



CST-RT021-part 3:2013

Annexe sur les transformations couleur

Groupe de travail CST-RT-021-MFFW

Nom	Version	Auteur	Date de publication
CST-RT021-part3:2013	1	François Helt CST-RT021-MFFW	24 mars 2014
	1.1	CST-RT021-MFFW	1 avril 2014

Table des matières

Table des matières	3
I. Introduction	4
II. Termes et définitions	4
A. Valeur de composante	4
B. Valeur de codage	4
III. Conversion directe	4
A. Formule de conversion	4
B. Calcul de la matrice de conversion	5
IV. Conversion inverse	5
A. Normalisation	5
B. Conversion dans un espace RVB	5
V. Exemples	6
A. Exemple de calcul à partir d'un élément de film négatif numérisé	6
B. Exemple de calcul à partir de données numériques (DSM)	7

I. Introduction

Ce document décrit la conversion des valeurs colorimétriques obtenues par la numérisation de films cinématographiques ou à l'issue d'une post-production en numérique vers l'espace XYZ linéaire.

Cet espace permet de garder les valeurs colorimétriques analysées dans tous les espaces trichromes possibles. Il permet également de convertir les données vers tout espace trichrome de travail présent ou futur.

Afin d'obtenir le meilleur résultat, il est important de garder toutes les informations sur les espaces trichromes de numérisation ou de calcul et sur les fonctions de transfert éventuelles appelées lois EOTF (Electro Optical Transfer Function).

Dans le cas de numérisation de films, il est souhaitable que les filtres d'analyse soient adaptés aux caractéristiques couleurs des pellicules analysées.

II. Termes et définitions

A. Valeur de composante

La valeur de composante est un nombre qui est le résultat de l'analyse linéaire de la pellicule film par l'appareil de numérisation. A partir de chaque composante (R V B) on obtient une valeur linéairement proportionnelle à l'intensité détectée à travers les filtres d'analyse du numériseur.

Dans le cas d'une post-production en numérique la valeur de composante est un nombre résultant des calculs. Si le standard suivi pour la production spécifie un gamma ou une EOTF, la valeur de composante est le résultat de la conversion dans le domaine linéaire.

Cette valeur est exprimée dans l'intervalle défini par la résolution de l'appareil de numérisation ou par la résolution dans laquelle on donne le résultat des calculs en numérique. Par exemple, pour 14 bits, elle est comprise dans l'intervalle [0 ; 16385], et pour 16 bits elle est comprise dans l'intervalle [0 ; 65535].

B. Valeur de codage

La valeur de codage est un nombre compris dans l'intervalle [0 ; 65535].

III. Conversion directe

A. Formule de conversion

Chaque valeur de composante est normalisée dans l'intervalle [0 ; 1]. Si les valeurs ont été obtenues dans une résolution de N bits

$$L_R = \frac{R}{(2^N - 1)}$$

$$L_V = \frac{V}{(2^N - 1)}$$

$$L_B = \frac{B}{(2^N - 1)}$$

L_R , L_V et L_B sont les valeurs dans l'intervalle [0 ; 1]

R , V et B sont les valeurs entières mesurées par le numériseur

On obtient ensuite des valeurs X , Y et Z dans l'intervalle [0 ; 1] en appliquant la matrice de conversion

$$\begin{bmatrix} L_X \\ L_Y \\ L_Z \end{bmatrix} = |M| \times \begin{bmatrix} L_R \\ L_V \\ L_B \end{bmatrix}$$

L_X , L_Y et L_Z sont les valeurs obtenues dans l'intervalle [0 ; 1]

$|M|$ est une matrice à 3 lignes 3 colonnes.

Les valeurs de codage sont obtenues en multipliant par 65535 et en arrondissant :

$$X = INT[65535 * V_X]$$

$$Y = INT[65535 * V_Y]$$

$$Z = INT[65535 * V_Z]$$

B. Calcul de la matrice de conversion

La matrice de conversion $|M|$ se calcule à partir des coordonnées colorimétriques (x, y) (espace Yxy CIE 1931) des trois primaires et du blanc de référence de l'appareil de numérisation.

