

# Riproduzione di colori parzialmente nascosti da veli trasparenti

## ABSTRACT

Questo lavoro si propone di mostrare che colori dietro veli colorati in tessuto fine appaiono notevolmente costanti. Compito degli osservatori è stato quello di aggiustare i colori di un Mondrian presentato su un monitor calibrato, per uguagliare i colori di un altro Mondrian della stessa dimensione e forma, poste inferiormente, coperto da veli di colori diversi illuminati indipendentemente. In prove di controllo si dovevano uguagliare anche i colori degli stessi Mondrian scoperti. I risultati mostrano una piuttosto buona prestazione degli osservatori nel riprodurre, con piccole differenze di colore, sia i Mondrian scoperti che quelli velati, in questo secondo caso le differenze di colore tra i colori originali e quelli riprodotti sono di entità circa doppia. La relativamente buona costanza di colore ottenuta sembra dovuta alla forte stratificazione percettiva che si è realizzata tra Mondrian e veli. Questa stratificazione, oltre a ragioni figurali, è dovuta anche alla disposizione fisica dei veli rispetto al Mondrian di sfondo, che facilita notevolmente una visione stereoscopica su distanze relativamente piccole.

## 1. INTRODUZIONE

Da un punto di vista percettivo la trasparenza fenomenica consiste semplicemente nella possibilità di vedere qualcosa dietro e attraverso un altro oggetto. Nel mondo che ci circonda ci sono molti tipi di oggetti trasparenti [o traslucidi, a seconda della tipologia], che spesso passano inosservati se non vengono ispezionati con cura [1].

Uno degli effetti più evidenti prodotti da un velo sulla percezione degli oggetti collocati dietro è la riduzione del contrasto a livello dei margini, insieme con una riduzione delle differenze fra i vari colori degli oggetti visti attraverso il velo [2]. È stato anche dimostrato che la variazione dei colori percepiti nello sfondo è ancora maggiore se i veli sono colorati, soprattutto per alcune combinazioni di velo e sfondo. Questa variazione cromatica si traduce in una sensibile diminuzione della costanza di colore. L'interesse per questo tipo di ricerca è determinato dalla frequenza con cui, quando si dà uno sguardo all'ambiente che ci circonda, ci si trova di fronte a velature di varia natura (fasci di luci, filtri, nuvole di fumo e nebbia, stoffe, carta sottile, e così via). Le ricerche di natura sperimentale compiute fino ad ora hanno quasi sempre usato simulazioni al computer, con rare eccezioni [2] [3]. Al contrario, in questo studio abbiamo utilizzato veli reali, e abbiamo quindi ottenuto risultati di validità più ecologica.

## 2. L'ESPERIMENTO

Abbiamo usato tessuti molto sottili per produrre impressioni di trasparenza basate su stimolazioni visive naturali. Per fornire misure di tipo visivo dei colori usati abbiamo seguito un procedura di colour matching, consistente nell'aggiustare, sullo schermo di computer, il colore di una zona di confronto per renderlo uguale al colore di una zona test. Queste zone test erano le diverse aree di un Mondrian presentate in un'altra parte del monitor e osservate attraverso veli colorati, tenuti nella posizione corretta pressate tra due vetri sottili, e illuminati in modo indipendente da un proiettore Kodak Carousel. La luce proveniente dal proiettore passava alcuni filtri che ne determinavano la corretta intensità e cromaticità.

