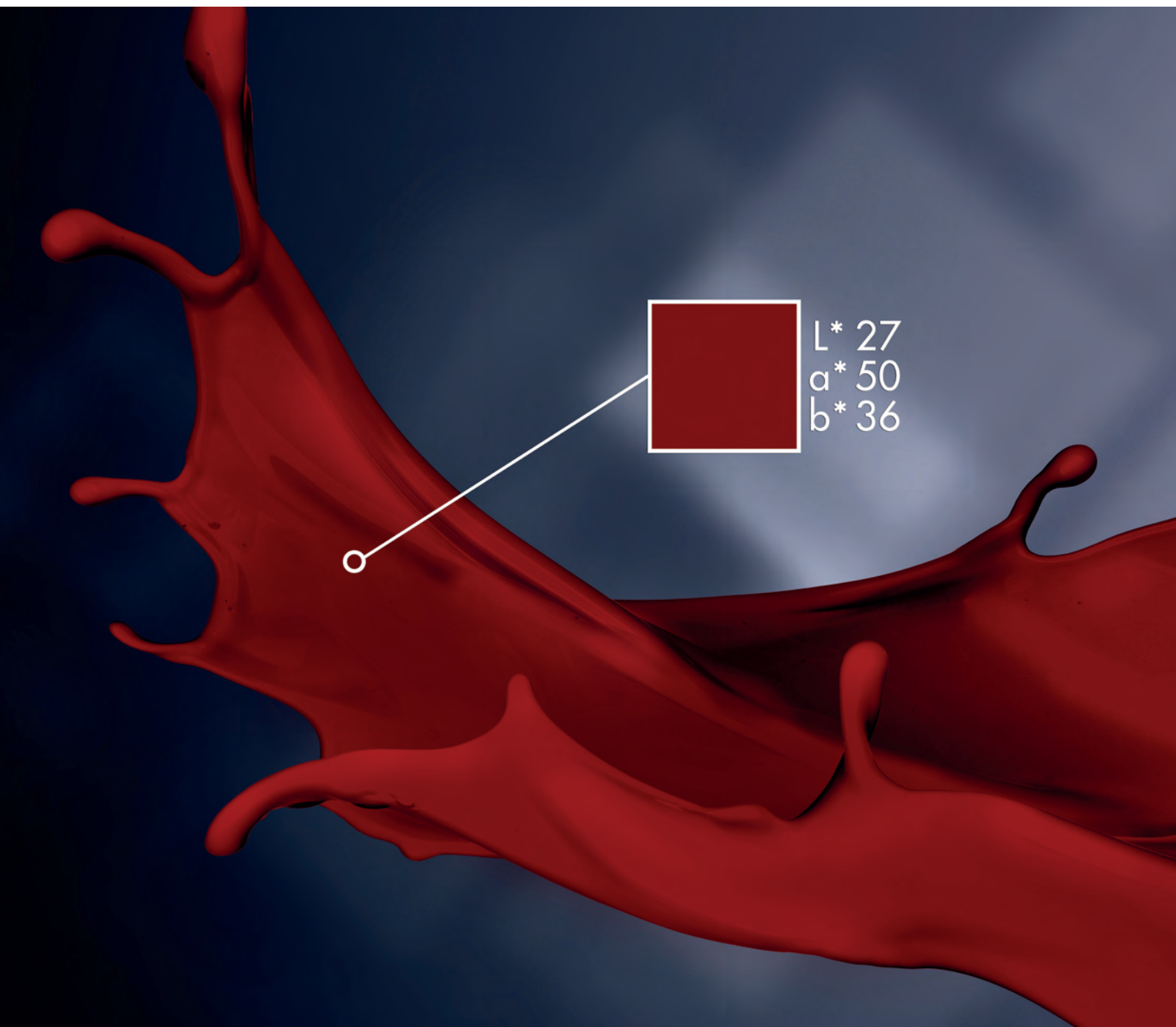


LIBRO 4 GESTIONE DEL COLORE



Differenze di colore e
accettazione dei colori

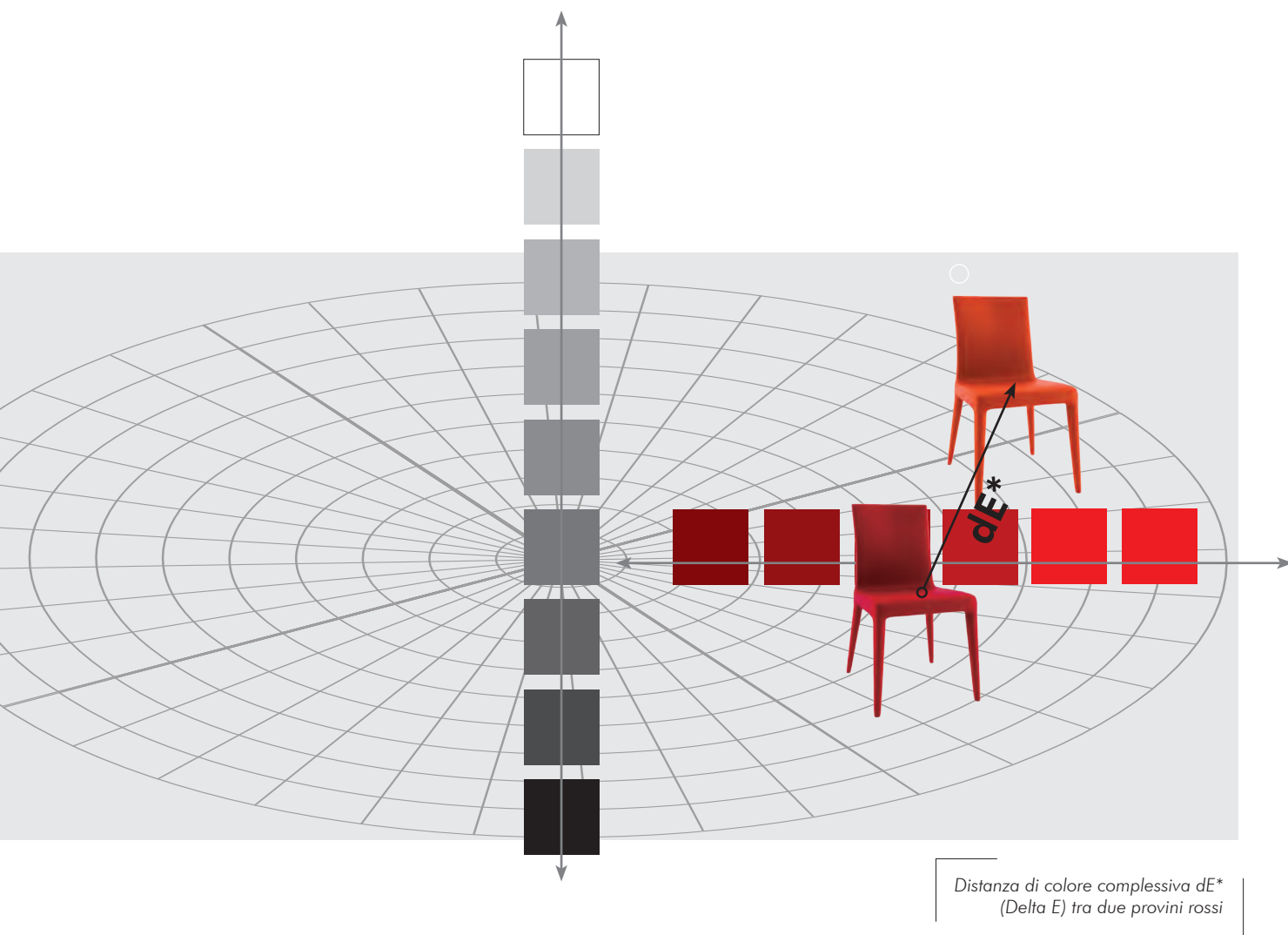
Differenze di colore e accettazione dei colori

Introduzione

Nell'industria tessile o dell'arredamento, nel design di automobili o nella produzione di cataloghi e strumenti pubblicitari: sono numerosissimi i settori dove si utilizzano i colori e dove è necessario fornire prodotti con lo stesso colore e lo stesso aspetto, con differenze di colore rispetto all'originale o allo standard ridotte al minimo.

Nella pratica, nella maggior parte dei casi non è possibile riprodurre con una precisione del 100% il colore di un prodotto, infatti anche lo stesso provino, ad esempio una t-shirt, presenterà minime differenze di colore nei diversi punti, anche se le stesse non vengono percepite dall'occhio umano. Con l'aiuto della colorimetria è possibile misurare e registrare tali differenze di colore. La misurazione del colore e la valutazione delle differenze

di colore rappresentano un sussidio fondamentale per i produttori nel loro compito di rispettare le specifiche concordate tra clienti e fornitori. Per determinare la differenza di colore di due provini si inseriscono in uno spazio colore le coordinate di colore del modello e della riproduzione; la distanza tra i due punti colore inseriti rappresenta la differenza di colore dei due provini. La distanza tra due punti viene calcolata con una relazione che si basa sulla loro proiezione spaziale su ciascuna delle due variabili principali del sistema colorimetrico. A tale scopo si utilizzano principalmente il sistema colorimetrico CIELab e le differenze di colore in esso determinate.



