

Terzo convegno colore_digitale

Reggio Emilia, 5 e 6 giugno 2009

a cura di **Mauro Boscarol**

Gestione del Colore in Stampa Fotografica

Marcello Melis

marcello.melis@profilocolore.it
(www.profilocolore.it)

Gestione del Colore in Stampa Fotografica

Programma della presentazione

- Stampa fotografica Vs stampa grafica
- Cenni di Color Management
- Color Management nei sistemi di stampa
- Strategie di stampa e gestione dei profili ICC
- Valutazione del colore nei sistemi di stampa
- Conclusioni

Stampa fotografica Vs stampa grafica

Stampa fotografica

1. Impressione dell'immagine latente su supporto fotosensibile
2. Sviluppo e fissaggio chimico, come nella stampa analogica
3. Essiccazione

Stampa grafica

1. Deposizione del colore (inchiostro liquido o solido, toner, trasferimento termico)
2. Eventuale fissazione (asciugatura naturale, termica, compressione)

Stampa fotografica Vs stampa grafica

Stampa fotografica

1. Densità di colore proporzionale al valore di input
2. Tono continuo (sorgente di luce analogica, laser o LED)
3. Risoluzione effettiva coincidente con quella del sistema di impressione

Stampa grafica

1. Densità di colore fissa (presenza o assenza di colore)
2. Tono di colore ottenuto per densità e/o dimensione di punti
3. Risoluzione effettiva ridotta rispetto alla dimensione minima di un punto

Sistemi di stampa fotografica

L'immagine si forma per esposizione fotografica

La sorgente di luce è composta da:

- ♦ tre laser (rosso, verde e blu) che formano l'immagine riga per riga, punto per punto
- ♦ batterie di LED (rossi, verdi e blu) la cui luce è condotta sul supporto sensibile tramite fibre ottiche

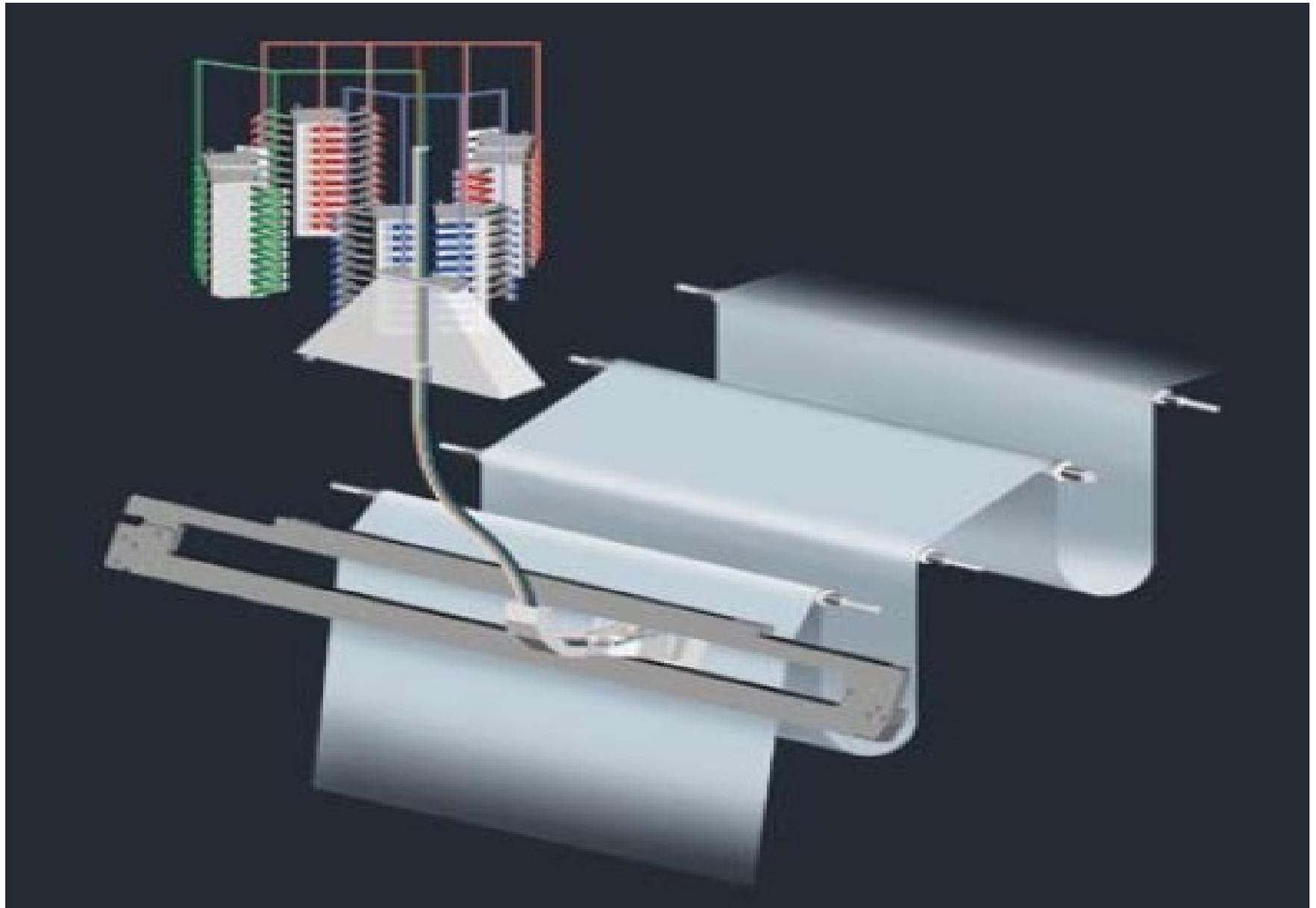
Risoluzioni effettive tra i 300 ed i 600 punti per pollice

Non è necessario alcuno schema a retini o dithering: il segnale ottico ha una intensità proporzionale alla densità di colore richiesta

Sistemi di stampa fotografica



Sistemi di stampa fotografica



Sistemi di stampa fotografica

Appartengono a questa classe:

- ♦ Minilab (ad esempio sistemi Fuji Frontier, sistemi Noritzu QSS)
- ♦ Sistemi di medio e grande formato (ad esempio Durst Lambda 130 e 131, Durst Theta 76)

Tutti questi sistemi hanno in comune

- ♦ l'uso di carta fotografica
- ♦ la necessità di un bagno di sviluppo (integrato nel sistema per i Minilab, esterno per i grandi formati)
- ♦ sensibilità del colore allo stato dei componenti chimici
- ♦ velocità di stampa ottenuta attraverso alte temperature di sviluppo, e conseguente elevata sensibilità alla deriva di temperatura

Sistemi di stampa grafica

L'immagine si forma per deposizione del colore sulla carta bianca

Il colore può essere costituito da:

- ♦ Inchiostro liquido (ink-jet)
- ♦ Inchiostro solido (wax)
- ♦ Toner (laser)
- ♦ Pigmento a trasferimento termico (sublimazione)

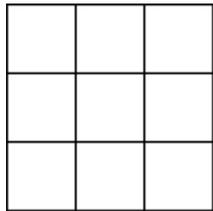
La densità di colore si ottiene attraverso

- ♦ quantità di colore trasferito (sublimazione) proporzionale alla temperatura
- ♦ pattern regolari di punti a dimensione e distanza variabile (retini)
- ♦ algoritmi di diffusione di densità di punti (dithering)

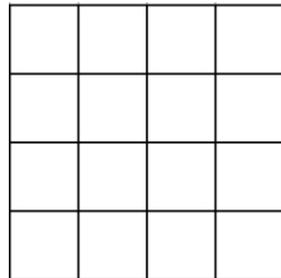
Sistemi di stampa grafica

Tranne che per la stampa a sublimazione, che permette di ottenere il colore a tono continuo, in tutti gli altri casi il numero di livelli di densità di colore va a discapito della risoluzione e viceversa.

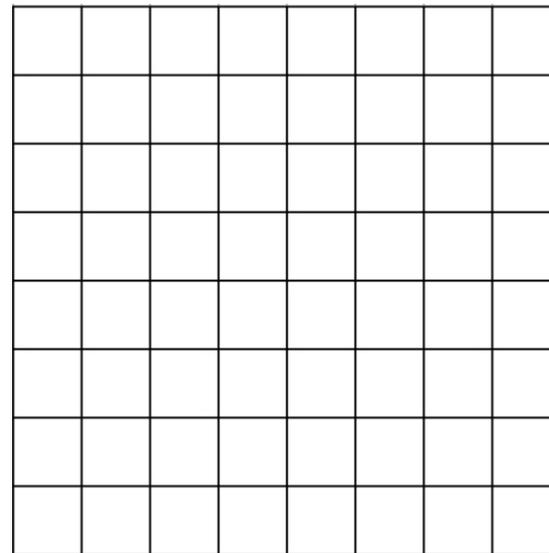
Semplificando un pò, se un quadrato rappresenta l'unità minima di colore:



10 livelli
risoluzione 1/3

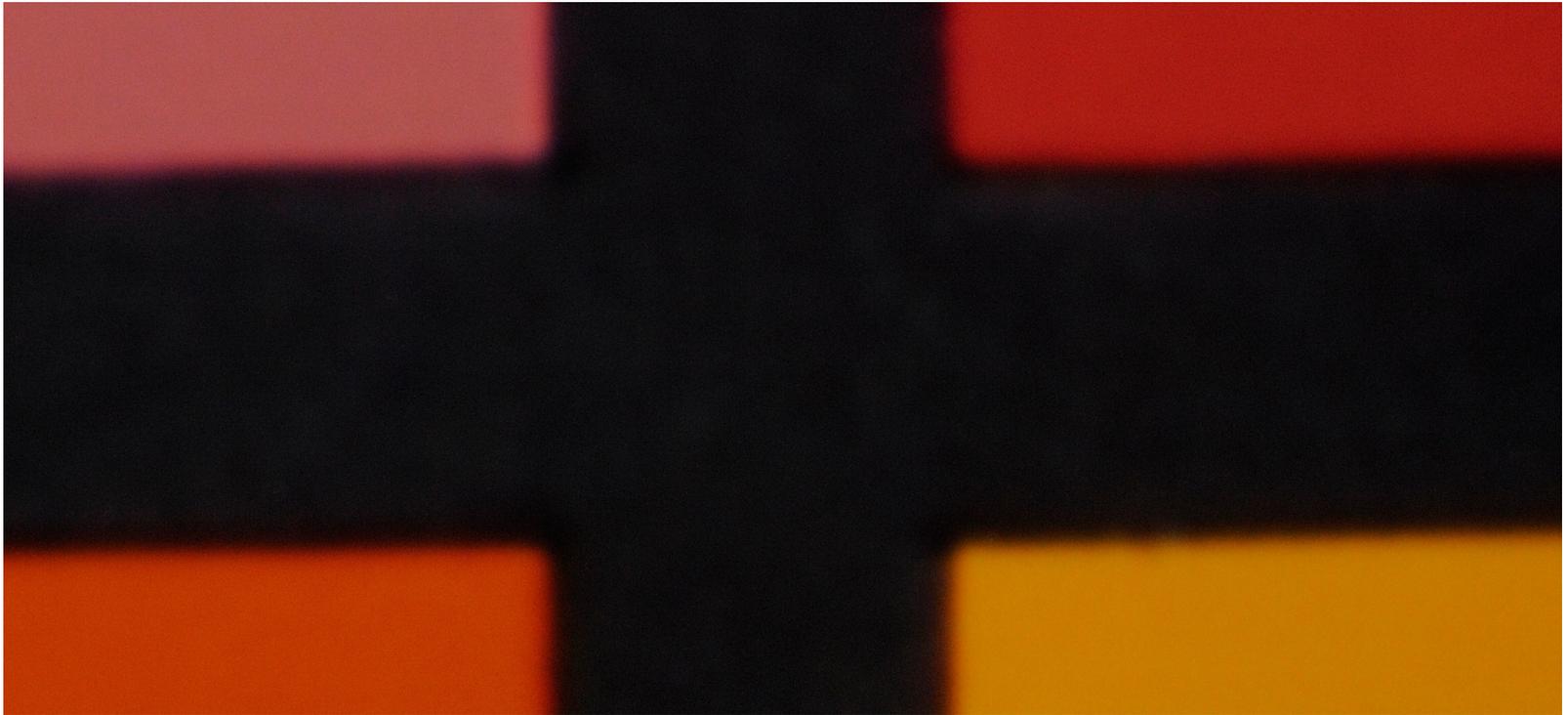


17 livelli
risoluzione 1/4



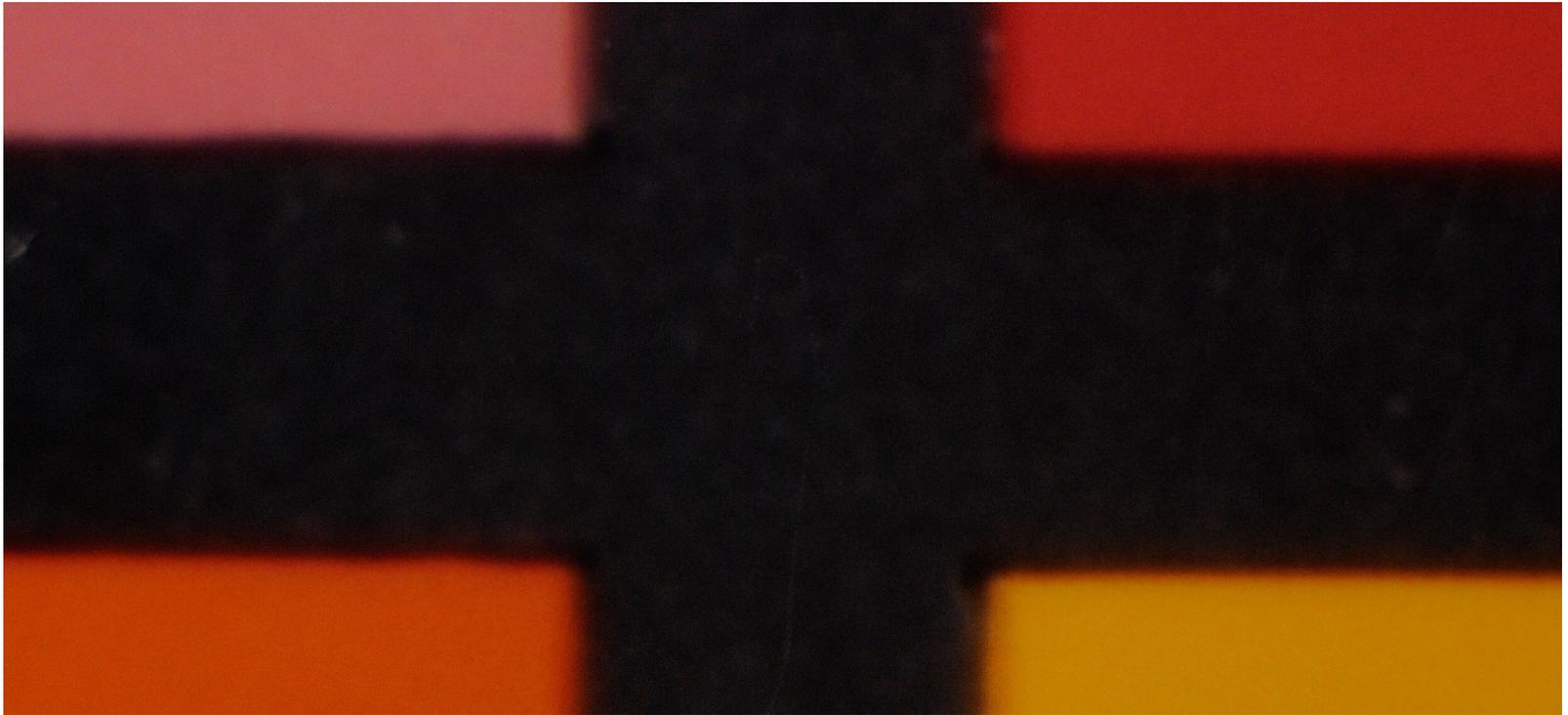
65 livelli
risoluzione 1/8

Stampa fotografica (Lambda)



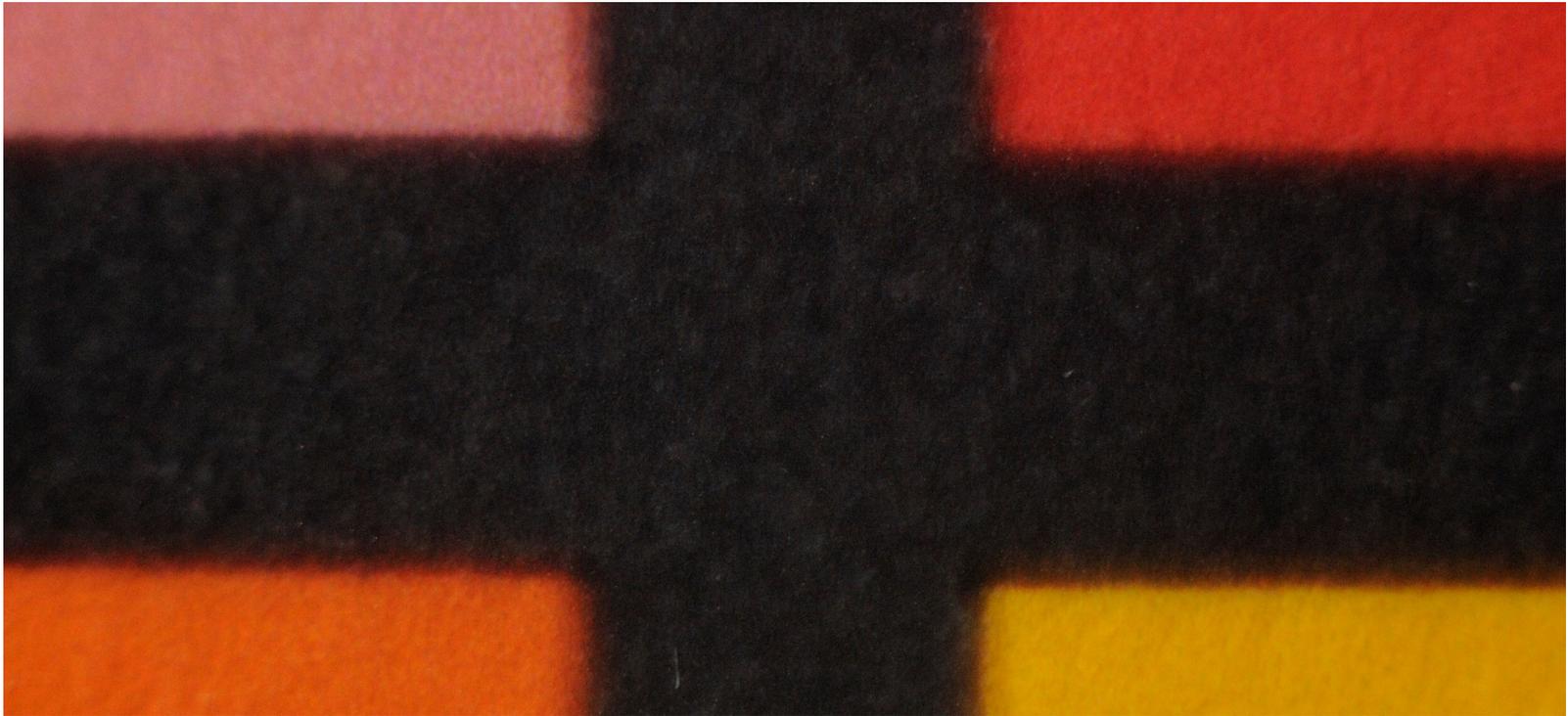
Stampa fotografica sistema Lambda a laser