### 2.1. Materiali e metodi

Sono stati utilizzati dieci veli di colore diverso, illuminati da una sorgente ad incandescenza, filtrata per ottenere una temperatura di colore corrispondente a circa 5000K (Figura 1). La loro forma era trapezoidale in modo che, dopo essere stato compressi tra due vetri chiari e posizionati davanti al monitor a circa 45°, la loro proiezione sull'occhio dell'osservatore era rettangolare, coprendo completamente il Mondrian colorato presentato sullo schermo; solo il fondo bianco del monitor sporgeva al di fuori dell'area filtrata. Questo sfondo bianco del

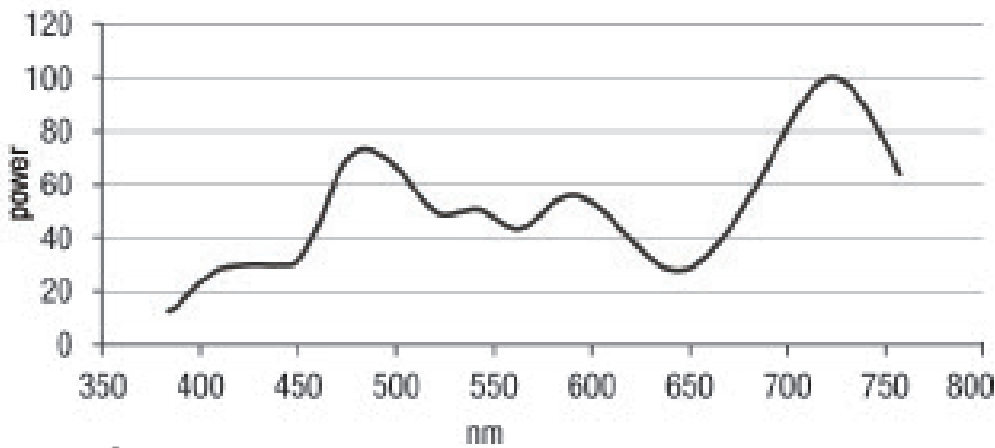


Figura 1 - Distribuzione spettrale di potenza radiante della sorgente esterna di luce filtrata emessa da un proiettore Kodak Carousel e utilizzata per illuminare i veli.

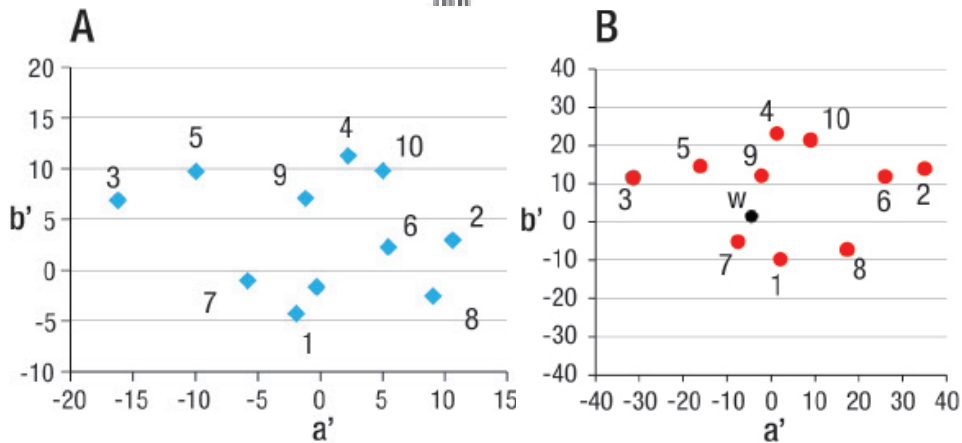


Figura 2 - A: i colori dei dieci veli misurati su uno sfondo nero. B: i colori dei dieci veli misurati di fronte al monitor bianco, in un diagramma CIECAM02-UCS. Il cerchietto nero rappresenta il bianco di adattamento.

monitor appariva indistinguibile da un cartone bianco inserito al posto del velo, garantendo in questo modo che l'illuminazione reale del velo e l'illuminazione virtuale del Mondrian sul monitor fossero identiche.

La regolazione del colore veniva effettuata usando 8 pulsanti principali che servivano ad aumentare o diminuire l'aspetto di giallo, rosso, blu e verde di ciascuna area aggiustata, sia a passi unitari che a salti di dieci unità; inoltre altri 8 pulsanti potevano essere utilizzati per modificare Bianchezza (+1, +5), Nerezza (+1, +5), e la luminanza (+1, +10, -1, -10).