Differenze di colore nello spazio colore CIELab

La distanza tra due colori viene indicata come valore dE (grafia alternativa: Delta E, ΔE). È possibile calcolarla con una formula sviluppata nel 1976. Lo spazio colore CIELab offre la possibilità di rappresentare le differenze di colore tramite due procedimenti:

- Nelle coordinate rettangolari L^* , a^* e b^* la formula è:

$$dE^* = \sqrt{dL^{*2} + da^{*2} + db^{*2}}$$

Dove

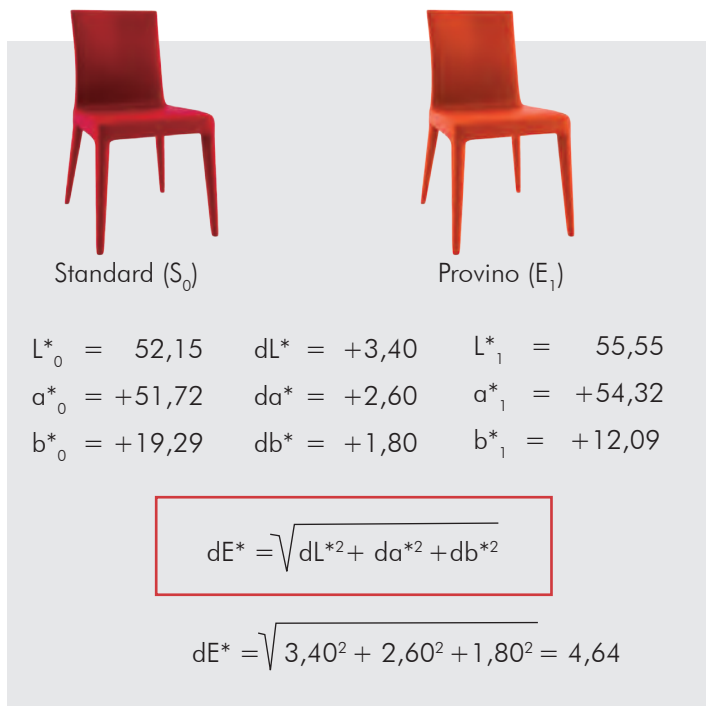
- dL^* rappresenta lo scostamento della luminosità sull'asse L^*
- da^* rappresenta lo scostamento rosso-verde sull'asse a^*
- db^* rappresenta lo scostamento giallo-blu sull'asse b^*

- Nelle coordinate cilindriche L^* , C^* e h la formula è:

$$dE^* = \sqrt{dL^{*2} + dC^{*2} + dH^{*2}}$$

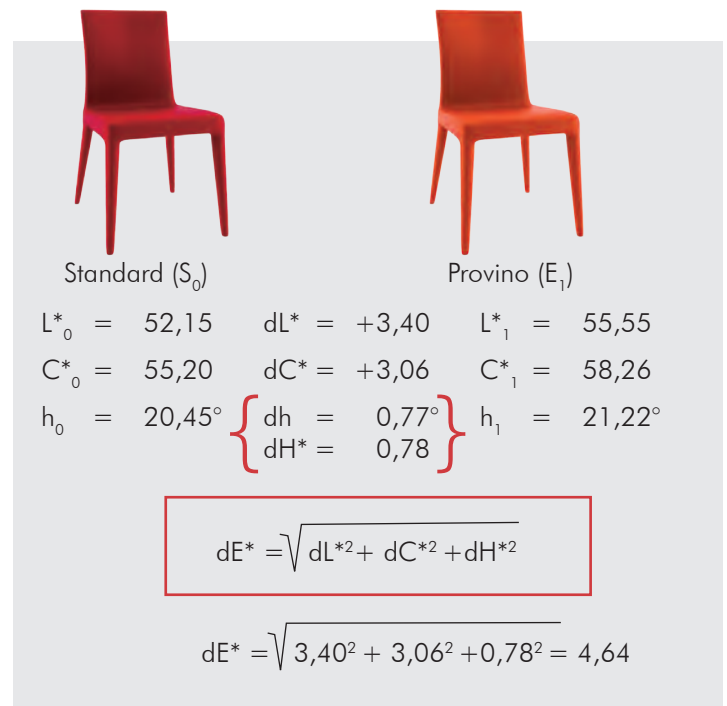
Dove

- dL^* rappresenta lo scostamento della luminosità sull'asse L^*
- dC^* rappresenta lo scostamento della saturazione sul raggio C^*
- d.h. (in gradi angulari) rappresenta lo scostamento dell'angolo della tinta su h



Bei D65 / 10°

Lo spazio colore CIELab.
Differenze di colore in L^* a^* b^*



Bei D65 / 10°

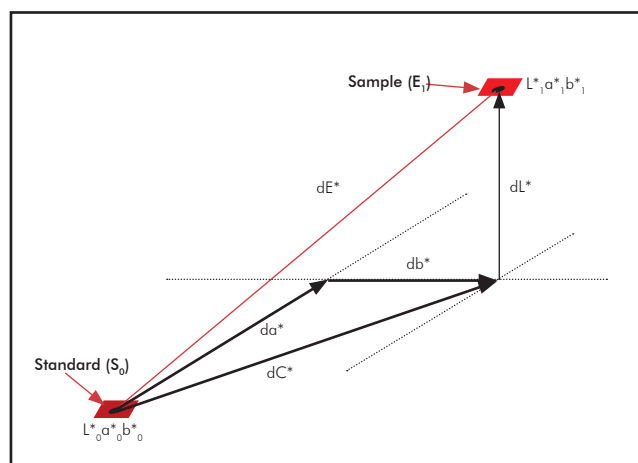
Lo spazio colore CIELab.
Differenze di colore in L^* C^* h^*

Poiché l'equazione per il calcolo delle distanze (per il valore dh) può essere espresso solo in unità di misura di lunghezza, la distanza dell'angolo della tinta dh (espresso in $^\circ$) viene trasformato in una unità di lunghezza. Questa differenza di tinta viene descritta tramite dH^* , in connessione con il raggio del cerchio dei colori C^* che rappresenta la saturazione.

Differenze di colore e tolleranze di colore nello spazio colore CIELab $L^* a^* b^*$

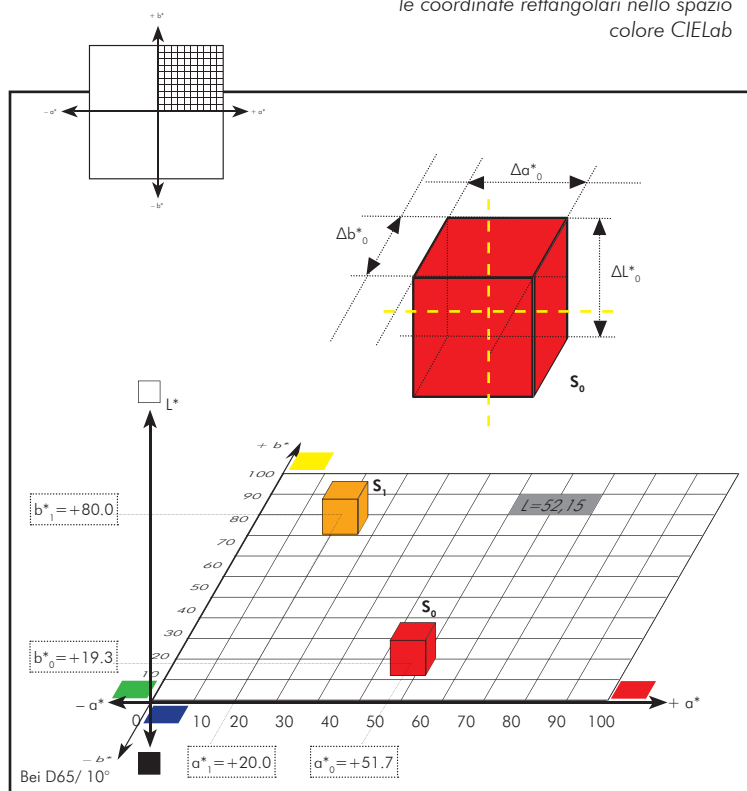
La descrizione della differenza di colore tramite le coordinate rettangolari L^* , a^* e b^* segue la teoria dei colori opponenti in relazione alla percezione fisica.

