

Égalisation d'histogramme suivant plusieurs représentations numériques de couleurs

TP01 – Groupe TIM-04

Elie Carrot Abdou Gueye Mamadou Sy Pierre-Antoine Vedrenne

19 février 2025

Résumé

Ce projet pratique étudie l'égalisation d'histogramme des images en couleur, en examinant son effet sur trois espaces colorimétriques : RGB, HSV et YCbCr. L'objectif est d'améliorer le contraste des images en redistribuant leurs niveaux d'intensité tout en évaluant les différences de rendu en fonction de l'espace utilisée. Dans le modèle RGB, l'égalisation est appliquée à chaque canal, ce qui peut altérer la perception des couleurs en raison des ajustements distincts appliqués à chaque composante. Le modèle YCbCr propose une alternative plus stable en appliquant l'égalisation uniquement sur la composante Y, qui représente la luminance de l'image. Enfin, dans l'espace HSV, l'égalisation est effectuée sur la composante V (Valeur), qui correspond à la luminosité. Cette approche permet d'augmenter le contraste sans modifier les teintes et la saturation, préservant mieux les couleurs d'origine.

Les résultats montrent que l'égalisation d'histogramme améliore efficacement le contraste, mais avec des effets variables selon l'espace colorimétrique choisi. Donc cette étude met ainsi en évidence l'importance du choix de l'espace colorimétrique pour optimiser la qualité visuelle des images tout en minimisant les distorsions.

1 Introduction

L'objectif de ce travail est d'étudier l'effet visuel de l'étalement d'histogrammes sur des images en couleurs. Nous étudierons le modèle RGB (ou RVB) et HSV (ou TSL) qui sont les deux modèles les plus utilisés notamment dans les logiciels tels que GIMP, Paint, etc. Nous étudierons aussi le modèle YCbCr qui est utilisé pour la vidéo (RGB et YCbCr sont supportés par H.264[2]) ou la compression d'image JPEG[3].

L'étalement linéaire d'histogramme consiste à appliquer une transformation linéaire sur chaque pixel pour que l'image couvre au mieux l'ensemble des couleurs possibles pour le modèle considéré.

Nous étudierons les hypothèses suivantes : (1) l'étalement d'histogramme sur des images faiblement contrastées augmente le contraste quelque soit le modèle de couleur sur lequel il est appliqué ; (2) l'étalement d'histogramme sur les images HSV donne le résultat dont les teintes sont les plus proches de l'image de départ que l'étalement sur les modèles RGB et YCbCr.

2 Matériel et Méthodes

Pour ce travail, nous supposons que l'étalement linéaire améliore le contraste et la luminosité des images faiblement contrasté. En effet, l'œil humain a du mal à faire la distinction entre des nuances de couleurs proches[1]. Nous supposons également que les teintes seront mieux conservées avec l'étalement d'histogramme du modèle HSV sur le canal V qu'avec les autres modèles. En effet, le canal Hue (pour teinte) ne sera pas modifié ni son intensité (saturation).

Pour tester ces hypothèses par la pratique nous utiliserons une implémentation python sur des images où les pixels sont codés sur 24 bits, c'est-à-dire un octet par canal, ce format étant le plus répandu[4]. Nous suivront la méthodologie qui suit sous forme de protocole.

1. Implémenter une méthode permettant de construire un histogramme à partir d'un tableau de valeur. Pour cela, s'aider des modules `numpy` et `matplotlib`.
2. Définir une fonction linéaire d'étalement φ qui d'une image I vérifie

$$\forall x, \forall y, \varphi(I, v_{\min}, v_{\max})[x, y] = \min \left(\max \left(\frac{255 \times I[x, y]}{v_{\max} - v_{\min}}, 0 \right), 255 \right).$$

Par la suite, si v_{\min} et v_{\max} ne sont pas indiquées c'est qu'il valent respectivement $\min_{x,y} I[x][y]$ et $\max_{x,y} I[x][y]$. On appellera (v_{\min}, v_{\max}) , le paramètre de l'étalement.