I colori dei veli sono stati scelti in modo da coprire quanto più possibile regolarmente l'intera gamma delle tinte. La Figura 2 A mostra i colori dei dieci veli in un diagramma a'b' CIECAM02-UCS misurati in situ contro un fondo

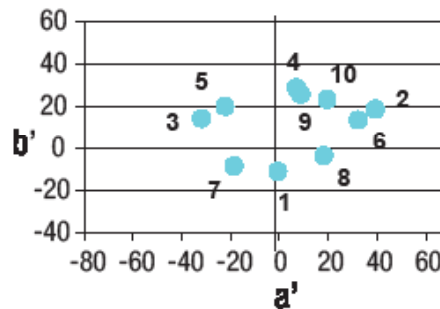


Figura 3 - Il colore dei dieci veli misurati dopo essere stati piegati molte volte in modo da apparire opachi. 1: grigio bluastrò; 2: rosso metallico; 3: verde; 4: giallo; 5: verde chiaro; 6: rosso; 7: turchese; 8: viola; 9: giallo chiaro; 10: arancione.

nero, e la Figura 2 B di fronte al monitor bianco. La Figura 3 mostra i colori dei dieci veli ripiegati molte volte in modo da apparire opachi (l'opacità è raggiunta quando le misure strumentali rimangono costanti variando lo sfondo da bianco a nero).

Quando il partecipante osserva le figure sperimentali, la stimolazione che agisce sui

Figura 4 - I colori risultanti dalle combinazioni di velo e di Mondrian, che costituiscono lo stimolo per la percezione della trasparenza, rappresentati in tre diagrammi a'b' CIECAM02-UCS. In totale ci sono 90 colori, oltre i colori dei veli di fronte a sfondo bianco (in nero). In A il Mondrian 1 è coperto da veli n. 2 (triangoli), 6 (rombi), 8 (quadrati); in B il Mondrian 2 è coperto da veli n. 3 (triangoli), 4 (cerchi), 9 (rombi), e 10 (quadrati); in C il Mondrian 3 è coperto da veli n. 1 (triangoli), 5 (rombi), 7 (cerchi).

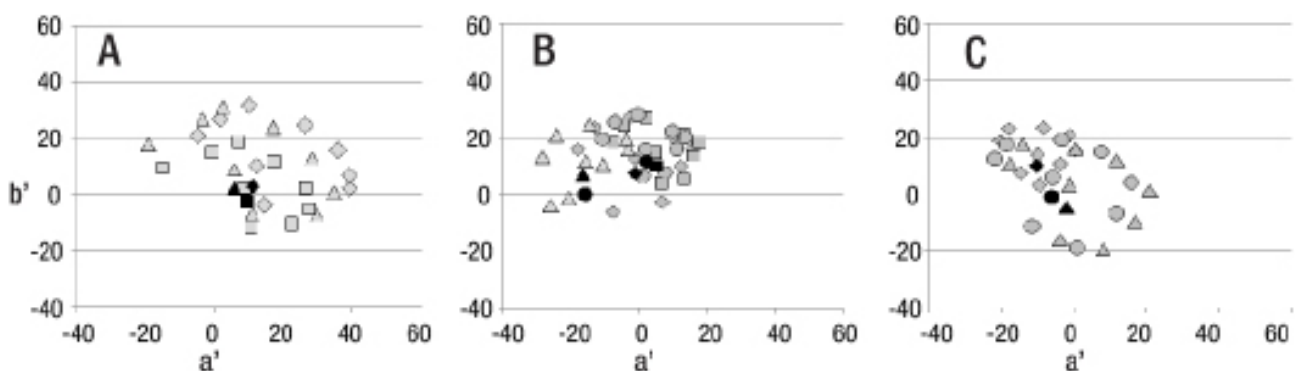
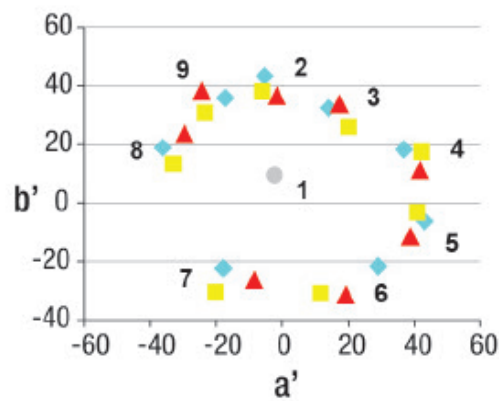