- Differenza rosso-verde: proiezione della distanza sull'asse a^*
- Differenza giallo-blu: proiezione della distanza sull'asse b^*



Differenze di colore dL^* da* db^* espresse con le coordinate rettangolari

Tolleranze dL^* da* db^* espresse con le coordinate rettangolari nello spazio colore CIELab



dE^* differenza di colore complessiva

dL^* differenza di luminosità (⊖ = più scuro; ⊕ = più chiaro)

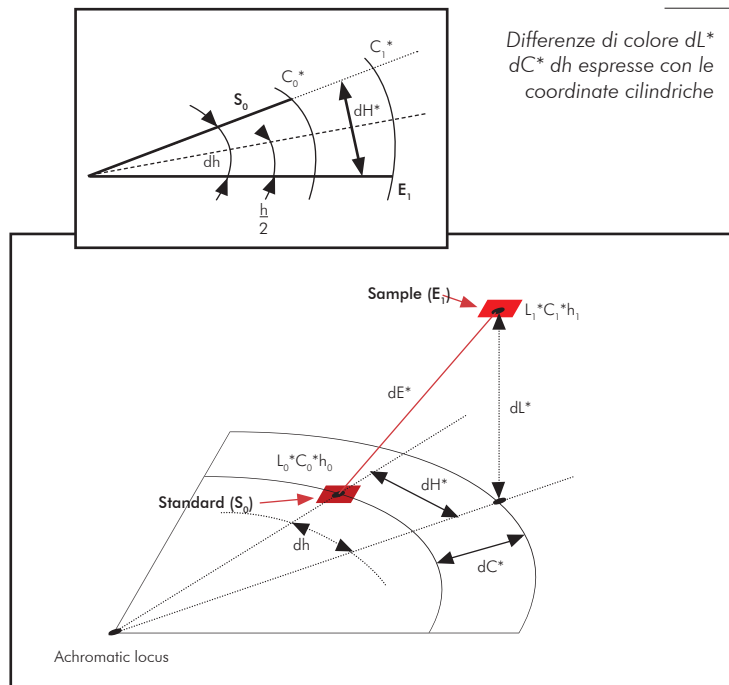
da^* differenza di colore verde ⇔ rosso (⊖ = più verde; ⊕ = più rosso)

db^* differenza di colore giallo ⇔ blu (⊖ = più blu; ⊕ = più giallo)

Differenze di colore e tolleranze di colore nello spazio colore CIELab $L^* C^* h$

Al contrario del sistema teorico $L^*a^*b^*$, i colori nello spazio di percezione effettivo non si comportano in modo lineare tra di loro. L'occhio umano non percepisce nella stessa misura le differenze di colore nella tinta (verde, rosso, giallo, blu) e le differenze relative alla saturazione e alla luminosità. Generalmente si percepiscono innanzitutto le differenze nella tinta, poi quelle nella saturazione e infine quelle nella luminosità. Una differenza di colore di, ad esempio, $dE = 1$ nel caso delle tonalità brillanti del giallo e del verde è una differenza di colore accettabile, al contrario nel caso dei colori acromatici $dE = 1$ rappresenta un altro

colore non accettabile. La stessa differenza matematica 1 non corrisponde quindi alla nostra impressione visiva. Con lo spazio colore CIELab $L^* C^* h$ abbiamo a disposizione un'alternativa nell'area "acromatica". La definizione della differenza di colore tramite le coordinate cilindriche L^* , C^* e h nello spazio colore CIELab permette la descrizione di colori e differenze di colore così come li percepiamo. La differenza di colore complessiva (dE^*) viene suddivisa nella differenza di luminosità (dL^*), la differenza di saturazione (dC^*) e la differenza di tinta (dH^*).



La formula è dunque la seguente:

$$dE^* = \sqrt{(dL^*)^2 + (dC^*)^2 + (dH^*)^2}$$

L* asse della luminosità

dL^* = differenza di luminosità: valore e interpretazione sono identici alla descrizione nel sistema $L^*a^*b^*$

C* croma (saturazione)

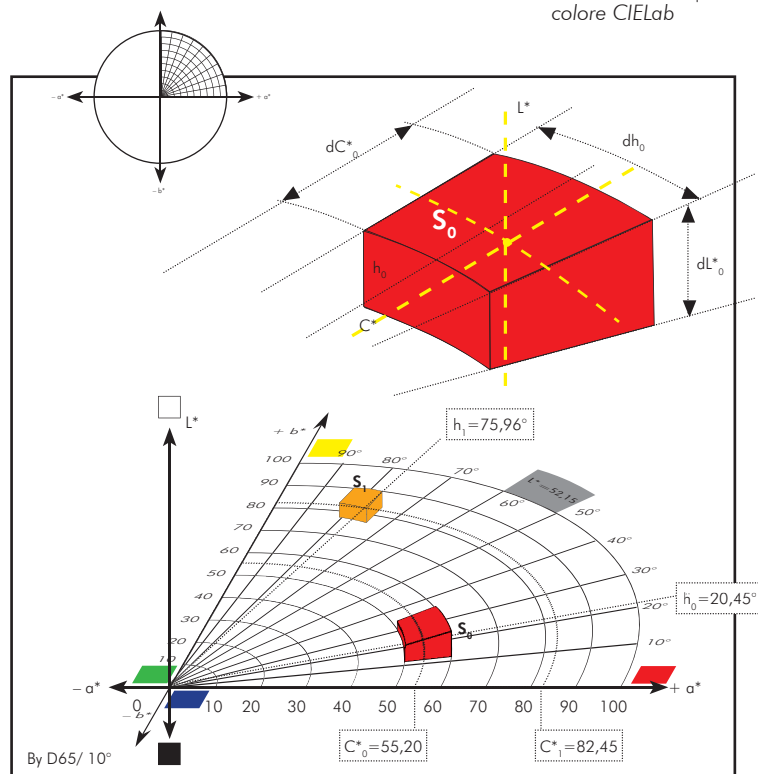
dC^* = differenza di saturazione: Rappresenta la differenza delle distanze da ogni punto colore all'asse della luminosità.

$$dC^* = C^*_1 - C^*_0$$

siendo C^*_0 = saturación del estándar
y C^*_1 = saturación de la muestra

- si dC^* es positivo, la muestra tiene una saturación superior al estándar
- si dC^* es negativo, la muestra tiene una saturación inferior al estándar

Tolleranze dL^* , dC^* , dh espresse con le coordinate cilindriche nello spazio colore CIE Lab



H° (angolo della) tinta

dh = differenza dell'angolo della tinta: Rappresenta lo scostamento angolare (in gradi) tra i due vettori relativi ai due colori (standard e provino). Lo scostamento angolare dh viene trasformato nella distanza di lunghezza dH^* con l'aiuto della seguente formula:

$$dH^* = 2 \sqrt{C^*_0 C^*_1} \sin\left(-\frac{dh}{2}\right)$$

Una tale scomposizione della differenza di colore complessiva dE^* in dL^* , dC^* e dH^* equipara la descrizione delle differenze di colore con la valutazione visiva nella classificazione naturale dei colori. Essendo piuttosto semplice e pratico, questo è il metodo maggiormente utilizzato.

Gli specialisti del colore utilizzano spesso la forma di espressione delle differenze di colore dL^* , da^* e db^* quando C^* è ≤ 5 e la valutazione delle differenze di colore secondo $L^*C^*H^*$ è > 5 . Se $C^* \leq 5$, la valutazione deve avvenire nelle coordinate $L^*a^*b^*$. Se abbiamo $C^* > 5$, la valutazione deve essere effettuata nelle coordinate $L^*C^*H^*$.

Sistema di conformità CMC

Le formule della differenza di colore negli spazi colore CIELab $L^*a^*b^*$ e L^*C^*h hanno il vantaggio di essere relativamente facili da utilizzare e applicare.

Lo svantaggio risiede invece nel fatto che il sistema colorimetrico CIELab non è visivamente equidistante. Le differenze di colore calcolate non corrispondono per tutti i colori alle differenze di colore percepite. Nella pratica ciò significa che: per i colori acromatici l'occhio umano riesce a riconoscere le più piccole differenze di tinta. Di conseguenza qui si dovrebbe determinare un valore numerico dE^*ab il più possibile ridotto. Più brillanti sono le tinte da valutare, cioè maggiore è C , più sono distanti i colori nel sistema CIELab e minore è la percezione dell'occhio umano per tali differenze. Qui in determinate circostanze una differenza numericamente maggiore dE^*ab non viene riconosciuta dall'occhio. L'occhio valuta anche le differenze nella tinta in modo più marcato rispetto alle differenze nella luminosità o nella saturazione (brillanza).

Per evitare che si debbano determinare tolleranze di colore per ogni colore nel sistema CIELab e per raggiungere un adeguamento migliore all'occhio umano, la formula delle differenze di colore dE^*ab è stata ulteriormente perfezionata. È nata così, tra le altre cose, la formula CMC che oggi è molto diffusa e utilizzata nell'industria tessile.

