pigmenti utilizzando la protezione molecolare della struttura materica ha permesso di superare molti inconvenienti della prima ora permettendo al nuovo materiale di essere sottoposto a sollecitazioni meccaniche necessarie per processi di estrusione. Ulteriori vantaggi si sono avuti rafforzando la distribuzione della dimensione delle particelle. Questo ha ridotto lo stress meccanico durante la produzione e ha portato ad una migliore integrazione del pigmento con il materiale impiegato. L'ultima generazione di pigmenti fotoluminescenti ha portato ad un impiego studiato in rapporto alle qualità tecniche del materiale impiegato tanto da ottenere prestazioni tali da risultare resistenti alla corrosione anche degli acidi più potenti. Anche la luminosità è stata aumentata con un miglioramento dell'effetto luminescente dal ciclo di vita prolungato sia nella durata dell'effetto sia nella durata di vita del prodotto che oggi è in grado di superare alcuni decenni (Alfarano & Spennato, 2022).

### **La cultura della luce**

Gli strumenti che la cultura del progetto della luce ha già affinato convergono ampiamente verso all'acquisizione del principio fondante che sia la luce ad essere declinabile come valore emotivo. La luce passa da condizione necessaria per vedere a elemento percettivo che suscita stati d'animo. La luce usata come linguaggio espressivo si traduce in valore simbolico. L'indirizzo culturale della percezione ne orienta notevolmente le capacità suggestionabili della comunicazione. Più la luce è "calda" più funziona da attrattore. Diventa "fuoco" attorno al quale raccogliersi. Emotivamente genera una percezione simbolica, un immaginario che approvvigiona sicurezza e comfort. Il fatto che la luce sia un'emozione simbolica lo dice la considerazione che non è riscontrabile lo stesso percorso nell'attribuzione di valore simbolico sia per la luce "calda" che per quella "fredda". Se la luce calda associa un immaginario emotivo che accoglie e riscalda, per la luce fredda siamo in uno stadio

evolutivo culturale che diventa banale associare alle basse temperature i colori che vanno verso l'azzurro. Oggi il valore simbolico di questa gradualità di luce si associa alle nuove tecnologie. Si abbina alle prestazioni più avanzate dei materiali innovativi.

In questa nuova ottica percettiva rientra la Fotoluminescenza.

I segnali di cambiamento si possono proprio apprezzare, con svariate oscillazioni percettive, proprio nella capacità delle nuove generazioni di pigmenti fotoluminescenti di essere vettore di indirizzo culturale.

Per apprezzare il notevole spostamento del parametro cognitivo a cui ci stiamo sottoponendo occorre innanzitutto ribadire un concetto teorico basilare che ha accelerato questo processo in corso: “non esiste la luce ma esiste la luce in tutte le sue forme”. Sembra un postulato assiomatico, puramente concettuale, ma è stato lo stimolo più significativo che negli ultimi decenni ha dato consapevolezza all'utilizzo della luce come componente emotiva.

Richard Kelly, pioniere della progettazione illuminotecnica qualitativa, distinse, già negli anni Cinquanta, tre funzioni fondamentali della luce (Fig. 2):

- la luce che fornisce illuminazione generale dell'ambiente - *Ambient Luminescence*;
- la luce d'accento che richiama l'attenzione, separa ed evidenzia - *Focal Glow*;
- la luce che cattura, che attrae e distrae, che diventa informazione per sé - *Play of Brilliant*.

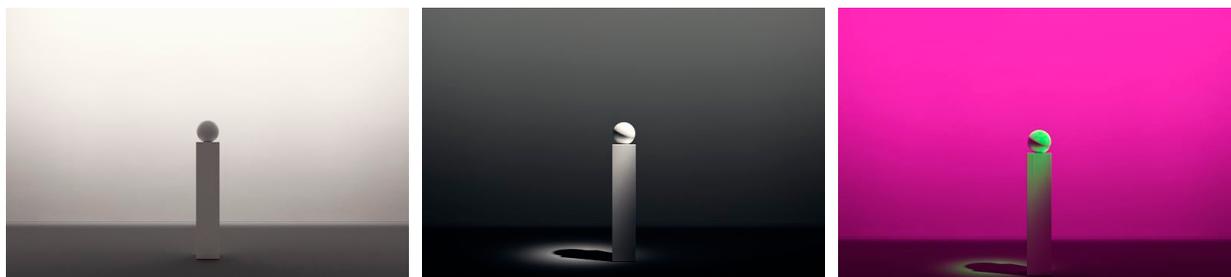


Fig. 2 - *Ambient luminescence, Focal Glow, Play of Brilliant* (Richard Kelly)