Figura 5 - I colori dei tre Mondrian (M1: rombi; M2: quadrati; M3: triangoli) che vengono presentati r parte inferiore dello schermo. D: a 9: le 9 regioni quasi-quadrate Mondrian.



suoi occhi è determinata dalla combinazione di radiazioni provenienti sia dai veli trasparenti che dallo sfondo retrostante, entrambi colorati. Pertanto è importante studiare quali relazioni sussistano tra i colori percepiti e questi stimoli (Figura 4 A, B, C). In questo lavoro siamo interessati ai colori dello sfondo visti dietro e attraverso i veli trasparenti (mentre in altre ricerche si è più interessati ai colori del velo), e il compito affidato ai partecipanti era quindi quello di riprodurre quei colori nel Mondrian aggiustato (senza velo).

Tre diversi Mondrian (Figura 5) tutti composti da 9 regioni quasi quadrate, ma di colori diversi per non favorire la memorizzazione dei loro colori dagli osservatori, sono stati presentati uno alla volta nella parte inferiore di un Monitor Quato TFT, tarato ad una temperatura di colore corrispondente a 6500K, con luminanza del bianco a 131 cd/m<sup>2</sup>, gamma 2.2, guadagno 1, offset 0. Nella parte superiore del monitor è stato collocato un altro Mondrian della stessa forma, con colori grigi distribuiti casualmente nelle diverse aree, che serviva, nell'operazione di colour matching, a riprodurre i colori del

Mondrian colorato inferiore che si vedeva dietro il velo.

Hanno partecipato all'esperimento quattro persone volontarie, con visione normale dei colori.

Di fronte ad uno stesso Mondrian sono stati collocati, di volta in volta, tre veli di colore diverso, tranne un caso in cui ne sono stati messi quattro (per un totale di dieci veli e tre Mondrian). Nelle prove di controllo i tre Mondrian colorati sono stati presentati scoperti. In ogni caso i partecipanti, posti alla distanza di circa 60 cm dal monitor, in visione libera e con possibilità di muovere la testa senza però far uscire il Mondrian dal velo, dovevano regolare i colori del Mondrian da aggiustare in modo da farli apparire uguali a quelli osservati nella parte inferiore dello schermo. Prima di terminare l'aggiustamento di un Mondrian, gli osservatori sono stati invitati a verificare che il suo aspetto globale apparisse uguale al Mondrian da riprodurre e di aggiungere ulteriori regolazioni fino a raggiungere l'uguaglianza ritenuta migliore possibile. La sequenza di Mondrian e filtri è stata casualizzata a parte per ciascuna condizione sperimentale e ciascun osservatore. Il dato utilizzato per la elaborazione finale consisteva nella deviazione del colore aggiustato rispetto a quello test, e questa deviazione è stata calcolata in termini di differenze di colore in CIECAM02\_UCS ( $\Delta E'$ ).