La formula CMC nasce in Gran Bretagna, dove fin dal 1970 si sono condotte numerose ricerche. È stata testata sulla base di decine di migliaia di valutazioni visive e infine è stata normata dall'istituto di standardizzazione inglese, British Standard Institution. Il nome originario JPC70 venne poi modificato in CMC (per Color Measurement Committee of the Society of Dyers and Colourists). La formula CMC fu pubblicata nel 1984.

Le "componenti" di dE , e precisamente dL , dC e dH , vengono ponderate su fattori di correzione S_L , S_C e S_H , a loro volta dipendenti da luminosità, tinta e saturazione. In sostanza S_L , S_C e S_H sono funzioni iperboliche grazie alle quali dL e dC contano tanto di più quanto più scuri e acromatici (grigi) sono i colori. dH allo stesso modo si riduce con croma crescente. Inoltre avviene una correzione in dipendenza dalla posizione nel cerchio dei colori.

La formula delle differenze di colore secondo CMC è la seguente:

$$dE_{CMC} = \sqrt{\left(\frac{dL^*}{L S_L}\right)^2 + \left(\frac{dC^*}{C S_C}\right)^2 + \left(\frac{dH^*}{S_H}\right)^2}$$

L Fattore di luminosità

c Fattore di saturazione

S_L Funzione di L

S_C Funzione di C

S_H Funzione di H e C

■ Per S_L se applica:

$$\text{If } L^* < 16 \quad S_L = 0.511$$

$$\text{If } L^* \geq 16 \quad S_L = \frac{0,040975L^*}{1 + 0,01765L^*}$$

Con questa correzione i valori dL nel caso di colori molto scuri vengono valutati circa il 200% più forti!

■ Per S_C se applica:

$$S_C = \frac{0,0638C^*}{1 + 0,0131C^*} + 0,638$$

Tramite l'influenza di S_C , i dH dati nelle vicinanze dell'asse acromatico vengono ponderati con più intensità, tuttavia tramite l'influenza del fattore f non così tanto come con il solo S_C . Secondo la formula CMC dH nel settore arancione e nel settore violetto viene rafforzato, viene invece ridotto nel settore dal verde al blu e nel settore dal porpora al rosso.

■ Per S_H vale:

$$S_H = (FT + 1 - F) S_C$$

$$\text{Dove } F = \sqrt{\frac{C^{*4}}{C^{*4} + 1900}}$$

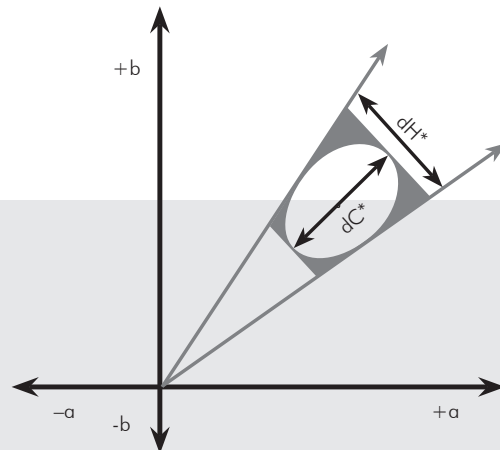
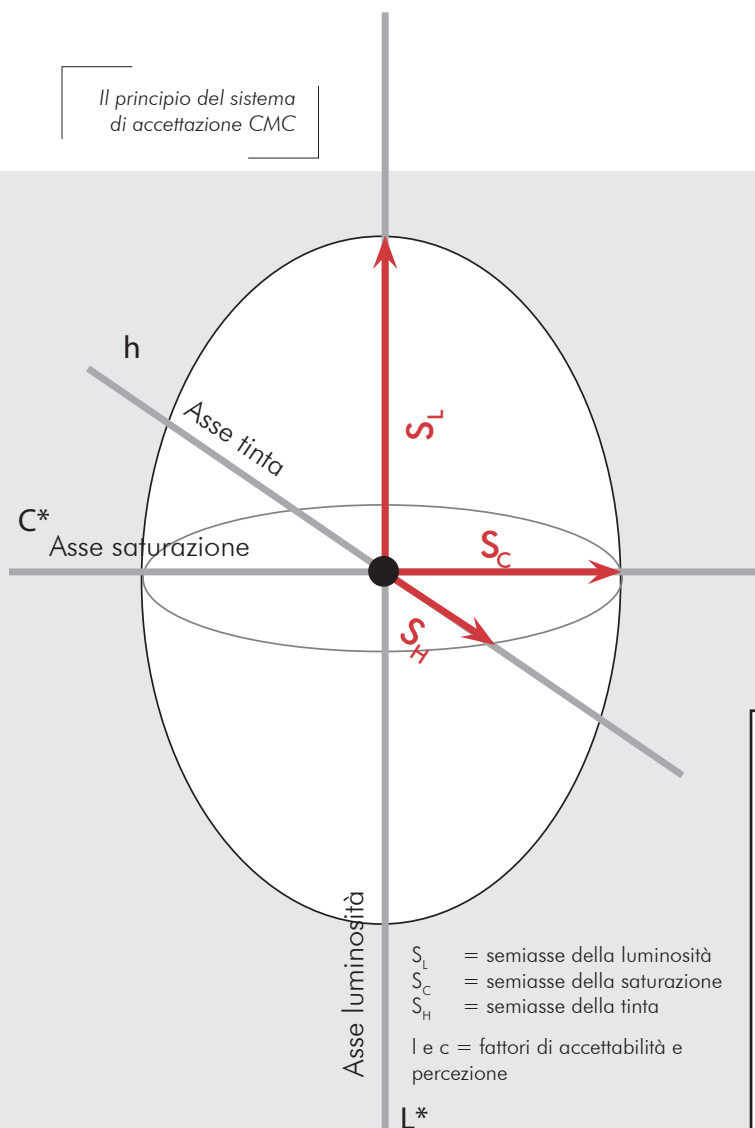
$$y T = 0,36 + |0,4 \cos(35 + h)|$$

$$\text{A meno che } 164^\circ < h < 345^\circ$$

$$\text{o } T = 0,56 + |0,2 \cos(168 + h)|$$

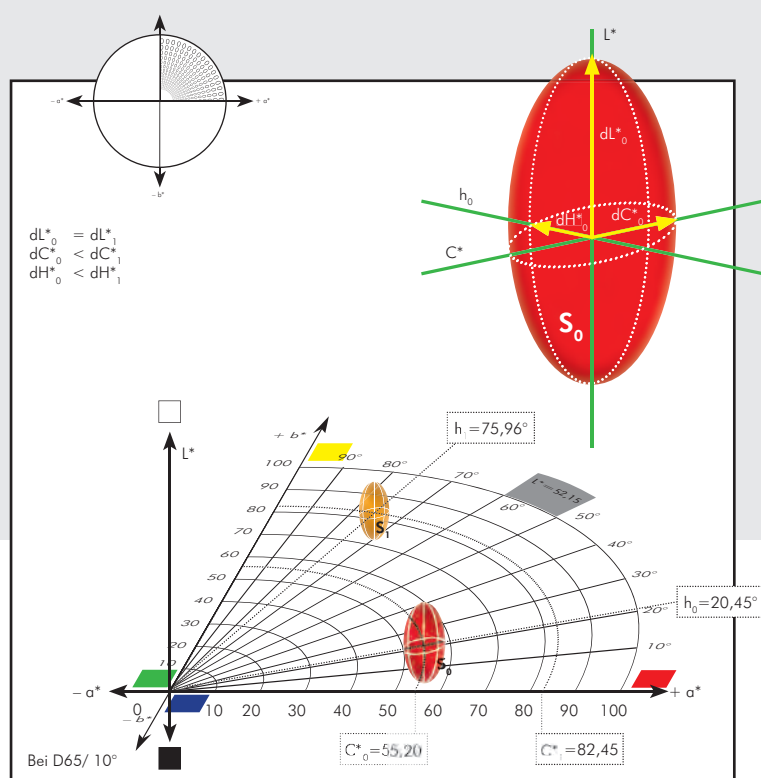
Nota: $|$ rappresenta un valore assoluto

Il principio del sistema di accettazione CMC



$$dE_{CMC} = \sqrt{\left(\frac{dL^*}{l S_L}\right)^2 + \left(\frac{dC^*}{c S_C}\right)^2 + \left(\frac{dH^*}{S_H}\right)^2}$$

CMC – tolleranza = ellissoide



Tolleranze di accettazione CMC
nello spazio colore CIE Lab

La formula della differenza di colore CMC si basa su circa 2000 provini tessili che sono stati messi a campione con illuminazione D65 e sono stati misurati utilizzando la funzione dell'osservatore standard a 10° CIE64.

