

Vers une métrique de description objective d'une sensation subjective

Sonia Ouni^{1,2}, Ezzeddine Zagrouba¹, Majed Chambah², Michel Herbin²

¹Equipe de recherche SIVREC, Institut Supérieur Informatique de Tunis
Abou Raihane Bayrouni 2080, Ariana, TUNISIA

²CRESTIC, Université de Reims Champagne Ardenne
Rue des crayères BP 1035 51687 REIMS Cedex 2

sonia.ouni@etudiant.univ-reims.fr / ezzeddine.zagrouba@fsm.rnu.tn
majed.chambah@univ-reims.fr / michel.herbin@univ-reims.fr

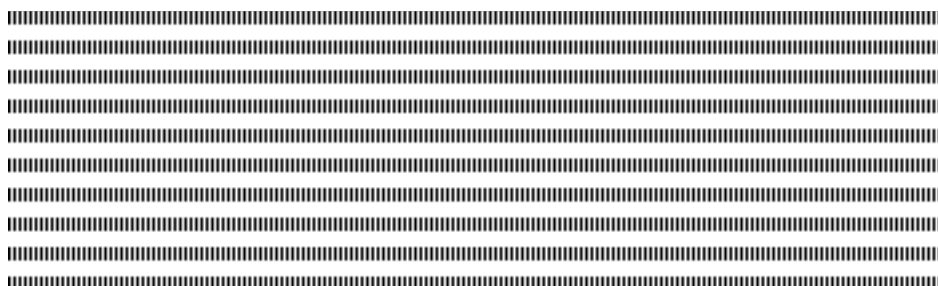


RÉSUMÉ. L'étude du système visuel Humain (SVH) est primordiale pour quantifier la qualité d'une image. Plusieurs travaux ont proposé des métriques de différences de couleurs qui effectuent des différences locales pixel par pixel. Par contre, le système visuel humain est plutôt sensible à une qualité globale. Dans cet article, nous proposons une nouvelle métrique objective de différence couleur basée sur les caractéristiques du système visuel humain. La métrique proposée est appelée *Delta E Globale* notée : $\Delta\tilde{E}_G$. Quelques expérimentations et évaluations montrent la performance de cette métrique et sa corrélation avec la vision du SVH.

ABSTRACT. In the last decade, several image and video quality metrics have been proposed, which incorporate perceptual quality measures by considering the HVS characteristics. All these metrics do the differences pixel to pixel in image. Therefore a local fidelity of the colour is defined. However, the human visual system is rather sensitive to a global quality. In this paper, we propose a new objective full reference quality metric for colour images called *Global Delta E* and noted: $\Delta\tilde{E}_G$. This metric is based on human visual system properties in order to obtain the best correspondence with judgments. Some experimentations and assessments prove the performance of our metrics and that interrelationship with the SVH.

MOTS-CLÉS : système visuel Humain, différence couleur, qualité, Delta E globale.

KEYWORDS: Human Visual System, colour difference, Quality, Global Delta E.



1. Introduction

La télévision, internet, le DVD mais aussi les services téléphonie mobile ou les systèmes multimédias sont autant d'exemples d'applications pour lesquelles des techniques de traitement d'images sont développées. D'où l'intérêt d'évaluer la qualité des images numériques afin d'être en mesure d'estimer l'efficacité des méthodes développées.

La mesure de la qualité visuelle des images ou de la vidéo s'avère très utile dans plusieurs applications en imagerie : codage [1][12][19], restauration[8], imagerie médicale [11]. Les méthodes développées dans ces domaines peuvent être classées en deux grandes approches. La première, appelée classiquement évaluation subjective, est basée sur l'utilisation d'un groupe d'observateurs humains qui doivent noter la qualité des images dans les conditions d'observation appropriées [16]. Cette approche reste la plus utilisée et la plus efficace dans la plupart des domaines, comme la qualité d'impression, la compression et la restauration des films cinématographiques, mais dernière est complexe et chronophage.

La deuxième approche est l'évaluation objective qui utilise des mesures pour quantifier la qualité des images. Puisqu'elle est automatisée, l'évaluation objective est moins coûteuse que l'évaluation subjective. De plus, elle peut être effectuée en temps réel puisqu'elle ne nécessite pas d'interaction avec l'utilisateur. L'évaluation objective de la qualité peut se décliner en trois catégories, celles qui sont à référence totale (utilisation complète de l'image originale), appelées aussi « Full Reference », celles qui utilisent quelques paramètres de la référence, appelées aussi « Reduced Reference » ou méthodes à référence réduite [17] et celles qui n'utilisent aucune référence [18]. Les méthodes «Reduced Reference » sont souvent utilisées dans le cadre de la transmission des images. Les méthodes « Sans Référence » se basent sur la connaissance a priori de la nature des dégradations ou/et des images. Les méthodes sans référence et avec référence réduite ne feront pas l'objet de cet article.

Dans l'approche avec référence complète, plusieurs études ont donc tenté de proposer une méthode de calcul de différences de couleurs qui prennent en compte la perception des couleurs. Le problème est que ces mesures effectuent des différences pixel à pixel pour définir une fidélité locale de la couleur. Or, le système visuel humain est plutôt sensible à une qualité globale.

Dans ce papier, nous proposons une nouvelle métrique qui prend en considération les caractéristiques du système visuel humain. La mesure proposée se place dans l'hypothèse des méthodes avec référence complète : nous nous plaçons dans le cadre de l'usage des images numériques codées et restaurées. Notre préoccupation est d'être le plus indépendant possible de la méthode du traitement utilisée, de surmonter le problème de la mesure des dégradations localisées et concentrées, d'être indépendant du type d'image et de se rapprocher de la perception du système visuel humain.