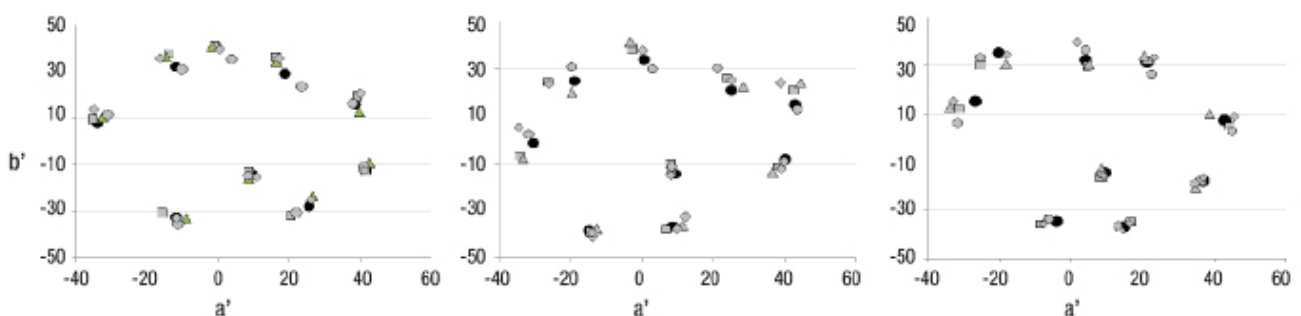
## 2.2. Risultati

In primo luogo, notiamo che i colori aggiustati per riprodurre il Mondrian scoperto nelle prove di controllo sono stati riprodotti con precisione piuttosto buona, data l'inesperienza degli osservatori e soprattutto la distanza spaziale tra

Tabella 1 - Le differenze medie tra i colori aggiustati e colori di riferimento (Mondrians allo scoperto) in tutte le condizioni (numerate da 1 a 10 in funzione del velo). M1, M2, M3: i tre Mondrian. 0: le condizioni di controllo (senza veli); tutti (in corsivo): indica i risultati relativi a tutti i veli di ciascun Mondrian.

	0	2	6	8	<b>tutti</b>	
<b>M1</b>	<b>5.23</b>	<b>8.83</b>	<b>9.86</b>	<b>12.77</b>		
	<b>3</b>		<b>4</b>	<b>9</b>	<b>10</b>	
<b>M2</b>	<b>5.56</b>	<b>15.31</b>	<b>13.74</b>	<b>11.37</b>	<b>12.42</b>	<b>13.21</b>
	<b>1</b>		<b>5</b>	<b>7</b>		
<b>M3</b>	<b>4.51</b>	<b>12.73</b>	<b>13.07</b>	<b>11.11</b>		<b>12.30</b>

Figura 6 - Media dei colori aggiustati relativamente ai tre Mondrian in un diagramma a' b' CIECAM02-UCS. (M1: il primo Mondrian; M2: il secondo Mondrian; M3: il terzo Mondrian).



i due Mondrian. Le differenze medie di colore per ogni Mondrian era:  $\Delta E^* = 5.23$  (Figura 6 M1),  $\Delta E^* = 5.56$  (Figura 6 M2),  $\Delta E^* = 4.512$ , rispettivamente (Figura 6 M3).

In secondo luogo, le differenze di colore ottenute quando il Mondrian colorato era velato (Tabella 1) erano un circa il doppio di quelle di controllo ( $\Delta E^* = 12.1$  vs  $\Delta E^* = 5.10$ ), (cioè quando i colori aggiustati riproducevano i Mondrian scoperti). E' abbastanza intuitivo che la presenza dei veli possa alterare la percezione dei colori visti dietro e attraverso di loro, e quindi diminuire la costanza di colore. Dall'altro lato questa differenza è anche piuttosto piccola in confronto con altre ricerche [4].

In Figura 7 è presentato un esempio di risultati, in cui si considera la condizione velo 2 e Mondrian 1. Vale la pena di notare che i colori corretti (diamanti) sono molto più vicini ai colori originali (cerchi) rispetto ai colori di riduzione (triangoli, quelli che sarebbero visti dagli osservatori in un contesto uniforme - per esempio dietro uno schermo bianco forato [5]). Se si considera che il colore 'stimolo' (la stimolazione della retina mediante radiazione da aree corrispondenti) corrisponde al colore 'riduzione' (colori percepiti in uno sfondo uniforme dal loro contesto), la differenza fra ciò che potrebbe essere previsto dalla stimolazione locale e gli effettivi risultati deve essere interpretata in termini di influenza che il contesto produce su tutti i colori percepiti. La Figura 8 offre altri esempi di questo genere (tutte le condizioni sperimentali studiate danno risultati analoghi).

