

QUELQUES REMARQUES SUR LES MODÈLES RVB, TSL ET TSV

Ce texte se propose de comparer et de commenter les modèles RVB, TSL et TSV, qui servent à représenter les couleurs par trois nombres.

1. Modèle RGB (Red, Green, Blue)

On garde ici la terminologie anglaise (RGB au lieu de RVB), pour éviter tout conflit entre le V de Vert et le V de Valeur qui servira dans le modèle TSV.

Dans ce modèle, une couleur est représentée par un triplet de nombres (R, G, B) . On prendra $R, G, B \in [0, 1]$ pour simplifier les formules. Pour obtenir les valeurs utilisées dans la plupart des logiciels, multiplier par 255 pour obtenir des valeurs comprises entre 0 et 255 (soit $256 = 2^8$ valeurs différentes possibles par canal de couleur).

Les quantités suivantes seront utilisées :

$$M := \max(R, G, B) \quad \text{et} \quad m := \min(R, G, B)$$

On représente ce modèle spatialement par un cube. Les sommets du cube sont :

- le blanc et le noir, diamétralement opposés, représentés respectivement par les points $(1, 1, 1)$ et $(0, 0, 0)$;
- les rouge, vert et bleu purs, situés sur les axes de coordonnées, et représentés respectivement par $(1, 0, 0)$, $(0, 1, 0)$ et $(0, 0, 1)$;
- les jaune, cyan et magenta purs, correspondant à des mélanges de deux des couleurs précédentes :
 - jaune = rouge + vert, représenté par $(1, 1, 0)$;
 - cyan = vert + bleu représenté par $(0, 1, 1)$;
 - magenta = rouge + bleu, représenté par $(1, 0, 1)$.

On remarque un hexagone (spatial) sur le cube : celui formé en suivant les arêtes du cube sans passer par blanc et noir, donc en suivant le chemin Rouge-Jaune-Vert-Cyan-Bleu-Magenta-Rouge. C'est la "roue des couleurs".

2. Remarques sur Teinte, Saturation, Luminosité, Valeur

Il s'agit de quantités utilisées dans différents modèles, en particulier les modèles TSL et TSV qui nous intéressent ici.

2.1. **Teinte.** La teinte T est un *angle* $\theta \in [0, 360]$ exprimé en degrés. Il représente la "couleur" de la couleur (!) et correspond à un point sur la roue des couleurs.

On s'attend évidemment à ce que les gris n'aient pas de teinte bien définie... Par conséquent, la Teinte ne sera pas définie sur l'axe des gris.

La formule de conversion $(R, G, B) \mapsto T$ diffère suivant les sources. Il s'agit essentiellement, comme on l'a vu, de paramétrer par un angle l'hexagone de la roue des couleurs du cube, et plusieurs paramétrages sont possibles. Par exemple (formule en degrés) :

$$\begin{cases} T = 60 \frac{G - B}{M - m} & \text{si } M = R \\ T = 120 + 60 \frac{B - R}{M - m} & \text{si } M = G \\ T = 240 + 60 \frac{R - G}{M - m} & \text{si } M = B \end{cases}$$

Ou encore (formule en radians) :

$$\begin{cases} T = \arccos \sqrt{\frac{R - G/2 - B/2}{R^2 + G^2 + B^2 - RG - RB - GB}} & \text{si } B > G \\ T = 2\pi - \arccos \sqrt{\frac{R - G/2 - B/2}{R^2 + G^2 + B^2 - RG - RB - GB}} & \text{sinon} \end{cases}$$

D'autres paramétrisations sont utilisées (par exemple, le logiciel Gimp utilise une autre formule que les deux précédentes).

On peut cependant affirmer ceci de toutes les formules de conversion utilisées :

— la Teinte n'est pas définie sur la diagonale des gris du cube, c'est à dire sur les triplets (R, G, B) pour lesquels $R = G = B$ (un gris n'a pas de "couleur") ;

— si on prend un demi-plan de l'espace qui s'appuie sur cette diagonale des gris et qu'on l'intersecte avec le cube (plein), on obtient un triangle (plein) qui est **iso-teinte**, et tous les triangles ainsi construits sont de teintes différentes.