3. S'aider de la fonction `imread` pour lire une image encodée dans le modèle RGB en prenant garde que l'image soit bien codé par valeur entière entre 0 et 255. Appliquer ensuite la fonction φ sur tous les canaux de I . Afficher le résultat avec `imshow`.
4. Transformer l'image lue en RGB en image YCbCr. Pour cela, appliquer les deux formules suivantes données par l'ITU[3] :

$$\begin{bmatrix} Y \\ Cb \\ Cr \end{bmatrix} = \min \left(\max \left(\begin{bmatrix} 0.299 & 0.587 & 0.114 \\ -0.1687 & -0.3313 & 0.5 \\ 0.5 & -0.4187 & -0.0813 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 \\ 128 \\ 128 \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} \right), \begin{bmatrix} 255 \\ 255 \\ 255 \end{bmatrix} \right)$$

$$\begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix} = \min \left(\max \left(\begin{bmatrix} 1 & 0 & 1.402 \\ 1 & -0.3441 & -0.7141 \\ 1 & 1.772 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} Y \\ Cb - 128 \\ Cr - 128 \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} \right), \begin{bmatrix} 255 \\ 255 \\ 255 \end{bmatrix} \right)$$

Appliquer ensuite la fonction φ sur le canal Y qui correspond à la luminance de l'image[1, 4]. On retransforme l'image obtenue du modèle YCbCr au modèle RGB et on affiche le résultat.

5. Enfin, transformer l'image RGB en image HSV en utilisant la fonction `colorsys.rgb_to_hsv`. Appliquer φ sur le canal V. Retransformer en image RGB en utilisant la fonction `colorsys.hsv_to_rgb` et afficher le résultat.

La validation ou l'infirmité des hypothèses se fera, d'une part, d'une manière qualitative sur une analyse visuelle des images et, d'autre part, plus quantitativement par l'évaluation des histogrammes.

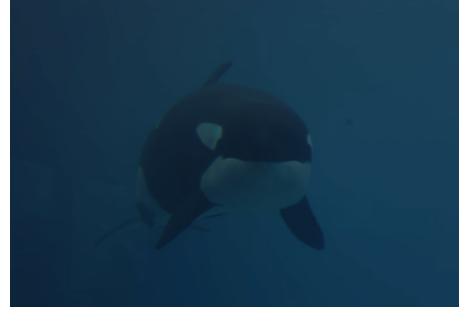
3 Expérimentations

3.1 Mise en place

La figure 1 montre les deux images en entrée que nous avons utilisé. La première représente un paysage d'été à forte dominance de verts (résineux et champ) et de quelques touches de couleurs comme les fleurs jaunes ou les toits des maisons. La seconde image représente une orque en milieu sous-marin, ayant ici une teinte bleue. Cette image (Crédits : One Voice) a été artificiellement assombrie.



(a) Forêt, village et champ fleuri



(b) Image sous marine d'une orque (crédit : One Voice)

FIGURE 1 – Images en entrées, faiblement contrasté et sombre

3.2 Résultats

3.2.1 Histogrammes de l'image 1a

Les figures 2, 3 et 4 montrent les histogrammes des trois canaux des trois modèles RGB, YCbCr et HSV pour l'image 1a.