Colori riprodotti quando i veli erano al loro posto hanno mostrato deviazioni due volte, e per alcuni veli tre volte più grandi rispetto ai controlli (senza veli): ebbene queste differenze sono rilevanti, i risultati mostrano una piuttosto buona costanza di colore, in quanto i colori riprodotti sono molto più vicini al Mondrian scoperto piuttosto che ai colori di riduzione [5][6]. Alcune interazioni tra Mondrian e veli mostrano importanti caratteristiche della percezione dei colori, riconducibili a caratteristiche fondamentali come per esempio complementarità e opponenza.

### 3. CONCLUSIONI

La nostra ricerca aveva lo scopo di verificare che, quando si usano veli reali colorati per generare impressioni di trasparenza, si realizza il fenomeno della costanza di colore. Infatti i colori che sono stati riprodotti per uguagliare le aree colorate dei Mondrian velati sono stati relativamente vicini a quelli attesi. Una possibile ragione della piuttosto buona costanza trovata può essere il grado elevato di trasparenza dei veli, che ha consentito di percepire i colori dietro il velo con poca interferenza. Il modello di Metelli [6] sembra adattarsi molto bene alle condizioni

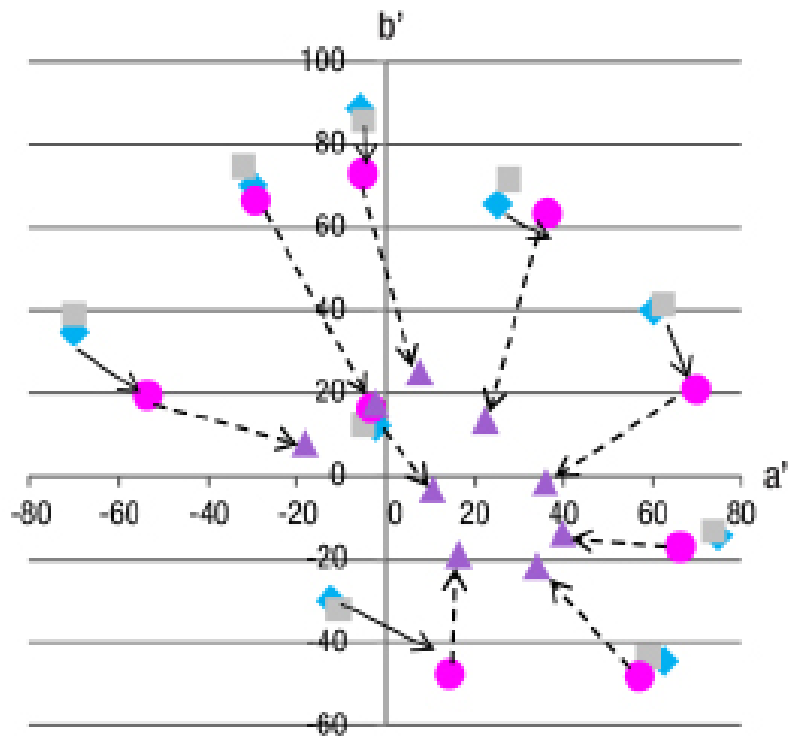
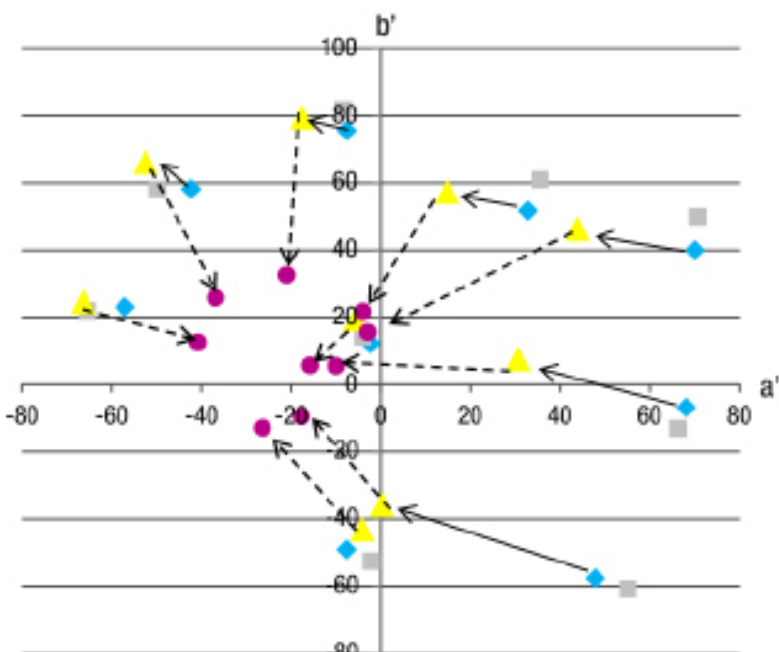