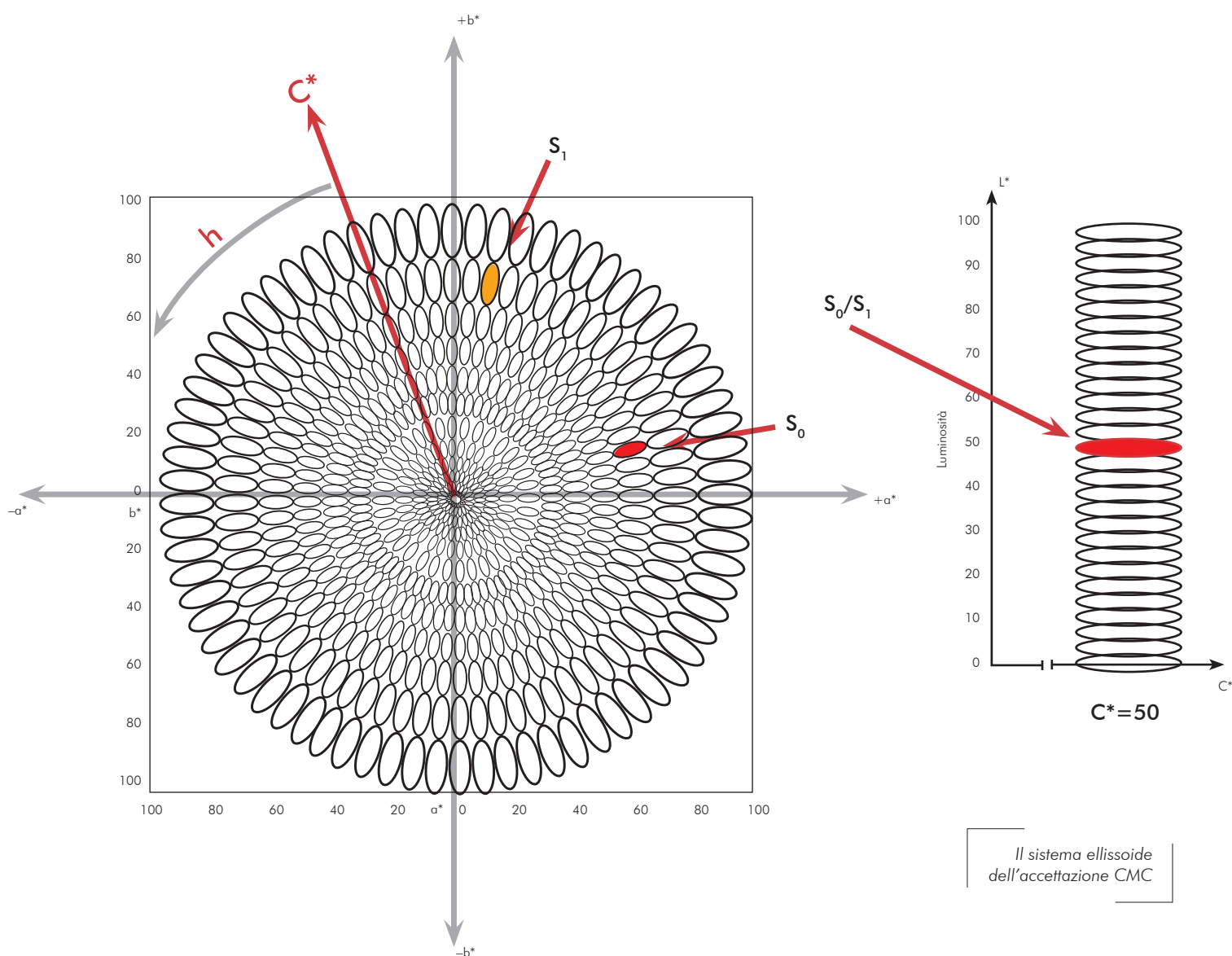
Gli indici di correzione ($S_L - S_C - S_H$) sono stati anch'essi valutati empiricamente e si presentano in formule che permettono un calcolo precedente. Inoltre i due fattori supplementari l ("luminosità") e c ("croma") possono influenzare i risultati a seconda di come viene posto un problema, in particolare l'accettazione di uno scostamento.

I parametri di correzione l e c possono essere modificati dall'utilizzatore. Sono entrambi uguali a 1. Ciò corrisponde al caso più frequente nella valutazione della percettibilità delle differenze di colore. Per valutare l'accettazione, i valori l e c possono essere aumentati o diminuiti. Ad esempio dunque nel settore tessile si utilizza la combinazione CMC (2,1), dove $l = 2$ e $c = 1$. $l = 2$ significa che la differenza di luminosità confluisce solo per metà nel calcolo della differenza di colore complessiva.

La differenza di luminosità (dL^*) viene modificata solo tramite la luminosità. Aumenta con valori di luminosità minori e diminuisce con valori di luminosità maggiori.

Le differenze di saturazione (dC^*) vengono modificate solo dalla saturazione. Confronto al sistema CIE Lab in generale sono più piccole, con l'eccezione delle saturazioni che hanno un valore basso inferiore a 6.

Le differenze della tinta (dH^*) vengono modificate tramite l'angolo della tinta e la saturazione. Si vede che in particolare per le tinte arancio le differenze di colore in riferimento alle tinte verdi sono maggiori e che l'effetto delle differenze cromatiche in riferimento al sistema CIE Lab si riduce notevolmente quando i colori sono relativamente saturi.



Gli effetti di questi indici di correzione sono visibili nel grafico di cui sopra. Le differenze individuate visivamente di uguale misura per la superficie a^*/b^* vengono indicati, con luminosità costante, come ellissi. Le differenze all'interno di una ellissi vengono percepite come uguali dall'occhio umano. La parte destra del grafico mostra le ellissi di accettazione sull'asse L^* (con saturazione costante $C^* = 50$, ma luminosità L^* variabile da 0 a 100).

Il grafico fa capire una cosa: la formula CMC non fornisce alcun sistema di rappresentazione uniforme né crea uno spazio colore, ma permette il calcolo delle differenze di colore e dell'accettazione, con un approccio empirico, di ciascun punto colore nello spazio colore CIE Lab.

Nell'ambito del miglioramento delle formule di accettazione e delle differenze di colore, la CIE ha sviluppato le formule delle differenze di colore CIE94 e CIE2000.

La formula della differenza di colore CIE94

Nel 1994 la CIE ha pubblicato la formula della differenza di colore CIE94. Questa si basa su un approccio simile a quello della formula CMC, ma propone tre parametri di correzione (k_L , k_C e k_H) che possono essere utilizzati a seconda del campo di applicazione. Inoltre la formula è stata integrata con le condizioni di osservazione che servono da base per la presentazione e l'osservazione dei provini.

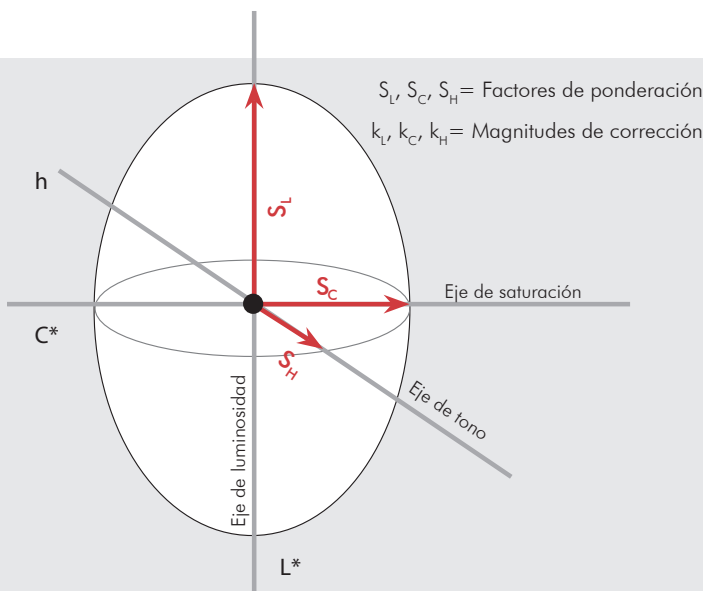
La formula della differenza di colore CIE94 è la seguente:

$$dE_{94} = \sqrt{\left(\frac{L_2^* - L_1^*}{k_L S_L}\right)^2 + \left(\frac{C_2^* - C_1^*}{k_C S_C}\right)^2 + \left(\frac{dH_{ab}^*}{k_H S_H}\right)^2}$$

$$L_2^* - L_1^* = dL^*$$

La differenza di colore complessiva dE^*_{94} tra 2 provini cromatici rappresenta la distanza nello spazio colore CIE76 (CIELab) ponderata e adeguata dall'utilizzatore. Tale formula osserva i componenti di queste differenze di colore, come le differenze di luminosità (dL^*), la differenza di saturazione (dC^*) e la differenza di tinta (dH^*) in condizioni di riferimento determinate.