Stampa fotografica (Minilab)



Stampa fotografica sistema Minilab Fuji Frontier a laser

Stampa grafica (ink-jet high quality)



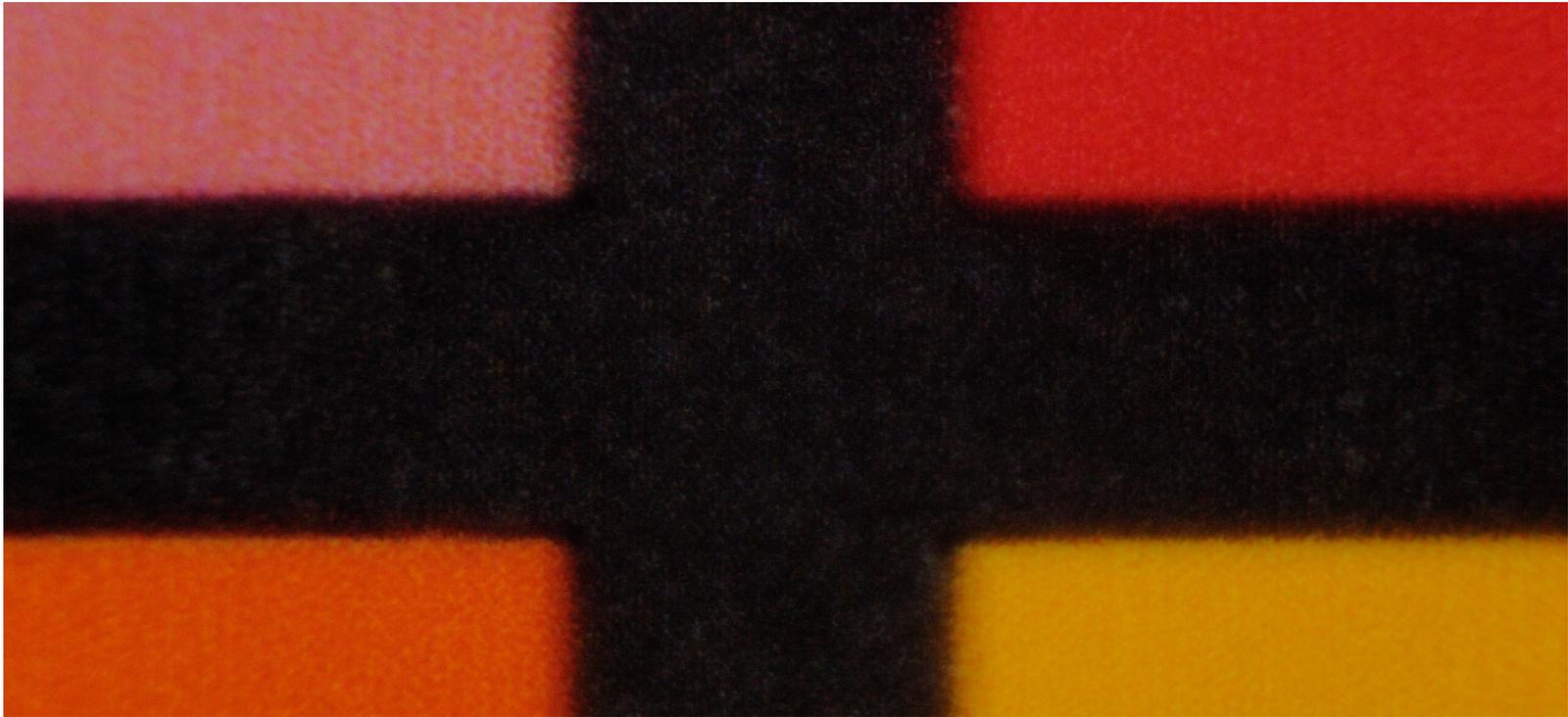
Stampa ink-jet Epson Stylus Pro 3800 su carta Hahnemuhle

Stampa grafica (ink-jet high quality)



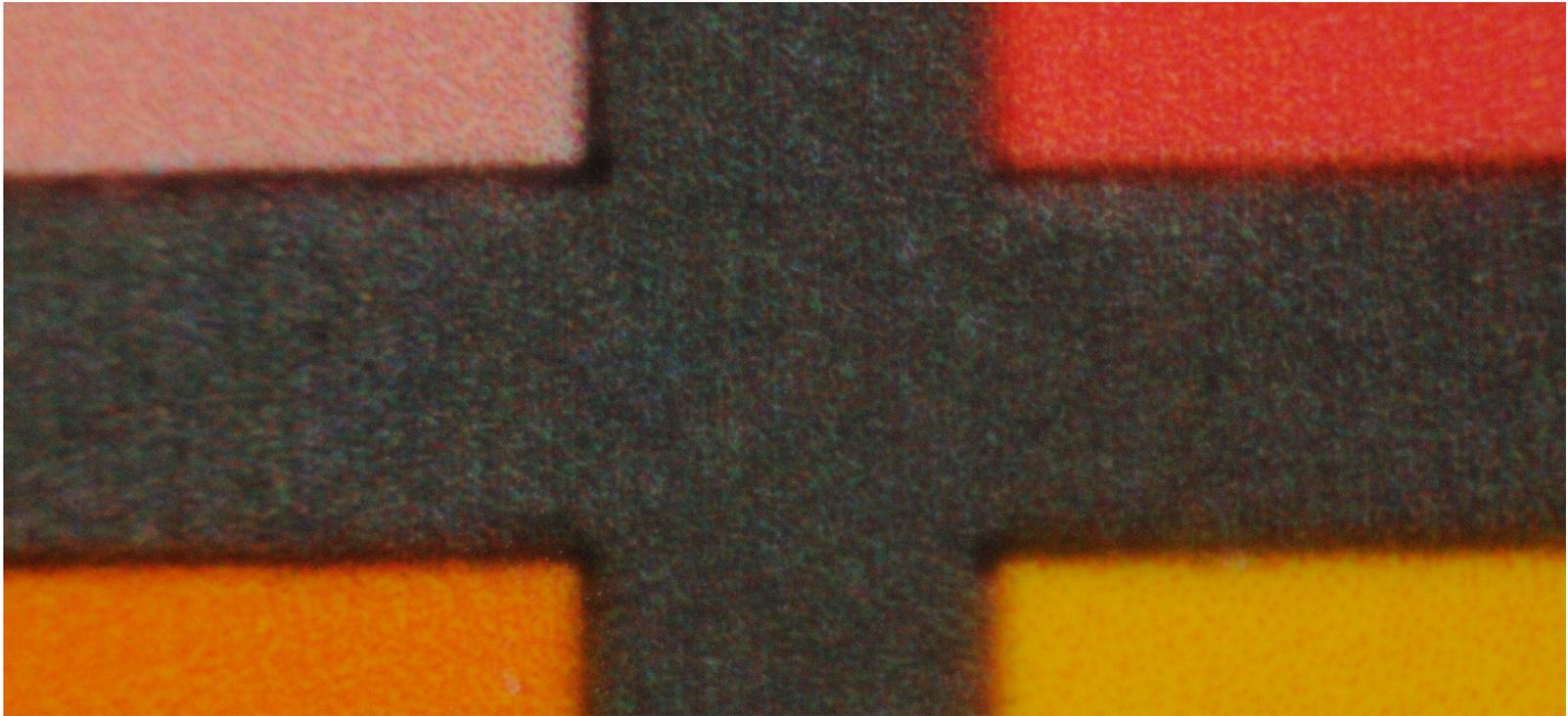
Stampa ink-jet Epson Stylus Pro 3800 su carta Epson lucida

Stampa grafica (plotter ink-jet)