Figura 7 - Media dei colori aggiustati per la condizione velo 8 Mondrian 1, in un diagramma a' b' CIECAM02-UCS. Rombi azzurri:colori del Mondrian 1 originale scoperto; cerchi magenta: colori aggiustati; triangoli viola: colori di riduzione, cioè i colori stimolo risultanti dalle combinazioni del velo 8 e del Mondrian 1. Quadrati grigi: i colori aggiustati nei controlli per riprodurre i colori del Mondrian 1 scoperto. Freccie continue: distanza del colore aggiustato dall'originale da riprodurre; freccie tratteggiate: distanza del colore aggiustato dal colore di riduzione.

Figura 8 - Media dei colori aggiustati per la condizione velo 3 Mondrian 2, in un diagramma a' b' CIECAM02-UCS. Rombi azzurri:colori del Mondrian 1 originale scoperto; triangoli gialli: colori aggiustati; cerchi viola: colori di riduzione, cioè i colori stimolo risultanti dalle combinazioni del velo 3 e del Mondrian 2. Quadrati grigi: i colori aggiustati nei controlli per riprodurre i colori del Mondrian 1 scoperto. Freccie continue: distanza del colore aggiustato dall'originale da riprodurre; freccie tratteggiate: distanza del colore aggiustato dal colore di riduzione.



del nostro esperimento, anche se nel nostro caso tutti i colori del Mondrian velato fossero completamente coperti, mentre nel modello originale dovrebbero sporgere parzialmente oltre il filtro. Risultati di altri esperimenti [4] indicano che veli meno trasparenti possono ridurre fortemente la costanza di colore, contrariamente a quanto ottenuto in questo esperimento, e sono attualmente in corso ricerche orientate a verificare questa possibilità.

## **BIBLIOGRAFIA**

[1] S. Hochstein, M. Ahissar, "View from the Top: Hierarchies and Reverse Hierarchies in the Visual System", *Neuron*, Vol. 36, pp. 791–804, December 2002.

[2] O. da Pos, L. Baratella, G. Sperandio, C. Zanella, G. Zani. "Lightness constancy with 3D objects of different shape and reflectance". In: *Proceedings of the 26th Session of the CIE*. Beijing China, 4-11 July 2007, vol. D1, pp. 174-177, Beijing: CIAE

[3] A. Gilchrist, A. Jacobsen, "Lightness Constancy Through a Veiling Luminance", *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance* Vol. 9 (6), pp. 936-944, 1983.

[4] O. da Pos, C. Rao, "Colours seen through transparent objects". In *AIC Interim Meeting 2010 Color and Food: from the Farm to the Table*, *Proceedings*, ed. by J.L. Caivano & M.A. López. Buenos Aires: Grupo argentino del Color. pp. 23-26. 2010.

[5] D. Katz, "The world of color". Kegan Paul, Trench, Trubner & Co. 1935.

[6] F. Metelli, "The perception of transparency", *Scientific American* 230, pp. 90-98. 1974.