I fattori S_L , S_C e S_H rappresentano i rispettivi fattori di ponderazione delle differenze di luminosità, saturazione e tinta. Vengono calcolati e ponderati come segue:



$$dE_{94} = \sqrt{\left(\frac{L_2^* - L_1^*}{k_L S_L}\right)^2 + \left(\frac{C_2^* - C_1^*}{k_C S_C}\right)^2 + \left(\frac{dH_{ab}^*}{k_H S_H}\right)^2}$$

Formula della differenza di colore CIE94

I fattori k_L , k_C e k_H sono parametri di correzione che sono collegati con le condizioni di osservazione dei provini. Le condizioni di riferimento vengono determinate in maniera sperimentale quali condizioni tipiche per l'osservazione di colori superficiali.

$$\begin{aligned} S_L &= 1 \\ S_C &= 1 + 0,045 C^* \\ S_H &= 1 + 0,0015 C^* \end{aligned}$$

Le condizioni di riferimento:

- Illuminazione – Sorgente luminosa: la sorgente luminosa simula l'illuminante standard D65 che corrisponde alla luce diurna
- Illuminazione del provino con una intensità luminosa di circa 1000 lux
- Ambiente: sfondo di osservazione regolare di colori grigi neutri e luminosità $L^* = 50$
- Le superfici da osservare (provini) devono rispettare nel modo più preciso possibile le seguenti condizioni:
 - Campo di osservazione e distanza devono essere illuminati in modo tale che il campo visivo sia maggiore del campo visivo fissato centrale di 4°
 - I provini devono essere disposti uno accanto all'altro, non devono essere separati e devono toccarsi direttamente in modo tale che la linea di separazione si veda il meno possibile.
 - La struttura e il colore devono essere il più possibile regolari.

Nota:

I fattori di correzione k_L , k_C e k_H sono difficilmente applicabili per condizioni speciali. I fattori di correzione k_L , k_C e k_H vengono impostati a 1 per le condizioni di riferimento. Nell'industria tessile di norma si utilizzano i seguenti fattori: $k_L = 2$ e $k_C = k_H = 1$.

La formula delle differenze di colore della CIE deve essere espressa in forma di dE^*_{94} e scritta con l'abbreviazione CIE94. I fattori di correzione k_L , k_C e k_H non devono essere uguali a 1. Devono trovarsi dopo l'abbreviazione dE^*_{94} . Un esempio tratto dall'industria tessile: Per i fattori $k_L = 2$ e $k_C = k_H = 1$ si scrive come segue: CIE94 (2:1:1) con il simbolo dE^*_{94} (2:1:1).

Grafico delle tolleranze CIE94

CIE2000 – L'attuale formula della differenza di colore della CIE

Nonostante rappresenti un miglioramento rispetto alla formula CMC, la CIE94 non è stata per nulla o quasi accettata dall'industria. Di conseguenza è stata ottimizzata con nuovi dati e sostituita dalla formula CIE2000. La formula delle differenze di colore CIE2000 è la formula

La formula delle differenze di colore CIE2000 è la seguente:

$$dE_{00} = \sqrt{\left(\frac{dL^*}{k_L S_L}\right)^2 + \left(\frac{dC^*}{k_C S_C}\right)^2 + \left(\frac{dH^*}{k_H S_H}\right)^2 + R_T \left(\frac{dC^*}{k_C S_C}\right) \left(\frac{dH^*}{k_H S_H}\right)}$$

L'ultimo termine dell'equazione viene anche chiamato termine di rotazione. Introduce, in dipendenza dalla "tinta rotante", un fattore supplementare e punta ad eliminare concordanze particolarmente critiche tra le differenze di colore percepite visivamente e calcolate nel settore cromatico blu.

Sulla base dell'equazione di cui sopra si possono rappresentare tutte le formule delle differenze di colore finora descritte. In CIE94 e CMC dunque $S_L = 1$. Il termine di rotazione nelle formule delle differenze di colore CMC e CIE94 non è presente e quindi pari a zero ($R_T = 0$).

Con CIE2000 ci si è molto avvicinati all'obiettivo di ottenere una differenza di colore omogenea per tutte le tinte.

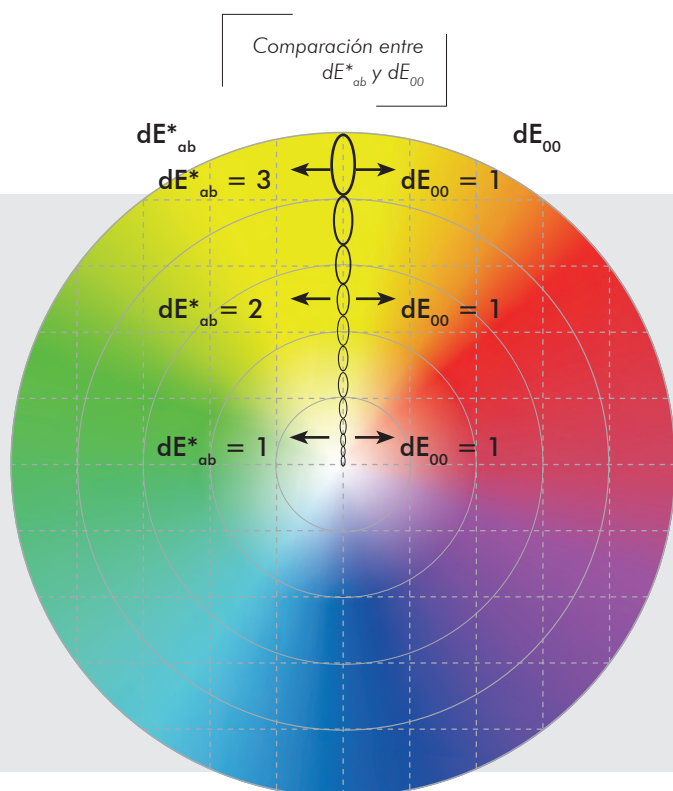
attualmente meglio adeguata alla percezione visiva. Non contiene solo funzioni di ponderazione per la luminosità, la saturazione e la tinta, ma anche termini misti. Questi termini tengono conto di una ulteriore dipendenza della saturazione dalla tinta.

Valutazione sintetica di CMC, CIE94 e CIE2000

Tutte le correzioni della formula originale CIE Lab-dE rappresentano una sostanziale ottimizzazione della valutazione delle differenze di colore. Ma nella misura in cui non esiste alcuno standard DIN o ISO, non si applicherà nella pratica alcuna formula dE corretta. Di conseguenza la commissione di standardizzazione del colore in DIN (e qui in particolare la commissione di lavoro 4 FNF) parallelamente allo sviluppo della CIE (CIE2000) ebbe l'idea di non modificare le formule delle differenze di colore, ma di trasformare l'intero spazio colore per ottenere una maggiore uniformità. Il risultato fu un nuovo sistema di coordinate del colore che in seguito definì uno spazio colore uniforme secondo i criteri relativi alla sensibilità per le piccole differenze di colore. Poiché ora le differenze di colore possono essere calcolate come lunghezze vettoriali dalle differenze delle coordinate cromatiche (qui L_{99} , a_{99} e b_{99}) in questo caso si parla di uno "spazio colore euclideo". La formula corrispondente è stata presentata nel 1999 come formula DIN99.

Differenze di colore relative – Confronto differenze di colore calcolate in modo differente

		L*	a*	b*	C* _{ab}	dE* _{ab}	dE ₉₄	dE ₀₀	dE ₉₉
Ciano (C)	1	54	-37	-50	62,2	6,00	3,54	2,29	2,16
	2	52	-41	-46	61,6				
Magenta (M)	1	47	75	-6	75,2	6,00	2,94	2,66	2,54
	2	45	79	-2	79,0				
Giallo (Y)	1	88	-6	95	95,2	6,00	2,77	2,69	2,54
	2	86	-10	91	91,5				
Nero	1	18	0	-1	1,0	6,00	5,78	6,28	4,76
	2	16	4	-5	6,4				
C+M	1	26	22	-45	50,1	6,00	3,73	4,56	3,97
	2	24	26	-41	48,5				
C+Y	1	49	-65	30	71,6	6,00	3,26	2,97	2,83
	2	47	-69	26	73,7				
M+Y	1	48	65	45	79,1	6,00	3,23	3,48	2,59
	2	46	69	41	80,3				
Carta	1	93	0	-3	3,0	6,00	5,45	6,13	4,09
	2	91	4	-7	8,1				



Lo spazio colore DIN99

La base dello spazio colore DIN99 è lo spazio colore CIELab con le sue coordinate L^* , a^* , b^* .

La trasformazione di CIELab in DIN99 viene effettuata in due parti: una trasformazione relativa alla luminosità verso la nuova luminosità DIN L_{99} e una trasformazione della saturazione o del croma.

In seguito alle trasformazioni è possibile calcolare valori quali il croma (C_{99}), l'angolo della tinta (h_{99}) e la differenza di colore (dE_{99}).