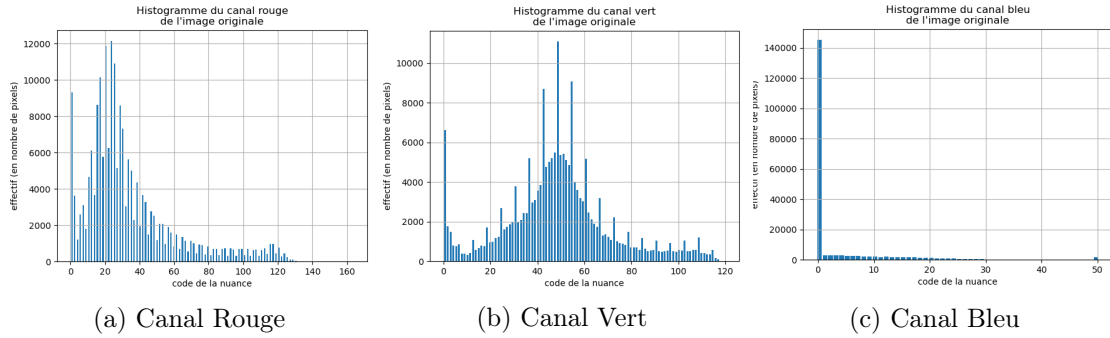


FIGURE 2 – Histogramme de l'image 1a dans le modèle RGB

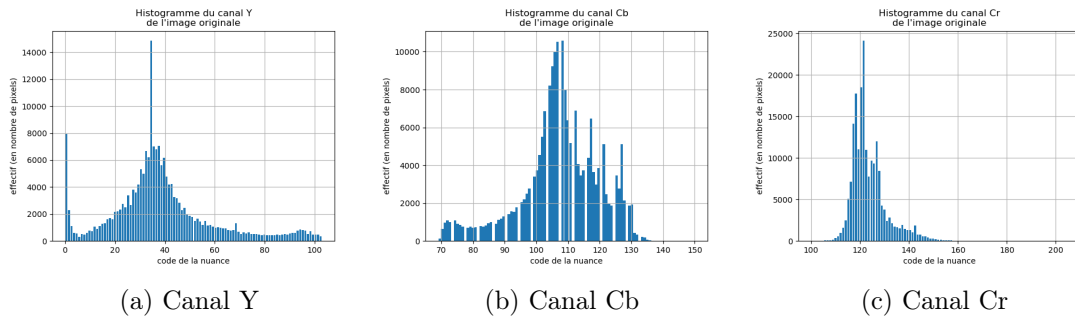


FIGURE 3 – Histogramme de l'image 1a dans le modèle YCbCr

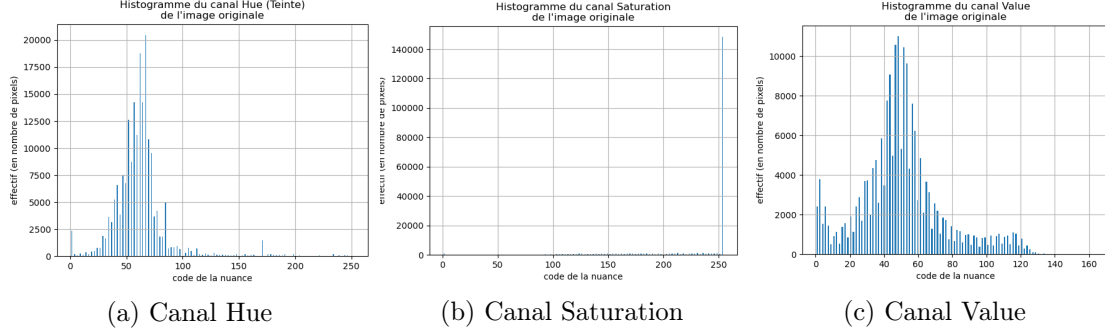


FIGURE 4 – Histogramme de l'image 1a dans le modèle HSV

3.2.2 Histogrammes obtenus après étalement

La figure 5a montre l'histogramme après étalement du canal R (modèle RGB). La figure 5b montre l'histogramme après étalement du canal Y (modèle YCbCr). La figure 5c montre l'histogramme après étalement du canal V (modèle HSV) où le paramètre d'étalement est ($v_{\min} = 0, v_{\max} = 130$).

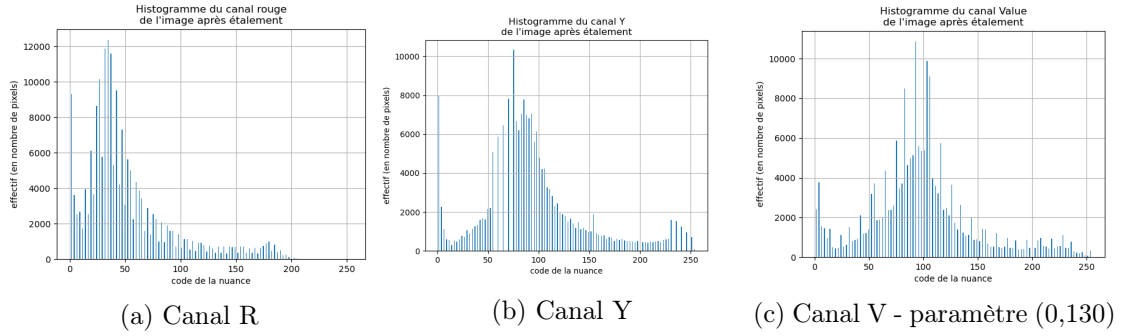


FIGURE 5 – Histogramme de l'image 1a dans le modèle HSV

3.2.3 Images obtenues après étalement

La figure 6 montre les images obtenues après étalement d'histogramme.