Dans le cas de films produits en numérique les coordonnées colorimétriques sont définies dans le standard suivi pour la production.

La méthode de calcul est décrite dans la section 3.3 du document SMPTE Recommended Practice RP 177-1993 "Derivation of Basic Television Color Equations".

IV. Conversion inverse

Afin d'étalonner les contenus pour une exploitation dans un canal de distribution donné les données XYZ seront converties vers des primaires RVB.

A. Normalisation

On normalise les valeurs XYZ dans l'intervalle [0 ; 1]

$$L_X = \frac{X}{65535}$$

$$L_Y = \frac{Y}{65535}$$

$$L_Z = \frac{Z}{65535}$$

B. Conversion dans un espace RVB

On utilise en suite une matrice de conversion adaptée aux composantes RVB avec lesquelles le travail d'étalonnage sera effectué.

V. Exemples

A. Exemple de calcul à partir d'un élément de film négatif numérisé.

On suppose ici que l'illuminant du scanner est conforme à la spécification « status M » de l'ISO 5-3 :2009 pour la mesure des densités de matériaux photographiques négatifs.

Un calcul d'après les données spectrales de cet illuminant donne les coordonnées colorimétriques du blanc de référence $x = 0,4231$ et $y = 0,4172$.

On suppose également que les filtres d'analyse de la négative sont conformes à la recommandation SMPTE RP180 « Conditions spectrales définissant les densités de tirage pour les négatives et les films intermédiaires ». Les coordonnées colorimétriques des filtres sont calculées d'après les données spectrales de ces filtres définies dans la recommandation RP180 :

	x	y
Rouge	0,7248	0,2752
Vert	0,2013	0,7567
Bleu	0,1613	0,0144

Le calcul de la matrice de conversion est obtenu d'après la recommandation SMPTE RP 177 :

On calcule d'abord les valeurs de z ($z = 1 - x - y$) ce qui donne la matrice des primaires $|P|$ suivante :

	Rouge	Vert	Bleu
x	0,7248	0,2013	0,1613
y	0,2752	0,7567	0,0144
z	0	0,042	0,8243

On calcule l'inverse de cette matrice, ce qui donne la nouvelle matrice $|P_{inv}|$:

1,527857845	-0,390230255	-0,292155956
-0,556197395	1,46486872	0,083247034
0,028339549	-0,074638464	1,208908922

On calcule le vecteur résultant de la multiplication de cette matrice par le vecteur blanc normalisé $|B_n|$ obtenu comme suit :

x blanc / y blanc	1,014141898
y blanc / y blanc = 1	1
z blanc / y blanc	0,382790029

Le produit $|P_{inv}| * |B_n|$, de la matrice primaires inverse par le vecteur blanc normalisé donne un nouveau vecteur à partir duquel on construit la matrice diagonale suivante $|M_{diag}|$:

1,047400014	0	0
0	0,932671772	0
0	0	0,416860141

La matrice finale qui permet la conversion des valeurs RVB vers les valeurs XYZ est le résultat du produit de la matrice des primaires par cette matrice diagonale $|P| * |Mdiag|$.

Ceci donne la matrice de conversion :

0,7591555298	0,1877468278	0,0672395408
0,2882444837	0,7057527302	0,0060027860
0,0000000000	0,0391722144	0,3436178143

B. Exemple de calcul à partir de données numériques (DSM)

On suppose que l'étalonnage de sources numériques a été fait en utilisant le projecteur de référence de cinéma numérique.

Le blanc de référence est défini dans le document SMPTE 431-1 :

$x = 0,314$, $y = 0,351$

Les primaires sont définies dans le document SMPTE 431-2 :

	x	y
Rouge	0,68	0,32
Vert	0,265	0,69
Bleu	0,15	0,06

On suppose également que les données sont exprimées en 16 bits linéaires.

Calcul de la matrice de conversion d'après RP 177 :

0,4451698156	0,2771344092	0,1722826698
0,2094916779	0,7215952542	0,0689130679
0,0000000000	0,0470605601	0,9073553944