Il progetto dell'illuminazione è oggi più di allora combinazione di queste tre funzioni. Questi criteri di valutazione della luce delle funzioni che essa può svolgere, applicati nelle diverse soluzioni tecniche oggi disponibili da possibilità alla luce di progettare con estrema sensibilità l'impatto, gli effetti e la qualità desiderate. L'atmosfera luminosa che oggi si può progettare ha molta tecnologia a disposizione per superare il semplice servizio di “fare luce” disponendosi più sensibile alla percezione emotiva dell'effetto luminoso. Ecco che nell'organizzazione della posizione delle luci oltre a considerare la giusta illuminazione lo studio della posizione dei punti luce diventa la collocazione spazio-geometrica degli elementi che unificano lo spazio. L'illuminazione generale produce una luce senza ombre che minimizza forme e volumi; riduce l'importanza dei soggetti e degli oggetti; suggerisce un'idea di infinito, libertà, spazialità: l'emozione di un'esperienza di immersione nella luce. Tutto ciò provoca una sensazione rassicurante in un ambiente accogliente e sereno. Una luce diffusa e uniforme non significa un'illuminazione indifferenziata per tutti gli spazi e i contesti, anzi comporta la ricerca delle soluzioni adeguate alle diverse esigenze che ogni specifico ambiente richiede a seconda delle attività che in esso devono essere svolte. La radiazione luminosa diffusa, opportunamente manipolata, si offre come vero e proprio materiale costruttivo nel momento in cui viene utilizzata per configurare spazi e volumi variandone dinamicamente il colore e gli effetti di rifrazione delle superfici. La disponibilità che oggi ci dà la fotoluminescenza è di educarci ad una percezione emozionale del bisbiglio della luce. Fare con poco il molto dell'immaginario di cui abbiamo bisogno. La fotoluminescenza reinterpreta la dicotomia luce ombra, acceso/spento superandola proponendo una luce tenue, ma utile a rischiarare piccoli spazi. Di fronte ad essa l'occhio si purifica dal sovraccarico a cui la luce artificiale lo ha abituato e, come in una notte di stelle senza luna, pian piano riscopre la complessità del mondo e nuove magiche dimensioni. La luminescenza diviene così forma amichevole, confortevole utile a rigenerare le energie psicologiche e ambientali.

## La luce immateriale

Siamo oggi ampiamente abituati a vedere gli ambienti che cambiano colore solo con l'effetto temporaneo della luce artificiale. Quindi ci siamo culturalmente predisposti ad accettare e percepire, come valore, effetti luminosi immateriali che riescono a modificare la percezione visiva del luogo. È stata l'arte pop a far accettare, sin dagli anni Sessanta, le insegne luminose pubblicitarie come espressione più avanzata delle tecnologie illuminotecniche che la contemporaneità potesse disporre. Las Vegas e Times Square hanno esteso la cultura della luce diffusa. Gli anni Sessanta sono stati gli anni del neon fluorescente inaugurando "l'era del bulbo nudo", ovvero dell'apparecchio illuminante a vista. Il salto è avvenuto per aver cercato di non nascondere più la fonte luminosa. Tutto è lasciato alla vista. La lampada diviene non più solo sorgente, ma medium legittimo in sé che caratterizza la cromia degli spazi. Ne deriva la diffusione di una percezione fluida, magica, ondulante priva di peso. Nel "Testamento" (1963) Frank Lloyd Wright scrive: "Tubi di vetro sovrapposti come mattoni di un muro costituiscono le superfici luminose" - siamo nell'era della luce "diafana": luce che avvolge, luce più che si può. Con l'avvento del controllo digitale della luce artificiale si arriva a definire una nuova dimensione immateriale. Alle dimensioni convenzionali si aggiunge quella emozionale prodotta dalle varieguate applicazioni delle tecnologie illuminotecniche. Il controllo puntiforme di ogni effetto luminoso è gestibile in modo reattivo con l'ambiente, in diretta corrispondenza alle esigenze del momento e variare secondo condizioni percettive dei fruitori. La luce da dimensione immateriale subita passa ad essere dimensione immateriale partecipata: produce sensazioni, sollecita alla percezione immersiva. Una nuova dimensione che ha bisogno di più consapevolezza nello scandire organizzato della fruizione dello spazio. L'interconnettività immateriale degli oggetti, sempre più in espansione, ha concretezza di esistere se trova nell'apparato illuminotecnico la dimensione in cui esprimere l'utilità delle proprie capacità. In questo, ormai avanzato scenario di prestazioni, il progetto della luce supera, con sempre più sofisticati strumenti di attuazione, l'impegno di dover dare un corretto contributo in lumen agli ambienti per passare velocemente ad un ad una nuova fase metodologico applicativa. Spostare il lighting design verso una traiettoria fortemente culturale: educare al benessere educando alla percezione della luce. Nell'ottica del risparmio energetico e nella sperimentazione di nuovi scenari sull'adattabilità del coefficiente luminoso agli spazi notturni interni ed esterni, la fotoluminescenza può dare un contributo ancora inesplorato. La stretta sinergia che si potrà innescare tra la fotoluminescenza e i nuovi sistemi illuminanti già oggi proietta innovazioni molto efficaci e le ricadute che potranno nascere da questo connubio delineano un fiorente sviluppo a nuovi prodotti esclusivi e in sintonia pratica con le sensibilità ecologiche sempre più improcrastinabili.