Pour les images 6a, 6c et 7a tous les canaux ont été étalés. Pour les images 6b, 6d, 7c, 7b et 7d, seul le canal Y ou respectivement V a été étalé.

3.3 Interprétation / Discussion

3.3.1 Cohérence des histogrammes avant étalement

Les histogrammes de l'image d'origine (figures 2 et 3) montrent une distribution de pixels très concentrée dans certaines zones de l'intensité lumineuse ou certains canaux, ce qui confirme que les images sont faiblement contrastées.

De plus, l'image 1a a une très faible composante bleu qui se traduit par une majorité de pixels proche de 0 sur le canal B et une absence de pixels de teinte proche de 170 sur le canal Hue (170 correspondant au bleu [4]). L'histogramme 4b montre aussi que l'image est très saturée ce qui se traduit par des couleurs globalement vives.

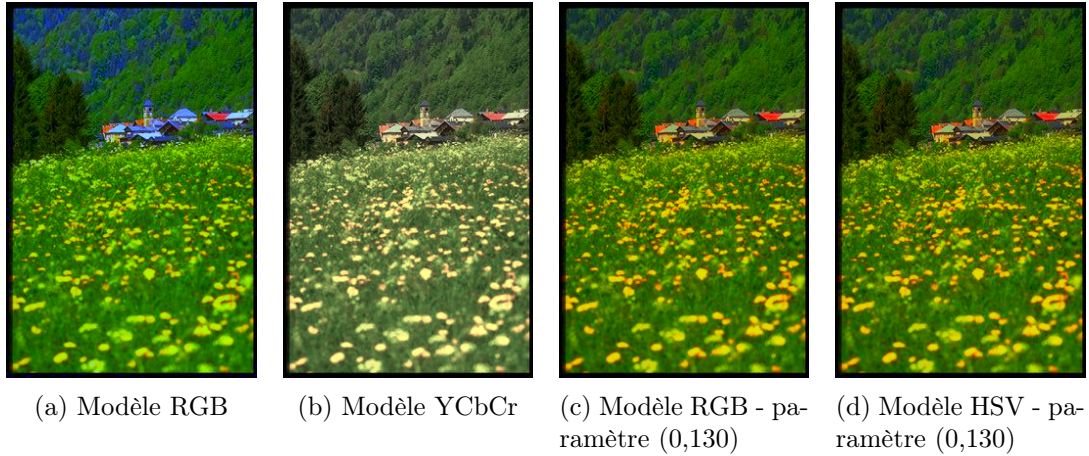


FIGURE 6 – Images obtenues après étalement d’histogrammes sur l’image 1a

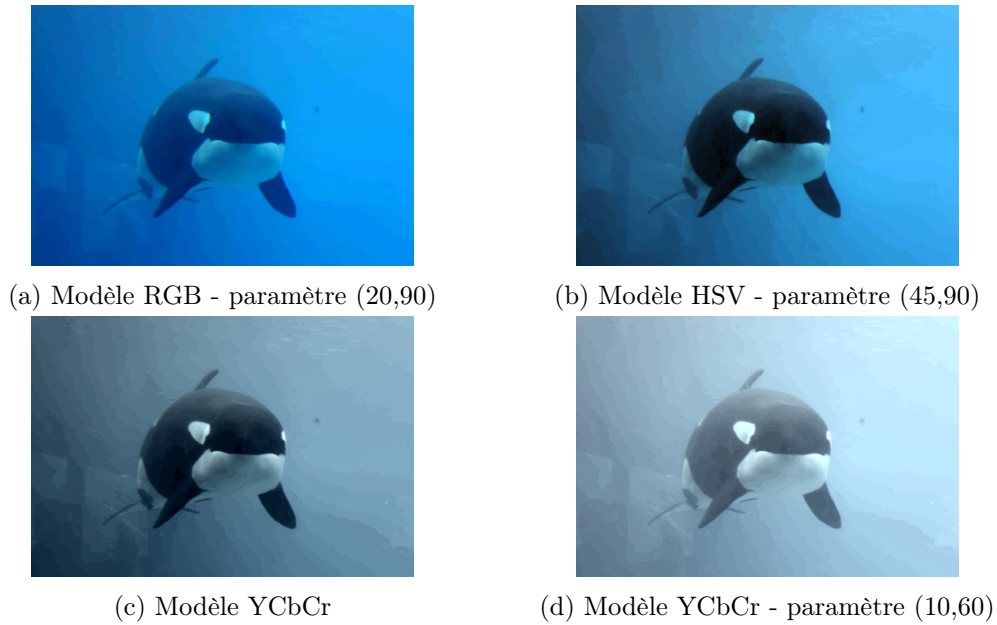


FIGURE 7 – Images obtenues après étalement d’histogrammes sur l’image 1b

3.3.2 Cohérence des histogrammes après étalement

L’étalement des histogrammes a permis d’élargir la distribution des niveaux de couleurs, augmentant ainsi la plage de valeurs utilisées. De plus, les histogrammes conserve la même allure. Par exemple pour le canal Y, on a toujours le centre de l’histogramme légèrement décentrée à gauche et deux légères sur-représentations des valeurs au bord.

3.3.3 Analyse des images obtenues après étalement

Les images obtenues montrent une amélioration significative du contraste. On l’observe aussi dans le cas du modèle RGB, après l’étalement de tous les canaux. Cependant, l’étalement peut produire des effets indésirables comme des variations de teintes notamment au niveau des toits qui deviennent bleus ainsi que quelques sapins sur l’image 6a. Cela s’explique notamment par un étalement excessif du canal bleu où toutes les valeurs étaient

proches de 0. Une solution pour éviter cette sur-représentation du bleu et d'appliquer la fonction φ en utilisant toujours les mêmes valeurs pour v_{\min} et v_{\max} comme sur l'image 6c.

Pour le modèle YCbCr, seul le canal Y a été transformé, augmentant ainsi la luminance. On remarque en particulier que l'image est plus pale notamment au niveau des herbes et des fleurs. Les images 7c et 7d de l'orque illustrent ce phénomène où l'eau est quasi grise.