— on envoie bijectivement (et même homéomorphiquement pour les mathématiciens) l'hexagone tracé sur le cube (voir plus haut) sur le cercle unité, et Rouge va (en radians) sur 0, Jaune sur $\pi/3$, Vert sur $2\pi/3$, Cyan sur π , Bleu sur $4\pi/3$, Magenta sur $5\pi/3$.

2.2. Saturation. La saturation S est une quantité qui exprime le "contraste de couleur" d'une couleur. Elle est comprise entre 0 (désaturation totale) et 1 (saturation totale), ou bien entre 0 et 100 en multipliant par 100 (et on la voit alors comme un pourcentage de saturation). Même si la formule $(R, G, B) \mapsto S$ est différente selon les modèles, il faut penser à S comme à une *mesure radiale*. Les gris—et eux seuls—seront les couleurs totalement désaturées. Ce sont les couleurs pour lesquelles les trois composantes RGB sont identiques. On peut donc s'attendre à ce que la Saturation d'une couleur prenne en compte la différence entre ses composantes RGB, et c'est bien le cas dans les formules — mais cela peut se faire de façons différentes (voir plus bas).

2.3. Luminosité, Valeur, etc... Cette quantité exprime la "clarté" des couleurs. Elle dépend explicitement des modèles en ce sens que son nom change suivant le modèle (alors que la saturation, elle, a toujours le même nom même si sa formule diffère). Elle est comprise entre 0 et 1, ou bien entre 0 et 100 en multipliant par 100. En pratique, cette grandeur s'obtient en faisant une "moyenne" des composantes RGB d'une couleur.

3. Modèle TSV (Teinte, Saturation, Valeur)

En anglais, on parle du modèle HSV (Hue, Saturation, Value).

Formules. Un consensus semble se dégager autour de la Valeur :

$$V := M = \max(R, G, B)$$

qui ne prend donc en compte que la plus grande des composantes R, G, B .

Pour la saturation, deux variantes sont possibles :

$$S := \frac{M - m}{M} \quad (\text{modèle cylindrique})$$

ou

$$S := M - m \quad (\text{modèle conique})$$

Commentaires.

- (1) Dans le modèle cylindrique, on se représente un cylindre vertical basé sur un disque ou un hexagone. La Valeur est la composante verticale (0 en bas, 1 en haut), la Teinte est la composante angulaire, et la Saturation est la composante radiale. L'axe du cylindre est l'axe des gris.
- (2) Le modèle conique s'obtient à partir du modèle cylindrique en identifiant tous les points de Valeur nulle à un seul point (le sommet du cône, situé en bas).

- (3) La Valeur est maximale ($V = 1$) sur les trois faces du cube qui contiennent le blanc pur. Elle est minimale ($V = 0$) sur le noir pur uniquement.
- (4) La “roue des couleurs” se situe sur le bord du disque supérieur. Il s’agit exactement des couleurs totalement saturées de valeur maximale.
- (5) Les couleurs totalement saturées sont celles dont une des composantes RGB est nulle.

4. Modèle TSL (Teinte, Saturation, Luminosité)

En anglais : HSL (L = Luminosity).

On prend :

$$L = \frac{M + m}{2} \in [0, 1]$$

et

$$\begin{cases} S := (M - m)/2L & \text{si } L \leq 1/2 \\ S := (M - m)/(2 - 2L) & \text{sinon} \end{cases}$$

Commentaires.

- (1) Ici la représentation géométrique prend la forme d’un *double cône* (deux cônes identiques recollés le long des disques), posé verticalement sur un de ses sommets. La Teinte est encore la coordonnée angulaire, la Saturation est la coordonnée radiale, et la Luminosité est la coordonnée verticale.