La formula DIN99 è concepita per differenze di colore da piccole a medie. L'utilizzo è consigliato per piccole differenze di colore fino a 5dE CIELab, come compaiono nella garanzia di qualità e nel calcolo delle ricette.

Calcolo

Trasformazione della luminosità

La luminosità L^* viene trasformata nella luminosità DIN99 L_{99}

$$L_{99} = \left(\frac{1}{k_E} \right) \cdot (105,51 \cdot \ln(1 + 0,0158 \cdot L^*))$$

Tale trasformazione ha l'obiettivo di riprodurre meglio la differenziabilità delle tinte scure. La trasformazione è simile a una funzione di potenza con un esponente di 0,75. L'area delle tinte più scure viene ampliata e l'area delle tinte più chiare viene compressa. I valori di luminosità medi vengono spostati verso l'alto sull'asse della luminosità.

La variabile k_E descrive l'influenza di condizioni di osservazione mutate.

Alle condizioni di riferimento abbiamo $k_E = 1$.

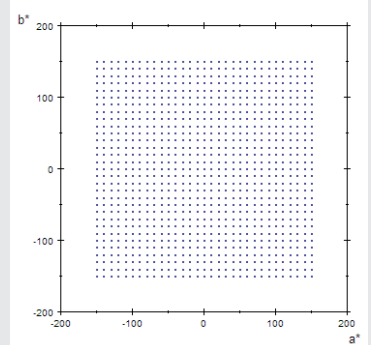
Trasformazione della saturazione

La trasformazione delle coordinate della saturazione avviene in tre fasi:

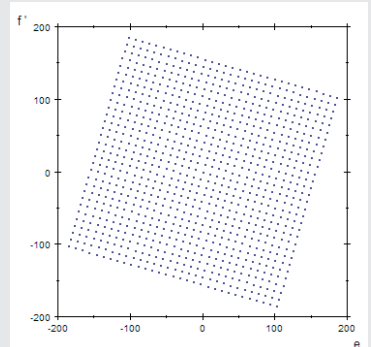
- Gli assi della saturazione vengono sottoposti a una rotazione di 16°
- L'asse giallo-blu viene moltiplicato per il fattore 0,7, quindi compresso
- I valori della saturazione (croma) vengono compressi in senso radiale logicamente intorno all'asse L_{99}

Diversamente da quanto previsto nelle formule CIE94 e CIE2000, per il calcolo delle differenze di colore non è necessario rilevare l'angolo della tinta.

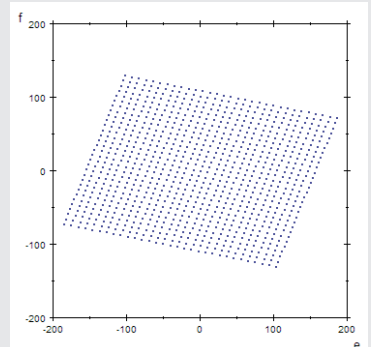
Situazione di partenza: livello a^*/b^* . I punti di questa e delle seguenti figure rappresentano le coordinate a^*/b^* da rispettivamente -150 fino a 150 in scaglioni di dieci



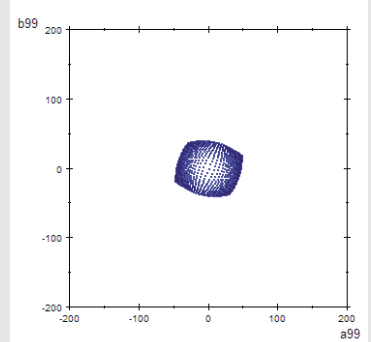
Fase 1: rotazione dell'asse a^*/b^* di 16°



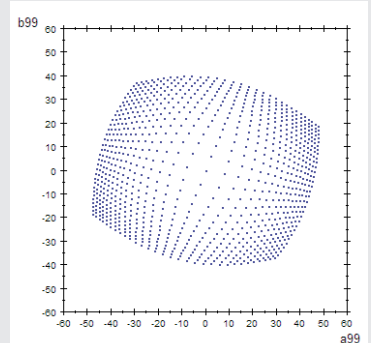
Fase 2: riduzione dell'asse f



Fase 3: compressione radiale dell'asse e/f



Visualizzazione ingrandita dell'asse a_{99}/b_{99}



Vediamo in dettaglio i singoli calcoli:

a^* e b^* vengono trasformati in:

Valori della rossezza (asse rosso-verde)

$$e = (a^* \cdot \cos(16^\circ) + b^* \cdot \sin(16^\circ))$$

Valore della giallezza f (asse giallo-blu)

$$f = 0,7 \cdot (-a^* \cdot \sin(16^\circ) + b^* \cdot \cos(16^\circ))$$

Da questo si calcola il valore del croma G (saturazione):

$$G = \sqrt{e^2 + f^2}$$

Con il fattore di compressione

$$k = \frac{\ln(1 + 0.045 \cdot G)}{(k_{CH} \cdot k_E \cdot 0.045)}$$

si ottengono i

valori della tinta

$$a_{99} = k \cdot \frac{e}{G}$$
$$b_{99} = k \cdot \frac{f}{G}$$

Nel caso in cui $a^* = b^* = 0$, si avrà $e = f = G = 0$,
si avrà $a_{99} = b_{99} = 0$.

Vantaggio rispetto agli altri procedimenti di

correzione: con a_{99} e b_{99} trasformati ora si può procedere esattamente come nel caso del CIELab per calcolare una C_{99} (saturazione corretta, croma) o una dH_{99} (tinta corretta, hue difference).

Le formule sono dunque le seguenti:

$$dH_{99} = \frac{(a_{99B} \cdot b_{99P}) - (a_{99P} \cdot b_{99B})}{\sqrt{0,5 \cdot ((C_{99B} \cdot C_{99P}) + (a_{99B} \cdot a_{99P}) + (b_{99B} \cdot b_{99P}))}}$$

o

$$dE_{99} = \sqrt{(dL_{99})^2 + (da_{99})^2 + (db_{99})^2}$$

dove

$$dE_{99} = \sqrt{(dL_{99})^2 + (dC_{99})^2 + (dH_{99})^2}$$

$$C_{99} = \sqrt{(a_{99})^2 + (b_{99})^2}$$

dC e dH nel sistema DIN99 vengono calcolate esattamente come nel CIELab. Gli indici B e P stanno per riferimento (provino di confronto) e provino (modello).

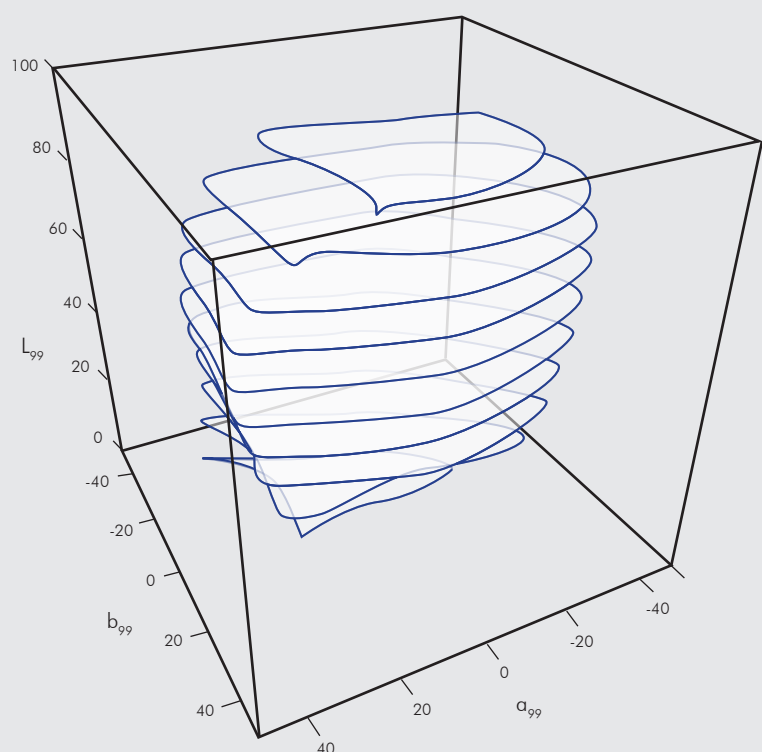
Qualità e ulteriore sviluppo

Lo spazio colore DIN99 si avvicina molto bene alla formula delle differenze di colore CIE94 e possiede caratteristiche qualitative simili, anche paragonabile con CMC (l:c). Un grande vantaggio rispetto a CIE94 è la scambiabilità di modello e provino di confronto nel calcolo, cosa che è resa possibile dal fatto che la trasformazione è invertibile completamente e con facilità.

La differenza rispetto a CIELab consiste nella migliore corrispondenza dei calcoli con le differenze di colore percepite. La gestione della formula DIN99 è simile a quella della formula CIELab.