L'originalité de cette métrique objective est la prise en compte de la vision globale de l'image.

La suite de ce papier est organisée comme suit : la section 2 est dédiée aux métriques de différence de couleur. Les détails de la métrique proposée sont donnés dans la section 3. Dans la section 4, nous validons notre approche par quelques expérimentations et évaluations. Enfin, nous terminerons par une conclusion et des perspectives.

2. Métriques de différence de couleur

Dans la littérature, de nombreux travaux ont tenté de proposer une méthode de calcul de différences de couleurs qui prennent en compte la perception des couleurs [2].

Le modèle de couleur CIE L*a*b* étant proche de notre perception visuelle, la mesure des différences chromatiques visuelles revient à mesurer des distances euclidiennes entre couleurs dans ce modèle. Le Delta E [6] est la formule de mesure des distances « perceptuelles » entre deux couleurs.

$$\Delta E^* = \sqrt{\Delta L^{*2} + \Delta a^{*2} + \Delta b^{*2}} \quad (1)$$

En 1976, McLaren [7] introduit des facteurs de pondération pour chaque composante dans sa formule de différence de couleurs. McLaren combine l'équation proposée par Mc-Donald [14] qui simplifie l'équation complexe de différence de couleurs en donnant deux fois plus de poids à l'information de teinte par rapport aux informations de luminance et de chromaticité. L'équation obtenue pour la différence de couleurs est la suivante :

$$\Delta E_{(MC)^2} = \sqrt{\frac{(\Delta L)^2 + (\Delta C)^2 + (2\Delta H)^2}{1 + 0.02C}} \quad (2)$$

En 1979, McDonald propose d'utiliser des facteurs non linéaires dans les équations de différences pour donner la formule ΔE_{JPC79} . Des facteurs de pondération sont appliqués sur la différence de luminance (SL), de chromaticité (SC) et de teinte (SH). La métrique résultante est donnée par l'équation (3), où L, C et h sont calculés à partir des formules de Adams- Nickerson [3] :

$$\Delta E_{JPC97} = \sqrt{\left(\frac{\Delta L}{S_L}\right)^2 + \left(\frac{\Delta C_{ab}}{S_C}\right)^2 + \left(\frac{\Delta H_{ab}}{S_H}\right)^2} \quad (3)$$

Dans cette équation S_L dépend de L, S_C dépend de C et S_H dépend de h.

En 1984, Clarke et al. [5][13] proposent l'équation de différence de couleur CMC(1 :c) basée sur le JPC79. Deux facteurs de pondération supplémentaires (l et c) sont choisis en fonction de la matière réfléchissant la lumière. L'équation de différence s'écrit alors :

$$\Delta E_{CMC(l:c)} = \sqrt{\left(\frac{\Delta L}{lS_L}\right)^2 + \left(\frac{\Delta C_{ab}}{cS_C}\right)^2 + \left(\frac{\Delta H_{ab}}{S_H}\right)^2} \quad (4)$$

En 1987, Luo et Rigg [9] ont défini l'équation de différence de couleur $\Delta E_{BFD(l:c)}$ pour corriger les défauts de l'équation CMC(l:c) dans le bleu. En 1994, la Comité Internationale d'Eclairage (CIE) préconise l'utilisation d'une nouvelle équation pour les différences de couleurs basée sur les travaux de Berns et al. [15]. La formulation de cette équation est similaire à la structure CMC(l :c) avec des facteurs de pondération simplifiés :

$$\Delta E_{94} = \sqrt{\left(\frac{\Delta L^*}{K_L S_L}\right)^2 + \left(\frac{\Delta C_{ab}^*}{K_C S_C}\right)^2 + \left(\frac{\Delta H_{ab}^*}{K_H S_H}\right)^2} \quad (5)$$

où K_L , K_C et K_H sont des facteurs de pondération dépendant des conditions expérimentales. La CIE recommande de fixer tous les facteurs de pondération à 1, sauf pour les applications de l'industrie textile.

En 1999, Kim et Nobbs [4] proposent une étude sur la luminance, la chromaticité et la teinte basée sur l'équation ΔE_{94} . Ils ont mis en évidence que la tolérance de cette formule pour des luminosités faibles ou importantes est plus grande que pour des luminosités moyennes. Le facteur de pondération S_L dans la formule ΔE_{94} se révèle donc insuffisant pour décrire ce phénomène. De plus, ils mettent en évidence l'insuffisance des critères de pondération S_C et S_H pour décrire les phénomènes sur la chromaticité.

En 2000, la CIE propose une dernière équation pour le calcul de différence de couleurs basée sur les travaux de Luo et al. [10]. Comparée à l'équation ΔE_{94} , la formulation ΔE_{2000} est plus complexe, mais elle donne de meilleurs résultats. La méthode se décompose en quatre étapes à partir des valeurs CIE $L^* a^* b^*$:

- Etape 1 : Calcul de C

La première étape correspond au calcul de la chromacité

$$C = \sqrt{a'^2 + b'^2} \quad (6)$$

- Etape 2 : Calcul de a', C' et h'

La deuxième étape a pour objectif de rajuster les échelons a^* pour les teintes neutres et ainsi corriger les définitions de la chromacité C et de la teinte h :

$$a' = (1+G)a \quad (7)$$

$$C' = \sqrt{a'^2 + b'^2} \quad (8)$$

$$h' = \arctan\left(\frac{b'}{a'}\right) \quad (9)$$