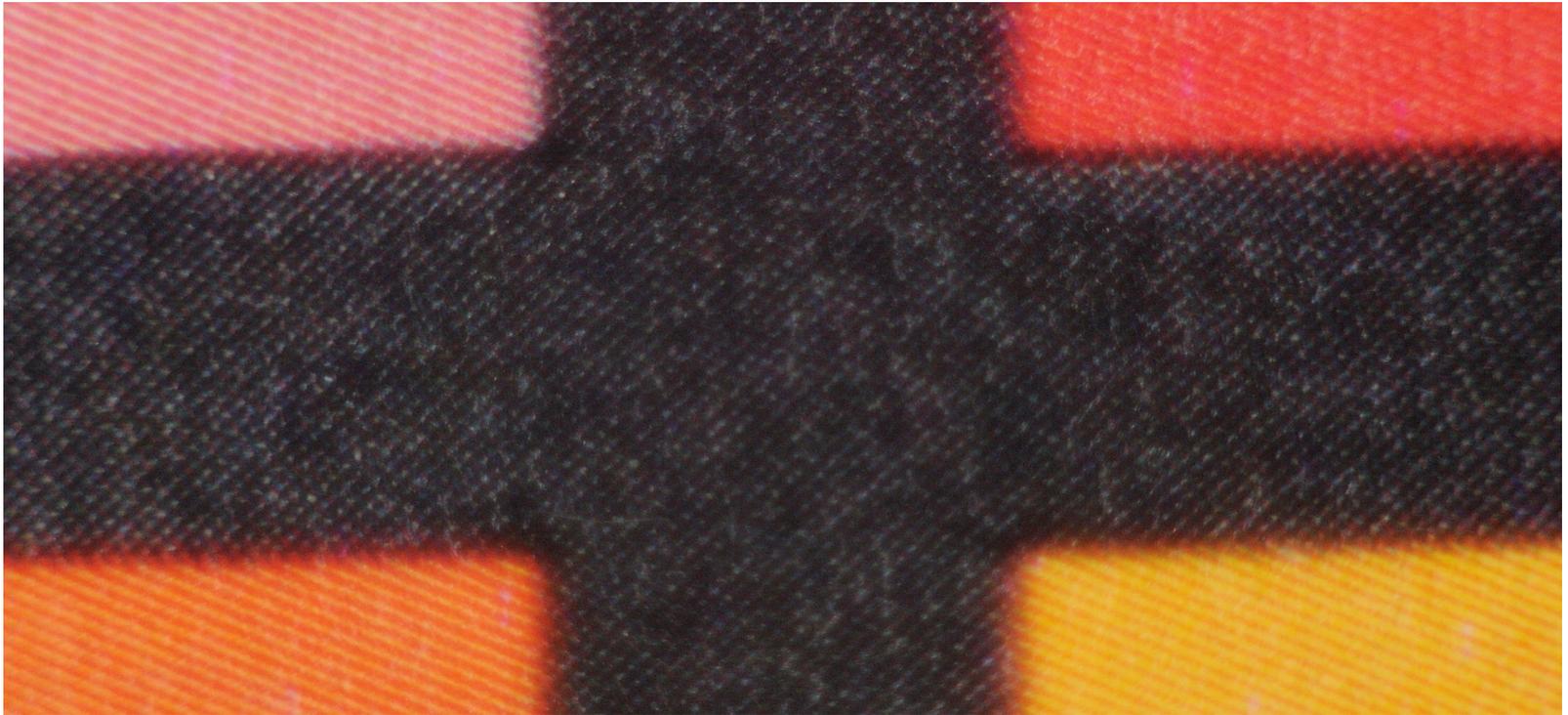
Stampa ink-jet Plotter Canon su carta lucida

Stampa grafica (ink-jet low quality)



Stampa ink-jet economica

Stampa grafica (laser)



Stampa laser (toner) Canon C7000VP

Stampa grafica (sublimazione)



Stampa a sublimazione (Kodak)

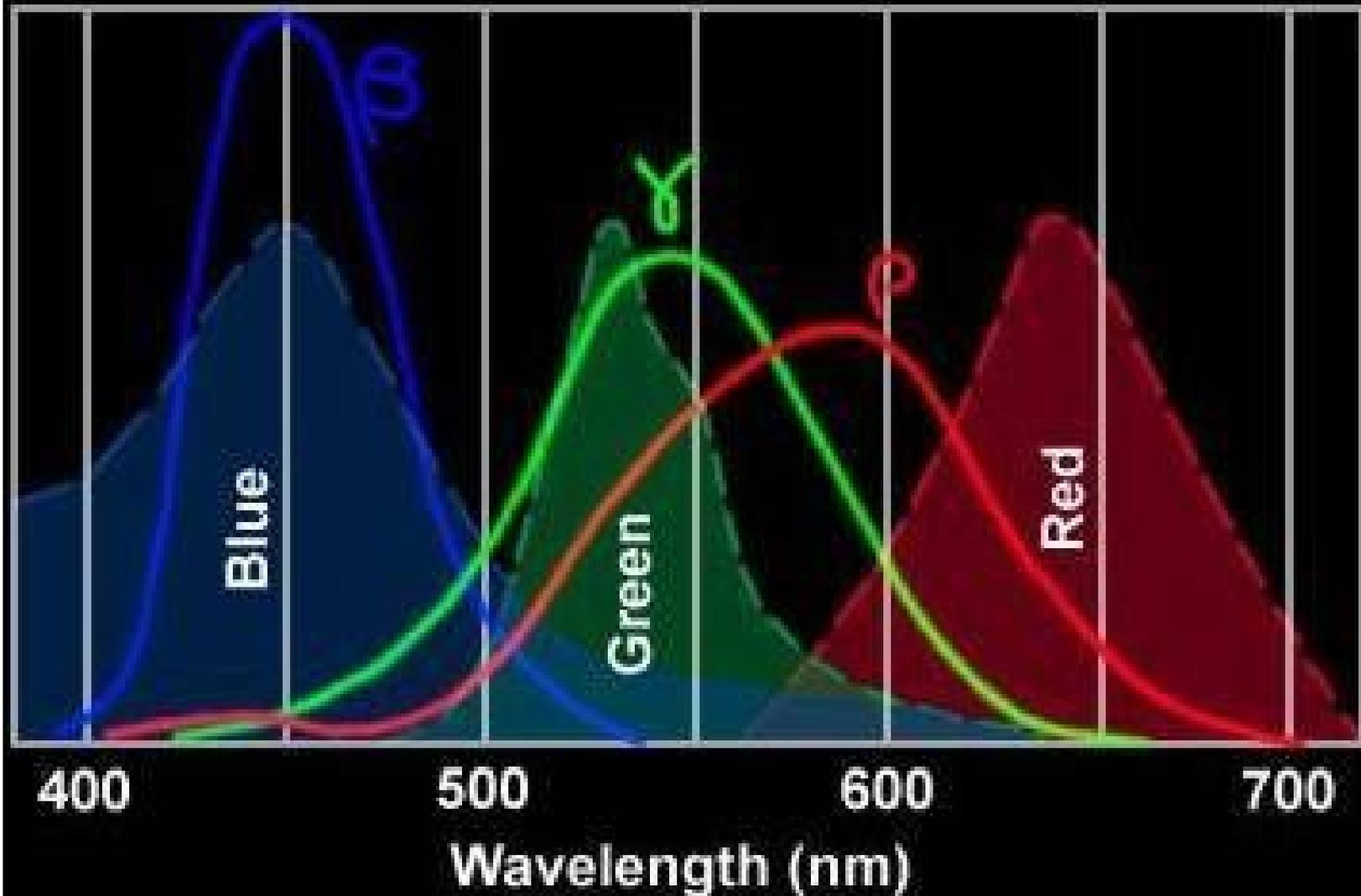
Cenni di Color Management per la stampa

La fisiologia dell'uomo, ed in particolare il fatto che nella retina abbiamo sensori di colore sintonizzati su tre bande principali (rosso, verde e blu), ha determinato un approccio alla colorimetria basato sulla tricromia.

Da una serie di studi e misure (CIE) si è arrivati a determinare un modo per identificare univocamente qualsiasi colore (visibile) attraverso coordinate colorimetriche (XYZ) correlate al concetto di tristimolo, ovvero il modo che ha l'occhio di percepire e distinguere i colori.

Cenni di Color Management per la stampa

Additive CRT Phosphors

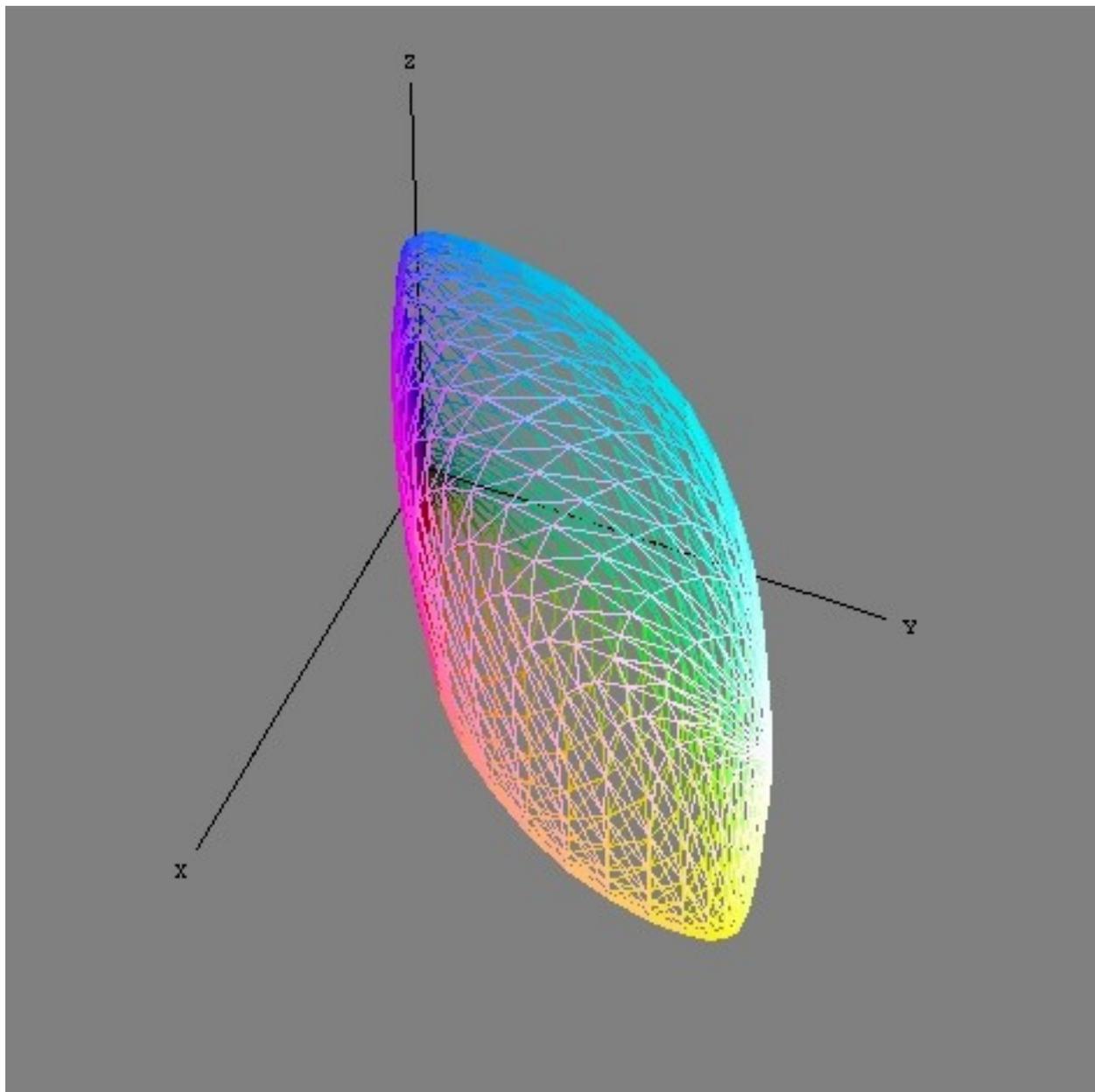


Cenni di Color Management per la stampa

Esplorando il campo di sensibilità dell'uomo ed attribuendo tre coordinate XYZ , derivate dal tristimolo, a ciascuno colore visibile, si ottiene un solido che rappresenta l'intera gamma di colori e luminosità cui noi siamo sensibili.