## Conclusioni e risultati

Nell'ottica del risparmio energetico e nella sperimentazione di nuovi scenari sull'adattabilità del coefficiente luminoso agli spazi notturni interni ed esterni, la fotoluminescenza può dare un contributo ancora inesplorato. La stretta sinergia che si potrà innescare tra la fotoluminescenza e i nuovi sistemi illuminanti già oggi proietta innovazioni molto efficaci e le ricadute che potranno nascere da questo connubio delineano un fiorente sviluppo a nuovi prodotti esclusivi e in sintonia pratica con le sensibilità ecologiche sempre più attuali, agendo in contemporanea su due livelli progettuali tra loro:

- l'incidenza sullo sviluppo tecnologico di lampade a consumo zero grazie all'impiego della fotoluminescenza;
- la formulazione di un nuovo paradigma della percezione visiva che educi alla luce modulata per quantità.

In tutti i casi in cui la fotoluminescenza può essere applicata come luce di "presenza" il servizio reso diventa duplice e sinergico tra il risparmio energetico e la sensibilizzazione a percepire la luce come chiarore non invadente a cui abituarsi, sapendo riconoscere la magia della luce e del colore nella sua essenzialità.

Tra i diversi risultati (Figg. 3, 4, 5, 6) ottenuti nella applicazione della fotoluminescenza la sperimentazione su prototipi ha permesso di verificare la fattibilità dei presupposti pianificati sia in condizioni di illuminazione per interni che per spazi urbani. Morfologie inedite sono state progettate con esclusività dell'impiego idoneo della fotoluminescenza e l'inclusività dei più avanzati apparati tecnologici ottenendo la gestione variabile della luce in situazioni di gestione autonoma di energia e reattività alle condizioni ambientali.



Fig. 3 - "Cochlea" lampada fotoluminescente di M. Bottoni e S. Toscano

Fig. 4 - "Lilium" lampada fotoluminescente di F. Falli

Fig. 5 - "LPDM" lampada fotoluminescente di C. Buscemi



Fig. 6 - Progetto ambientale di lampade fotoluminescenti per un parco cittadino (versione giorno/notte) di M. Vallescura e S. Scarponcini Fornaro

### Riferimenti bibliografici

Alfarano, G. e Spennato, A. (2022) *The transitions of ecological lighting*. In: Vito Cappellini. *Electronic Imaging & the Visual Arts. EVA 2022 Florence*, pp. 64-70. Firenze: Edizioni Polistampa. ISBN: 9788859622697.

- Alfarano, G. e Spennato, A. (2021) *Neo Morphing Lighting Design Experience*. In: XIX Congresso Nazionale AIDI - La luce tra cultura e innovazione nell'era digitale, vol. 3, pp. 43-58. Milano: Editoriale Delfino. ISBN: 9788831221672.
- Alfarano, G. e Spennato, A. (2019) *The emotion of light instrument for wellness*. In: Bagnara, S., Tartaglia, R., Albolino, S., Alexander, T., Fujita, Y. (eds) Proceedings of the 20th Congress of the International Ergonomics Association (IEA 2018). IEA 2018. Advances in Intelligent Systems and Computing, vol 824. Springer, Cham, pp. 1274-1281. doi: 10.1007/978-3-319-96071-5\_128.
- Arielli, E. (2003) *Pensiero e progettazione. La psicologia cognitiva applicata al design e all'architettura*. Milano: Bruno Mondadori. ISBN: 9788842490227.
- Cardillo, M., e Ferrara, M. (2008) *Materiali intelligenti, sensibili, interattivi. Materiali per il design [Intelligent, sensitive, interactive materials. Design materials]*. Milano: Lupetti. ISBN: 9788883912467.
- Giannini, A. M. et al. (2011) *Design. Percezione visiva e cognizione, psicologia dell'arte, la scelta del prodotto: emozioni, decisioni e neuroestetica*. Firenze: Giunti Editore. ISBN: 9788809767775.
- Livingston, J. (2021) *Designing with Light: The Art, Science, and Practice of Architectural Lighting Design*. Stati Uniti: Wiley. ISBN: 9781119807797.
- Lloyd Wright, F. (1963) *Testamento*. Torino: Einaudi Editore. ISBN: 2570161573289.
- Kelly, R. e Neumann, D. (2010) *The structure of light: Richard Kelly and the Illumination of Modern*. Connecticut: Architecture Yale University Press. ISBN: 9780300163704.
- Monsù Scolaro, A. (2020) *Filippo Angelucci, Smartness e healthiness per la transizione verso la resilienza [Filippo Angelucci, Smartness and healthiness for the transition to resilience]*. *TECHNE - Journal of Technology for Architecture and Environment*, (19), 315-316. doi: 10.13128/techne-7870.
- Tanizaki, J. (2000) *Libro D'ombra*. Milano: Bompiani. ISBN: 9788845292996.
- Thorndike, E. L. (2013) *The psychology of wants, interests and attitudes*, D. Appleton-Century Co., New York, London. ark:/13960/t9770tp0r.
- Tong, C. (2022) *Advanced Materials for Printed Flexible Electronics*. Svizzera: Springer International Publishing. ISBN: 9783030798062.