Pour le modèle HSV, l'étalement du canal V permet l'accentuation du contraste et de la luminosité tout en conservant les teintes et leur vivacité.

Enfin, notons pour la suite que le choix des paramètres ont été fait à partir des histogrammes obtenus pour le canal Y et V pour les modèles respectifs YCbCr et HSV et sur l'intervalle minimal qui contiennent les trois histogrammes des canaux R, G, et B pour le modèle associé. Ainsi, bien que les images 6c et 6d ne présentent pas de différence significativement visible, les images sur l'orque 7a et 7b montrent une différence notamment au niveau de la mâchoire basse qui est moins bleue.

3.3.4 Validation des hypothèses

L'analyse des résultats confirme nos hypothèses initiales. L'étalement améliore bien le contraste des images faiblement contrastées, quelque soit le modèle utilisé. Toutefois, l'étalement dans l'espace HSV conserve effectivement mieux les teintes d'origine que dans les modèles RGB et YCbCr, bien que ce dernier présente un intérêt si l'on veut éviter les couleurs trop vives.

4 Conclusion

Ce travail a permis de démontrer l'impact de l'étalement d'histogramme sur l'amélioration du contraste des images en couleur en fonction du modèle utilisé. Nous avons confirmé que cette technique améliore globalement la visibilité des images faiblement contrastées et que l'étalement dans l'espace HSV conserve mieux les teintes d'origine par rapport aux modèles RGB et YCbCr. Cependant, certaines transformations peuvent induire des artefacts visuels, notamment dans le modèle RGB où les teintes peuvent être altérées.

Références

- [1] Céline Fouard. Traitement d'images. <https://moodle.caseine.org/course/view.php?id=100>, 2024-2025.
- [2] International Telecommunication Union. Recommendation itu-t h.264 : Infrastructure of audiovisual services – coding of moving video. <https://raw.githubusercontent.com/yangpan4485/H264-/master/H.264%E6%96%87%E6%A1%A3.pdf>, 2010.
- [3] International Telecommunication Union. Recommendation itu-t t.871 : Information technology – digital compression and coding of continuous-tone still images. <https://www.ijg.org/files/T-REC-T.871-201105-I!!PDF-E.pdf>, 2011.
- [4] Wikipedia. Codage informatique des couleurs. <http://fr.wikipedia.org/w/index.php?title=Codage%20informatique%20des%20couleurs&oldid=209130150>, 2025.