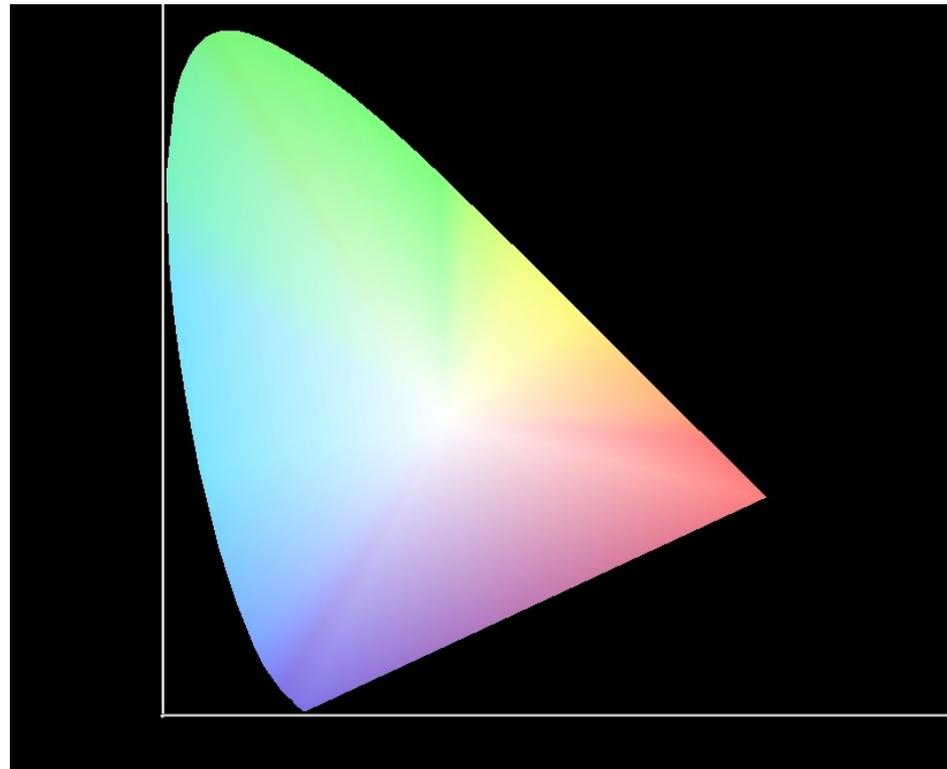
Le coordinate XYZ sono coordinate colorimetriche assolute, cioè una terna XYZ identifica in modo univoco un colore.

Cenni di Color Management per la stampa



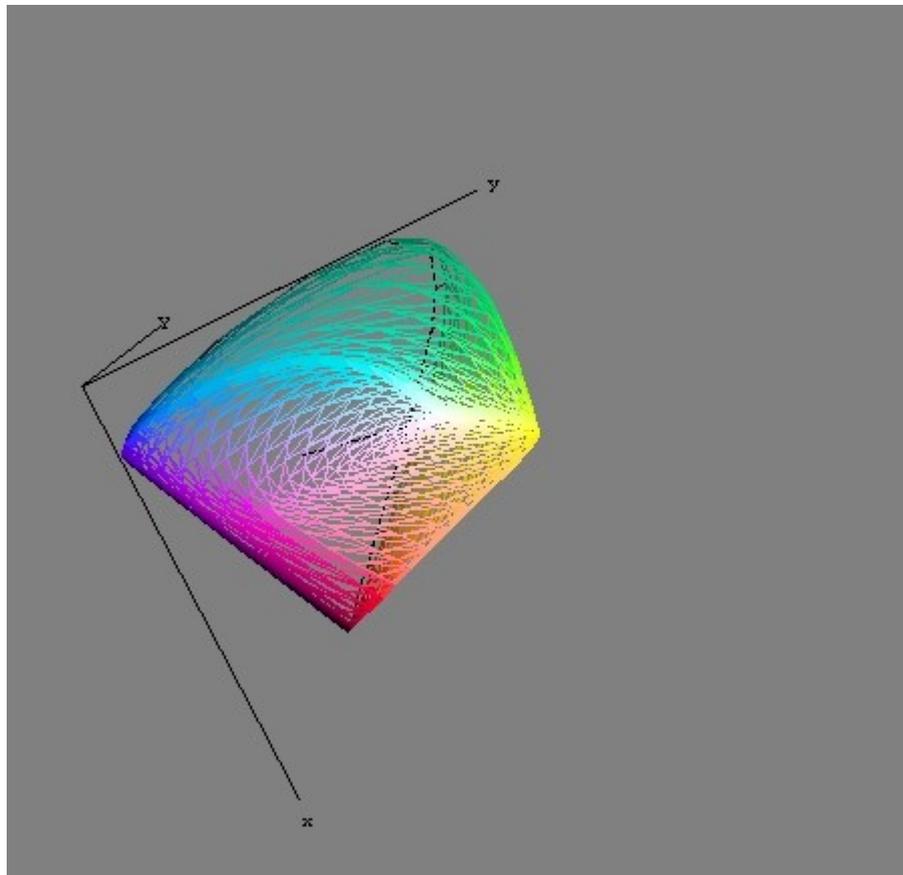
Cenni di Color Management per la stampa

Con una trasformazione numerica questo volume si può proiettare su un piano per ottenere il così detto Diagramma delle Cromaticità (per il quale la luminanza è fissata)



Cenni di Color Management per la stampa

In 3D appare così:



Cenni di Color Management per la stampa

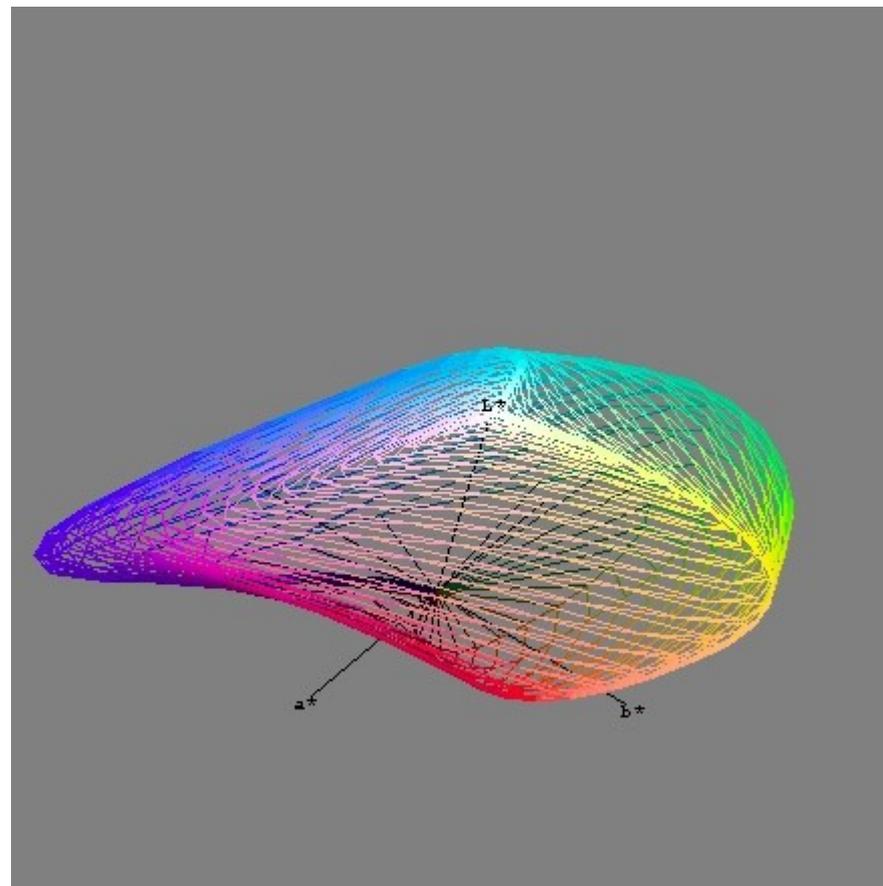
Il Diagramma delle Cromaticità gode di alcune interessanti proprietà

- Presi due punti sul diagramma e miscelando i colori corrispondenti in tutte le proporzioni possibili, si ottengono tutti i colori che giacciono lungo la linea che unisce i due punti
- Se due punti sono uniti da una linea che passa per il bianco, allora rappresentano due colori complementari
- La distanza tra due punti NON è proporzionale alla differenza di colore percepita visivamente

Quest'ultimo punto ha fatto sentire l'esigenza di uno **spazio colorimetrico percettivo**, dove la distanza tra due punti fosse proporzionale alla differenza di colore percepito

Cenni di Color Management per la stampa

Questo ci porta alla definizione dello spazio
colorimetrico **L a b**



Cenni di Color Management per la stampa

Nello spazio colorimetrico **L a b** la distanza tra due punti è proporzionale alla percezione di differenza di colore che abbiamo osservando i colori rappresentati dai due punti.