On peut aussi le voir comme un cylindre vertical, comme dans le modèle précédent. La face inférieure du cylindre est un disque composé de noir pur, et la face supérieure est un disque de blanc pur (à la différence du modèle précédent).

A nouveau, l’axe du cylindre/du cône est l’axe des gris.

- (2) Ce modèle présente des différences par rapport au modèle TSV, qui le rend plus intuitif à utiliser :
 - (a) Ce modèle est plus symétrique que le précédent. Le noir pur se trouve au sommet inférieur du double cône ; c’est l’unique point de Luminosité minimale ($L = 0$). Le blanc pur au sommet supérieur ; c’est l’unique point de Luminosité maximale ($L = 1$), ce qui est déjà une différence par rapport au modèle TSV.
 - (b) A Teinte et Luminosité fixées, si on fait varier la Saturation on passe d’une couleur totalement saturée au gris pur de même Luminosité. C’est un avantage, pour l’utilisation pratique intuitive du modèle, par rapport au modèle précédent : dans TSV, à Luminosité maximale, on passait de couleurs totalement saturées au blanc pur.
 - (c) Pour une Teinte et une Saturation fixée, la Luminosité fait passer du noir pur ($L = 0$) au blanc pur ($L = 1$) en passant par toute la gamme de couleurs correspondante. En revanche, dans le modèle TSV on passait du noir pur à une couleur qui n’était pas du blanc.
- (3) La “roue des couleurs” (l’hexagone du cube dans le modèle RGB, le bord du disque supérieur du cône dans le modèle TSV) est ici au milieu du cône, c’est le bord des disques selon lesquels les deux cônes sont recollés. La Luminosité y est $L = 1/2$.

5. Remarques sur les nuanciers de Maryse

A. Nuancier TLS. Maryse choisit d’abord une Teinte, le rouge : $T = 0$. Elle fait ensuite varier S et L . On découpe donc le double cône suivant un demi-plan vertical passant par l’axe : on obtient un triangle (deux triangles rectangles identiques recollés). Pour retrouver ce triangle à partir du carré de Maryse : identifier à 1 point le bord inférieur du carré (tout noir) et à 1 autre point le bord supérieur (tout blanc).

On remarque bien, sur le carré de Maryse, que la variation suivant la saturation est la plus grande sur la ligne du milieu ($L = 50\%$), plus légère sur les lignes du dessus ($L = 75\%$) et du dessous ($L = 25\%$), et nulle aux extrémités comme on l’a déjà dit. C’est cohérent avec cette projection du

carré sur le triangle. Le carré de Maryse correspondrait plutôt à la représentation cylindrique de ce modèle.

B. Nuancier RGB, Comparaison nuanciers TLS et RVB. Maryse part de $(R, G, B) = (1, 0, 0)$. Dans le modèle TLS, ce point a une saturation totale $S = 1$, mais une luminosité $L = 1/2$. Si on diminue la composante R , on va garder une Teinte et une Saturation identiques en diminuant la Luminosité jusqu'au noir pur. C'est ce qu'on observe sur le dessin de Maryse. Dans la représentation cylindrique de ce modèle TSL : on part du bord du cylindre, à mi-hauteur, et on *descend* verticalement jusqu'au noir pur en baissant la luminosité.

Le modèle RGB ne choisit pas d'éviter l'éblouissement... Si on veut aller vers le blanc pur en gardant les mêmes Teinte et Saturation, on doit simplement ajouter du gris (de plus en plus "blanc") à notre couleur initiale, en commençant par ajouter du noir pur... Autrement dit : on va de $(R, G, B) = (1, 0, 0)$ au blanc pur $(1, 1, 1)$ en passant par $(1, t, t)$ avec $0 \leq t \leq 1$. On vérifie bien que :

$$L(1, t, t) = (M + m)/2 = (1 + t)/2$$

va de $1/2$ à 1 , et que :

$$S(1, t, t) = (M - m)/(2 - 2L) = (1 - t)/(1 - t) = 1$$

est constante.