La modificazione dell'asse della luminosità e la maggiore ponderazione dei colori vicino all'asse acromatico tramite la compressione di colori molto saturi incrementano notevolmente l'uniformità delle distanze di colore percepite.

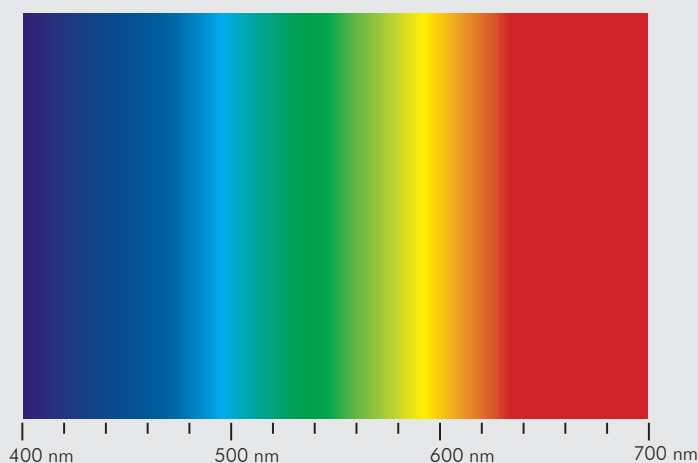
Le categorie di valutazione assi della luminosità e assi della tinta (giallo-blu e rosso-verde) non cambiano rispetto a CIELab. Il calcolo delle differenze di colore quale semplice distanza euclidea è un grande vantaggio rispetto a CMC (l:c), CIE94 e CIE2000, dove il calcolo è molto più complicato.



Esempio di uno spazio colore moderno:

Colori corporei ottimali DIN99 in sezione. Sezione della luminosità L_{99} da 5 a 95 in scaglioni di dieci. a_{99} rappresenta la direzione giallo-blu, b_{99} la direzione rosso-verde. Le distorsioni si presentano tramite il fatto che negli spazi colore moderni si inserisce il legame dei colori con le luminosità. La superficie di questo colore corporeo viene generata tramite spettri. La superficie rappresenta la totalità di tutti i colori ottimali (colori di grandissima saturazione e intensità luminosa). Il volume del colore corporeo rappresenta tutti i colori teoricamente realizzabili.

SPETTRO VISIBILE



Colori corporei ottimali
DIN99 – Illuminante
(Illuminant) D65

Conclusione e prospettive future

La colorimetria strumentale serve nell'industria quale strumento essenziale per la garanzia della qualità. Integra la modellazione visiva dei colori e permette l'introduzione di indici quali tolleranze. Quindi la collaborazione tra fornitori e clienti si pone su una base ricostruibile dal punto di vista della misurazione da entrambe le parti. È tuttavia importante il fatto che i giudizi colorimetrici concordano in larga misura con il giudizio visivo.

Gli spazi colore sviluppati nel corso degli anni si avvicinano già molto alla percezione dei colori visiva, ma presentano anche dei punti deboli perché la corrispondenza della differenza di colore percepita visivamente in molti casi non corrispondono al valore della differenza di colore misurata dE^* .

Si continuerà a lavorare allo sviluppo di uno spazio colore completamente uniforme come anche a una formula per la differenza di colore e all'accettazione semplice e rappresentativa della percezione visiva. Le ricerche degli ultimi anni nella neurofisiologia della vista, nella psicologia percettiva e nella statistica conducono anch'esse a una migliore efficienza delle formule di accettazione e rendono sempre più affidabile l'utilizzo automatico. Si può dunque affermare quanto segue: La gestione perfetta e oggettiva dei calcoli modello matematici odierni nel settore del controllo oggettivo e automatico dei colori e delle differenze di colore permettono oggi un utilizzo corretto della colorimetria e garantiscono dunque un'elevata qualità dei prodotti colorati.

La metameria

Si parla di metameria quando il colore di una coppia di provini con curve colorimetriche differenti in condizioni per l’osservazione e l’illuminazione definite appaiono identici, ma diversi se varia l’illuminazione.

Nella colorimetria si controlla la metameria individuando i valori cromatici standard per una coppia di provini con curve colorimetriche differenti sotto diverse sorgenti di luce (illuminanti). I provini metamerici sotto un illuminante presentano valori cromatici standard identici, ma diversi sotto un altro illuminante. I calcoli colorimetrici riducono la curva colorimetriche a 3 valori. Per questo motivo la metameria può essere individuata solo tramite i tre valori cromatici standard se si cambia l’illuminante.

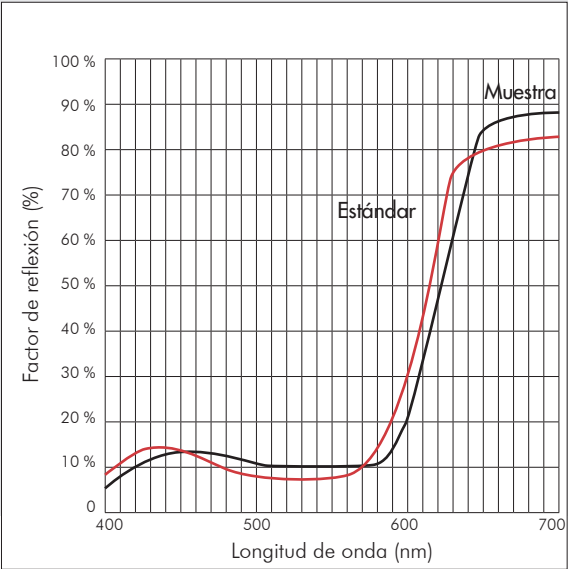


La metameria

Valenze normali (X-Y-Z)
per l’osservatore standard a 10°

	Illuminante D65 (luz diurna)		Illuminante A (luz artificial)	
	Estándar STD.N	Muestra No. 2 ECH2.N	Estándar STD.N	Muestra No. 2 ECH2.N
X	X _{2D} = 31,28	X _{2D} = 31,28	X _{2A} = 47,88	X _{2A} = 52,66
Y	Y _{2D} = 20,28	Y _{2D} = 20,28	Y _{2A} = 27,57	Y _{2A} = 31,41
Z	Z _{2D} = 12,71	Z _{2D} = 12,71	Z _{2A} = 4,04	Z _{2A} = 4,42

Funciones colorimétricas



Lista di referenze

- Farbe sehen, Corinna Watschke, 01.2009 [www.planet-wissen.de],
- Farbmanagement in der Digitalfotografie (ISBN 3-8266-1645-6), 2006, Redline GmbH, Heidelberg
- Beschreibung und Ordnung von Farben, Farbmatrik, Farbmodelle, DMA Digital Media for Artists – Archiv 2006-2011, Kunstuniversität Linz, Gerhard Funk
- Messen – Kontrollieren – Rezeptieren, Dr. Ludwig Gall [www.farbmatrik-gall.de]
- Farbabstandsformeln, 2012, Fogra Forschungsgesellschaft Druck e.V. [www.fogra.org]
- Wikipedia, various articles about color and color measurement [<http://de.wikipedia.org/wiki/Farbe>]
- Various representations of color models and color spaces [http://www.chemie-schule.de/chemieWiki_120]
- Praktische Farbmessung, Anni Berger-Schunn, 2. überarbeitete Auflage, 1994, Muster-Schmidt Verlag, Göttingen – Zürich
- Farbabstandsformeln in der Praxis, SIP 01.2011
- Schläpfer, K.: Farbmatrik in der grafischen Industrie, 3. Aufl. St. Gallen; UGRA 2002 (Tabelle S. 48)

Dati di pubblicazione

Editore:

Datacolor AG Europe, 6343 Rotkreuz, Suiza

Téléfono: +41.44.835.3800 | Fax: +41.44.835.3820 | info@datacolor.com | www.datacolor.com

Struttura e composizione:

Marlene Deschl, artwork deschl, Wappersdorfer Strasse 17, 92360 Mühlhausen, Alemania Teléfono:

+49.9185.923836 | +49.9185.923837 | artwork@deschl.com | www.deschl.com

Testo:

Gabriele Hiller, Hiller Direct Marketing, Stühren 41, 27211 Bassum, Alemania

Téléfono: +49.4249.960.3654 | Fax: +49.4249.960.3656

info@hiller-direct-marketing.de | www.hiller-direct-marketing.de

Walter Franz, Datacolor AG Europe, wfranz@datacolor.com

© Copyright Datacolor. Todos los derechos reservados.

datacolor

EUROPA

Datacolor AG Europe

6343 Rotkreuz

Téléfono: +41 44.835.3800

Email: ecmarketing@datacolor.com

AMERICA

Datacolor Headquarters

Lawrenceville, NJ

Téléfono: +1 609.924.2189

Email: marketing@datacolor.com

ASIA

Datacolor Asia Pacific Limited

Hong Kong

Téléfono: +852 24208283

Email: asiamarketing@datacolor.com