Cioè la differenza di colore percepita tra il colore [L1 a1 b1] ed [L2 a2 b2] è proporzionale a

$$dE = \sqrt{[(L1-L2)^2 + (a1-a2)^2 + (b1-b2)^2]}$$

Migliore corrispondenza tra differenza percepita e distanza numerica si ottiene con una variante di questa formula, la dE2000

Cenni di Color Management per la stampa

Gli spazi **XYZ** e **Lab** rappresentano il riferimento assoluto rispetto al quale vengono definiti tutti gli altri spazi e profili di colore

Vengono infatti anche identificati come

PCS

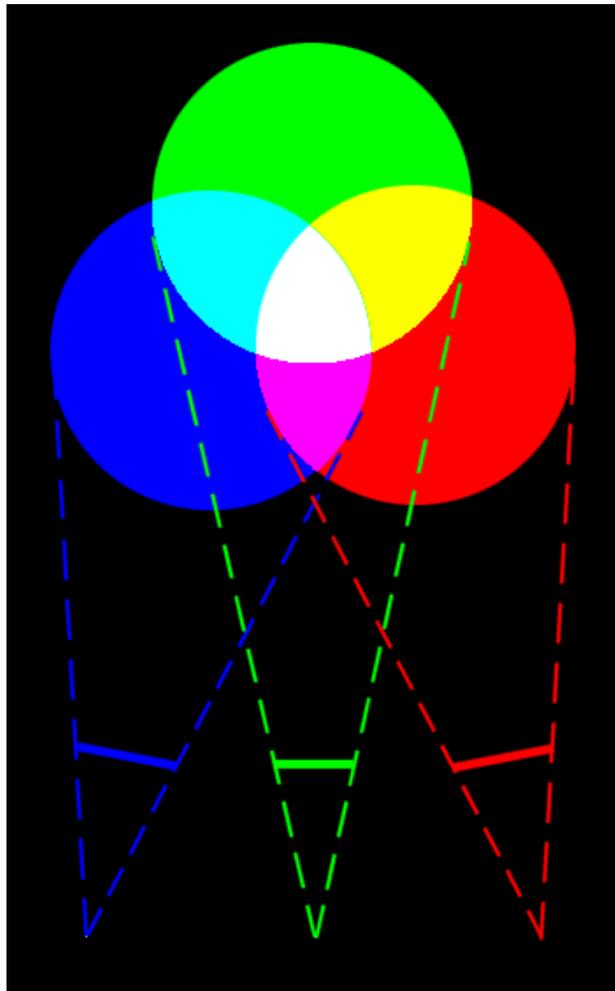
Profile Connection Space

Cenni di Color Management per la stampa

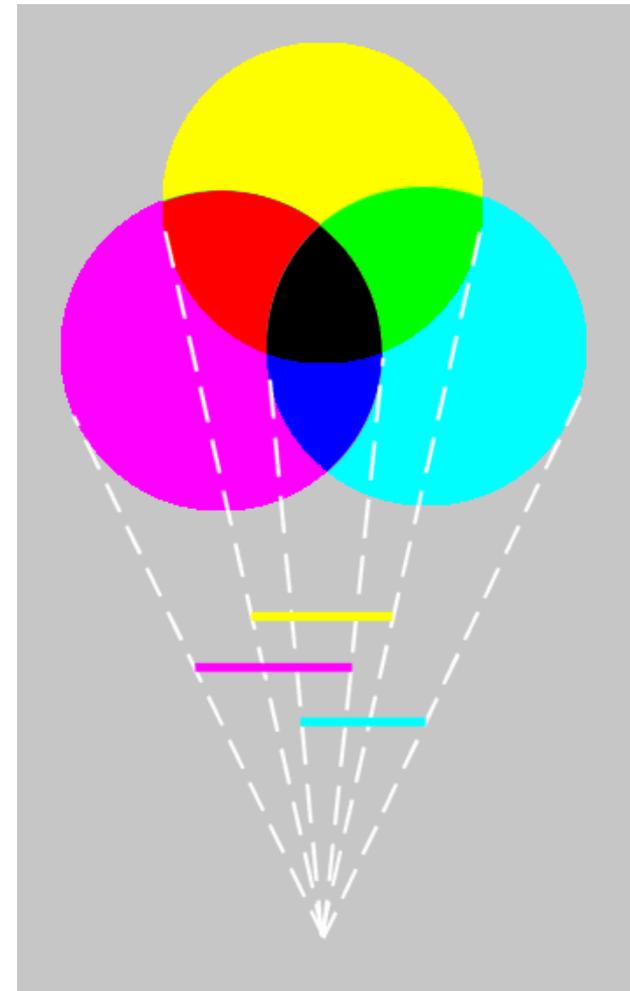
Qualsiasi dispositivo atto a generare o catturare una immagine deve rappresentare i colori attraverso i colori primari (tricromia) secondo una di due modalità

- A sintesi **additiva**: un colore viene identificato attraverso le intensità delle componenti rossa, verde e blu (RGB). Queste componenti vanno sommate. Quando sono tutte nulle si ha il nero.
- A sintesi **sottrattiva**: un colore viene identificato attraverso la densità delle componenti ciano (sottrazione del rosso), magenta (sottrazione del verde) e giallo (sottrazione del blu). Quando sono tutte nulle si ha il bianco.

Cenni di Color Management per la stampa

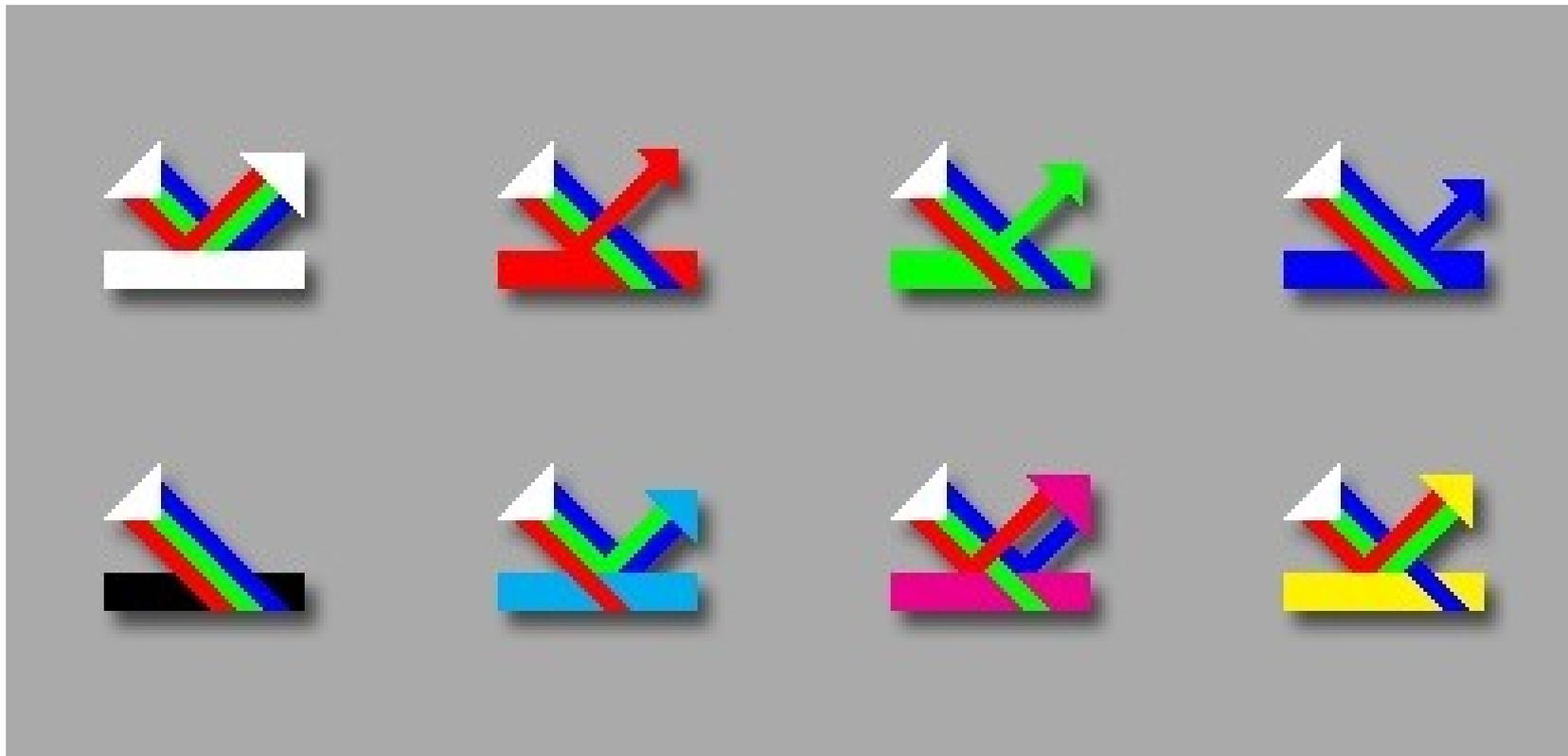


Sintesi additiva



Sintesi sottrattiva

Cenni di Color Management per la stampa



Cenni di Color Management per la stampa

Ma tutti i dispositivi fanno riferimento agli stessi colori primari?

La risposta è NO!

Il rosso primario di un monitor *è diverso* da quello di un altro monitor.
Il giallo primario di una stampante *non è* quello di un'altra stampante.

R=236 G=208 B=248 su un certo monitor vuol dire:

- $236/255 = 92,5\%$ di rosso di quel monitor
- $208/255 = 81,5\%$ di verde di quel monitor
- $248/255 = 97,2\%$ di blu di quel monitor

fino a quando non conosciamo le coordinate colorimetriche dei colori primari di un monitor, non possiamo dire quale colore assoluto sarà associato a quella terna. SERVE UN RIFERIMENTO!!!

Cenni di Color Management per la stampa

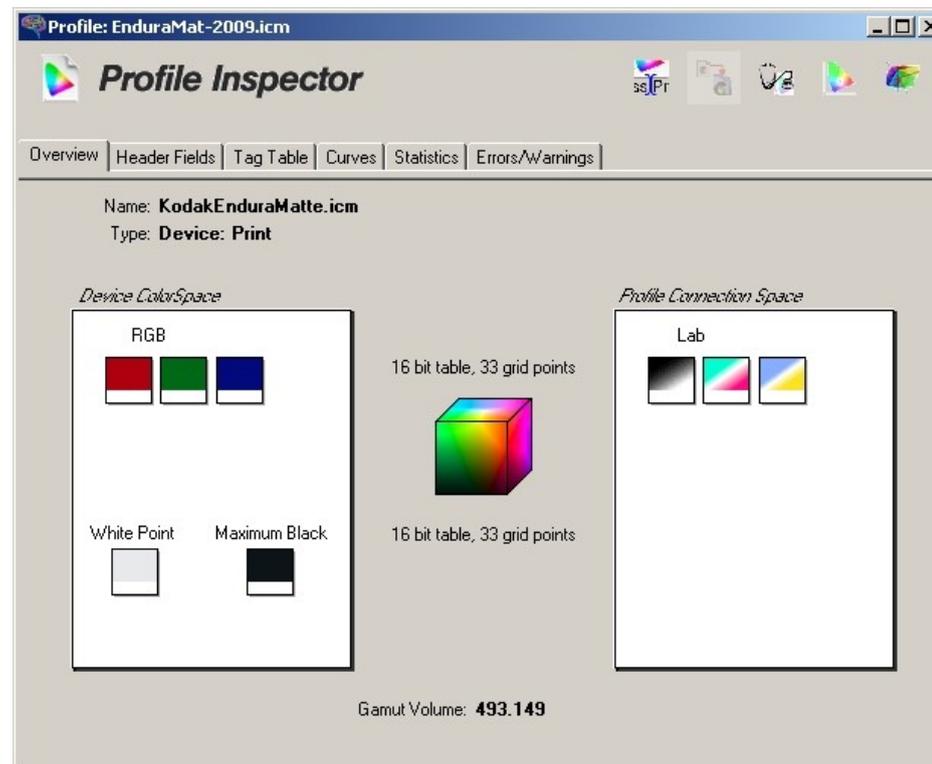
Il riferimento che ci serve si ottiene attraverso la
CARATTERIZZAZIONE
del dispositivo

La caratterizzazione crea una corrispondenza tra i valori delle terne RGB (o delle quaterne CMYK) e le coordinate colorimetriche (XYZ o Lab) del colore assoluto corrispondente

R	G	B	L	a	b
0	0	0	0	0	0
0	0	1	-	-	-
-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-
255	255	255	98	-1	2

Cenni di Color Management per la stampa

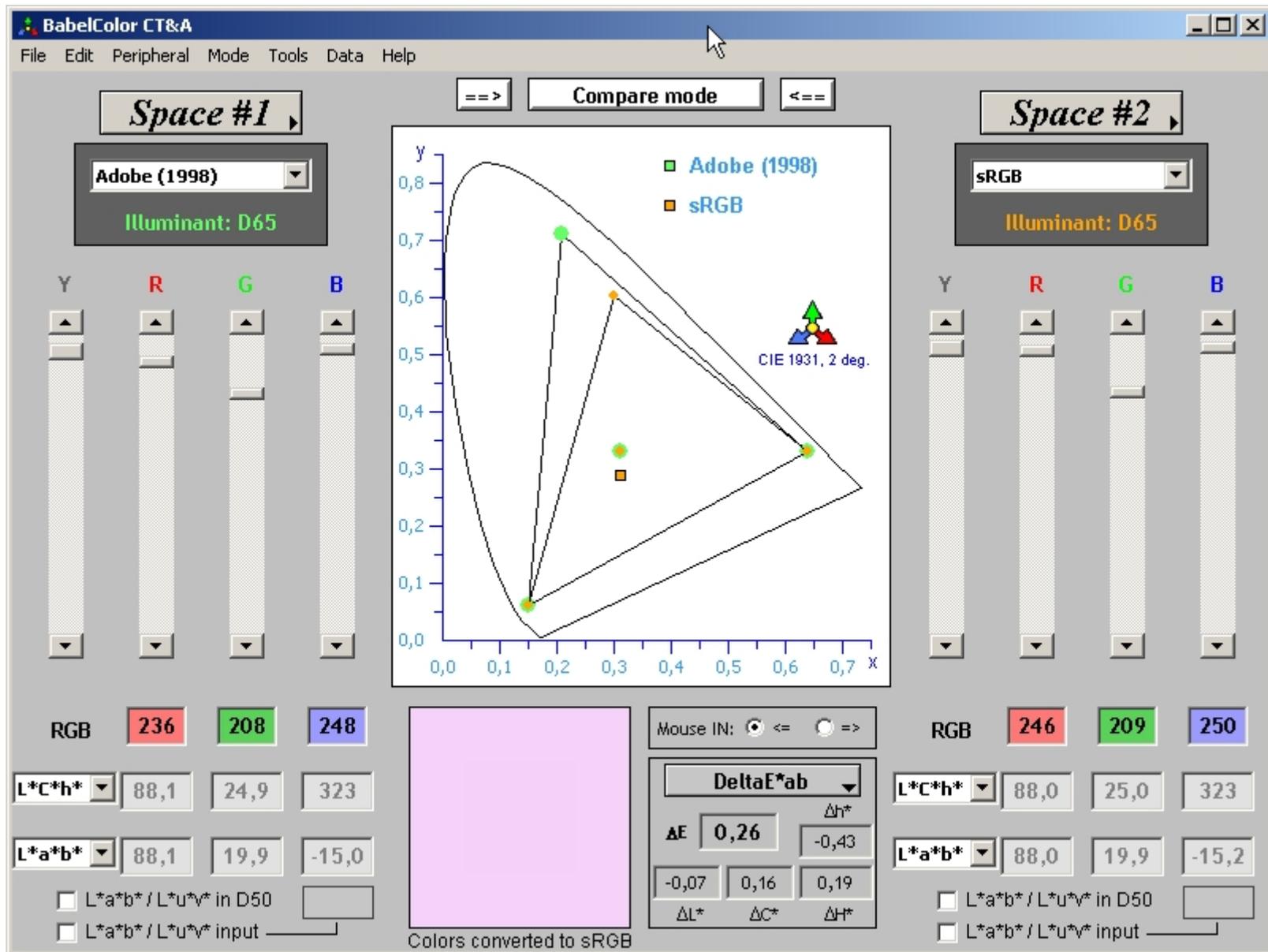
Il risultato della caratterizzazione del dispositivo è il suo così detto Profilo di Colore che viene conservato in un file di formato standard (V2 o V4) con estensione .ICC



Cenni di Color Management per la stampa

Una terna RGB può anche essere espressa rispetto ad uno Spazio di Colore (non colorimetrico), le cui caratteristiche sono, a loro volta, espresse rispetto ad uno spazio colorimetrico (XYZ o Lab)

Cenni di Color Management per la stampa



Cenni di Color Management per la stampa

Riassumendo

- Esistono
 - Modalità di colore (RGB, CMYK)
 - Coordinate di colore colorimetriche (XYZ, Lab, ovvero Spazi colorimetrici)
 - Spazi di Colore (es: sRGB, AdobeRGB)
- Ogni dispositivo deve essere caratterizzato attraverso un profilo di colore (di input o di output)
- Quando i dati relativi ad un dispositivo vengono trasferiti su un altro i valori (numeri) RGB o CMYK vanno convertiti da profilo sorgente a profilo destinazione in genere passando per un PCS
- E' necessario scegliere l'Intento di Rendering per informare il motore del Color Management su come trattare i colori sorgenti che non rientrano nel gamut di destinazione

Color Management nei sistemi di stampa

Il Color Management non è sempre sviluppato ed implementato in tutti i sistemi di stampa. Esistono:

- Sistemi senza gestione del colore
- Sistemi predisposti per un solo spazio di colore (tipicamente sRGB)
- Sistemi ibridi (profilo sconosciuto + spazio colore standard)
- Sistemi con capacità di Color Management

Color Management nei sistemi di stampa

A seconda del livello di gestione del colore presente nel sistema di stampa che si utilizzerà sarà necessario adottare una specifica strategia di stampa e di trattamento delle informazioni relative al colore, come vedremo tra breve

Color Management nei sistemi di stampa

Prima è' necessario fare due premesse:

- l'immagine che vogliamo stampare deve provenire da un sistema che abbia associato all'immagine stessa il profilo di colore del dispositivo che l'ha prodotta
 - Pellicola + scanner profilato
 - Immagine RAW + profilo di fotocamera
 - Immagine ritoccata in uno spazio di lavoro noto
- se modifichiamo “ad occhio” l'immagine dobbiamo farlo utilizzando un monitor che sia stato calibrato e caratterizzato

Solo in questo modo possiamo avere una immagine i cui numeri assumono un significato *colorimetrico* attraverso il *profilo di colore*, cioè solo così *saremo in grado, dai numeri dell'immagine*, di risalire ai *colori assoluti*

Color Management nei sistemi di stampa

E' necessario fare anche una terza premessa, questa volta riguardante il sistema di stampa:

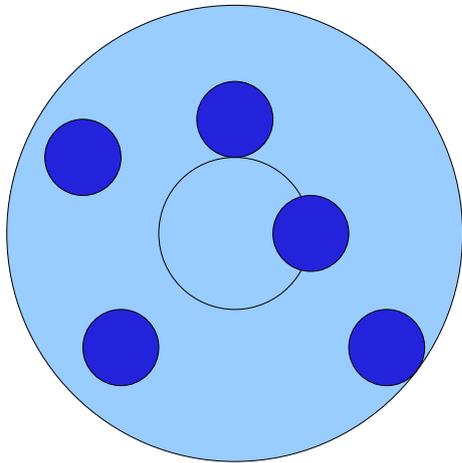
- Il sistema di stampa deve garantire una costanza di colore in risposta ad una costanza di input. In altre parole a fronte degli stessi numeri (componenti RGB oppure componenti CMYK) il sistema deve produrre sistematicamente gli stessi colori.

Questo risultato si ottiene attraverso procedure di calibrazione (*da non confondere con la caratterizzazione!*) che vanno eseguite frequentemente.

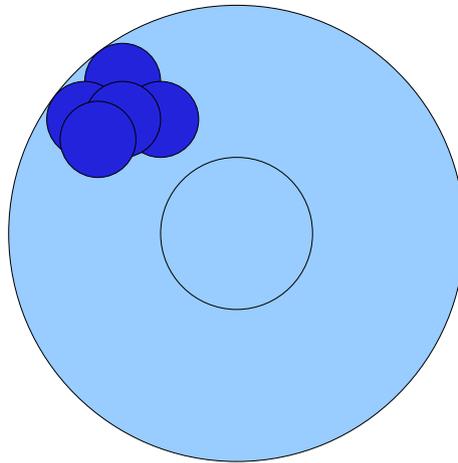
Alcuni sistemi sono dotati di un meccanismo interno di compensazione delle derive che rende ancora più stabile la risposta del sistema di stampa

Color Management nei sistemi di stampa

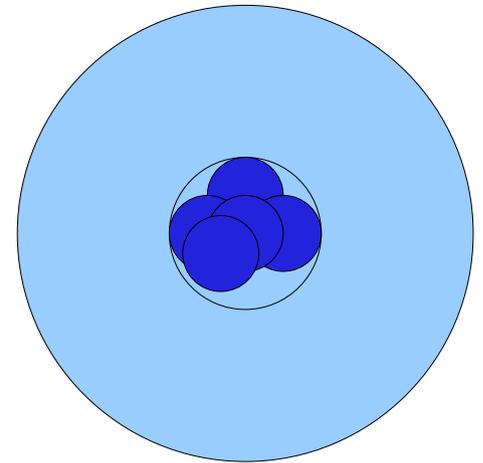
Calibrazione Vs Caratterizzazione



Né calibrato
né caratterizzato



Calibrato ma
non caratterizzato



Calibrato e
caratterizzato

Strategie di stampa

Analizziamo ora l'approccio ai quattro casi più comuni

1. Sistemi senza Color Management
2. Sistemi a profilo fisso (tipico sRGB)
3. Sistemi a doppio workflow (profilo fisso, nessun profilo)
4. Sistemi con capacità di Color Management

Sistemi senza Color Management

Questi sistemi ignorano il profilo embedded delle immagini che ricevono, ma permettono all'operatore di intervenire “a vista” sulla resa cromatica delle immagini

L'approccio in questi casi è:

- Identificare un percorso nel workflow che non alteri il contenuto dell'immagine
- Con questa impostazione stampare un target di profilatura
- Calcolare il profilo ed ottenere il file .ICC
- Utilizzare questo profilo per convertire le immagini
- Mandare in stampa le immagini convertite

Sistemi a profilo fisso

Questi sistemi sono predisposti in modo rigido ad interpretare i numeri dell'immagine come componenti RGB espresse nello spazio sRGB

In questi casi è necessario convertire le immagini al profilo sRGB ponendo attenzione al tipo di intento di rendering utilizzato, in funzione del tipo di immagine da stampare. Normalmente colorimetrico relativo o percettivo, con gestione del punto di nero, vanno bene

Altra attenzione va posta al fatto che questi sistemi spesso hanno, nel workflow, uno stadio di “ottimizzazione” o “abbellimento” del colore, che, tendendo verso immagini con colori standard, possono creare artefatti rispetto a quello che ci si aspettava.

Sistemi a doppio workflow (profilo fisso, nessun profilo)

In questi sistemi l'operatore può scegliere se mandare in stampa le immagini lungo il percorso con profilo preimpostato (tipicamente sRGB) o senza profilo/intervento sul colore. Tipico di molti minilab.

Dal manuale del Frontier Fuji:

When the images are sent to the Frontier for printing from the PIC Pro, the files can be converted to the Frontier output color space (using a color profile or Look Up Table) for that specific paper type, using a setup in the output spooler of PIC Pro. Therefore, when the image is resampled and a raw file is created in the PIC Pro software, it is also converted to the custom color space. If this feature is not utilized, then the images are sent to the Frontier printer in sRGB color space.

La cui interpretazione non è immediata...

Sistemi a doppio workflow (profilo fisso, nessun profilo)

In generale l'approccio è uguale a quello del primo o del secondo punto, con le stesse raccomandazioni.

E' necessario prestare attenzione al fatto che il profilo è specifico di una certa carta utilizzata. Per ogni carta disponibile si dovrebbe calcolare lo specifico profilo.

Questa non è una pratica seguita da moltissimi operatori, in particolare nel campo dei Minilab e delle stampe ink-jet con plotter. Spesso viene fatto il profilo per la carta di uso più comune e poi viene applicato anche ad altri tipi di carta.

Sistemi con capacità di Color Management

Una capacità di Color Management è in genere presente nei sistemi più grandi e più moderni.

In genere questi sistemi sono in grado di riconoscere diversi spazi standard di input e possono gestire diversi profili di output, in funzione del supporto utilizzato per la stampa.

Non sempre. però, acquisiscono automaticamente il profilo embedded, ed in questi casi è necessario convertire l'immagine in uno degli spazi noti al sistema. Questo non è, in linea di massima, un grande problema, soprattutto se l'immagine da stampare proviene da fotoritocco fatto in uno degli spazi standard (sRGB, AdobeRGB, ProPhoto, etc.)

Sistemi con capacità di Color Management

E' interessante invece notare che questi sistemi hanno in generale dei loro profili di uscita, diversi in funzione della carta utilizzata.

L'accesso a questi profili, inteso come la possibilità di calcolarli attraverso una procedura di profilazione, non è così chiaro ed immediato, ed in questo lavoro non è stato fatto per difficoltà legate all'accesso al sistema di stampa. Questi sono sistemi di produzione e difficilmente uno stampatore può sottrarre abbastanza tempo alla routine per fare prove esaustive.

Peraltro, una volta che il sistema garantisce costanza di risposta e costanza nel profilo d'uscita, è possibile calcolare un profilo globale, che includa anche la conversione finale che la macchina fa in funzione del supporto di stampa. Questo è quello che è stato fatto nelle nostre prove.

Strategie di stampa, lato utente

In sintesi, cosa dobbiamo fare
per veder stampate correttamente le nostre immagini?

- Partire da immagini dotate di profilo di colore.
- Se il sistema di stampa riconosce un profilo standard (es sRGB), convertire le immagini a questo profilo
- Se il sistema non prevede immagini con profilo, farsi dare (se esiste) il profilo colore del sistema e convertire le immagini a questo
- Se il sistema è ibrido (primi due casi) privilegiare la seconda opzione, che in generale offre un gamut più ampio e sfrutta a fondo le caratteristiche del sistema di stampa
- Verificare se esistono profili diversi in funzione del supporto di stampa e scegliere quello opportuno
- Se il sistema gestisce il colore, sincerarsi del tipo di intento di rendering normalmente applicato ed eventualmente chiedere quello preferito

Strategie di stampa, lato utente

Se si ha a disposizione la strumentazione necessaria è anche possibile ricalcolare i profili di colore di uno specifico laboratorio, in particolare quando si ha a che fare con quelli senza gestione del colore.

In questo modo si potrà anche, se il software di generazione dei profili lo permette, preparare più profili con “carattere” diverso, a proprio piacimento, cioè potremo prepararci un profilo per una resa dei colori più saturi o con un contrasto maggiore, ed uno con una resa dei colori più tenui. In questo modo si potrà stampare una sequenza di immagini tutte con lo stesso aspetto percettivo.

Sistemi presi in esame, strumenti e software utilizzati

Per questo lavoro sono stati utilizzati i seguenti sistemi di stampa:

- Epson Stylus Color Pro 3800, ink-jet 8 colori, RGB, grafica
- Plotter Canon ink-jet 4 colori, RGB, grafica
- Minilab Frontier Fuji serie 340, RGB, fotografica
- Canon C7000VP, laser quadricromia, RGB e CMYK, grafica
- Durst Lambda 130, RGB, fotografica

Le misure sono state effettuate con

- Spettrofotometro x-rite Eye-One Pro, senza filtro UV
- Target ottico x-rite Digital ColorChecker SG
- Software Eye-One Match 3, più target numerici RGB e CMYK
- Software BabelColor CT&A
- Software CHROMIX ColorThink Pro