

Bilan de l'Action Spécifique 163 du CNRS département STIC Traitements perceptifs d'images numériques couleurs

David Alleysson, Christine Fernandez-Maloigne

Durant l'année universitaire 2003-2004, un comité d'étude s'est rencontré autour du thème des traitements perceptifs des images numériques couleurs. Ce comité d'étude a été formé dans le cadre d'une Action Spécifique du département Sciences et Technologies de l'Information et de la Communication (STIC)¹ du CNRS. Les membres du comité ont été choisis pour représenter le spectre pluridisciplinaire, le plus large possible, des domaines du traitement numériques d'image, à la psychophysique de la perception des couleurs, en passant par la biologie du système visuel².

La création de ce comité résulte du constat que les traitements d'images couleurs sont généralement très éloignés de la façon dont l'homme traite et analyse les images. Pourtant, la base du traitement couleur, issu des travaux sur la colorimétrie au début du 20^e siècle, a été fondée sur les études de perception de la couleur chez l'homme. Notamment l'ensemble des études psychophysique permettant de caractériser la tridimensionnalité de l'espace de représentation des couleurs ainsi que les études sur les non linéarités et adaptation de la perception des couleurs. Nous constatons aujourd'hui que depuis ces travaux, il s'avère difficile d'utiliser les propriétés de la perception des couleurs pour définir de nouvelles méthodes de traitement numérique. Quels sont donc les facteurs qui empêchent la transposition des propriétés de perception aux traitements numériques ? L'histoire de la communion entre la psychophysique de la perception et le traitement d'image est-elle voué à un échec ? L'action du comité a été de chercher les éléments permettant de donner une réponse négative à cette question.

Il a été décidé au sein du comité d'organiser des journées thématiques pour lesquels un ou deux spécialistes du thème sont invités, et de débattre ensuite des questions autour de ce thème. Les thèmes abordés ont été les suivants³:

1. Voir le site Web de CNRS département STIC (<http://www.cnrs.fr/STIC/>), ainsi que la page sur les Actions Spécifiques

(<http://www.cnrs.fr/STIC/Actions/Outils/AS/stic-AS-intro.htm>)

2. Voir le site Web de l'AS 163.

<http://www.upmf-grenoble.fr/LPNC/LpncPerso/Permanents/DAlleysson/AS163/AS163.html>

3. Une version électronique des exposés est disponible sur le site de l'AS.

Espaces couleurs et perception

Cette première journée a été l'occasion de faire un bilan sur les méthodes de colorimétrie classique et moderne et de leur application au traitement d'image.

L'exposé de Robert Sève, introduction à la colorimétrie et aux espaces couleurs, et la discussion qui a suivi, ont été très formateurs sur l'origine de la colorimétrie et ses limitations. Robert Sève a insisté sur les conditions expérimentales nécessaires pour respecter les critères sur lesquelles la colorimétrie est établie. Or, en traitement d'image, on utilise souvent les résultats de la colorimétrie sans prise en compte de ces critères.

Françoise Viénot a, quant à elle, présenté les espaces de couleurs physiologiques. Depuis les années 90, les chercheurs tentent de définir un espace basé sur la physiologie des cônes plutôt que sur les expériences d'égalisation visuelle. Outre les difficultés de mesure de la sensibilité des cônes qui semble maintenant résolue, Françoise Viénot a montré que de nombreux facteurs affectent l'espace de couleur pour chaque individu. Ces facteurs doivent être pris en compte pour la définition de l'espace physiologique, et finalement celui-ci est propre à chaque individu. Elle a également présenté une méthode de conversion d'images couleur dans l'espace physiologique.

Cette journée a montré qu'il y avait encore beaucoup de travail à faire pour transposer la perception humaine des couleurs au traitement des images.

Modèles de représentation

Le problème du traitement d'image couleur n'est-il pas du à une mauvaise représentation de la couleur ? Autrement dit, n'existe-t-il pas un espace adéquat pour la représentation des images couleurs ? Pour répondre à cette question nous avons invité Jean Serra et Steve Sangwine.

Lors de son exposé Jean Serra nous a décrit un système de représentation en coordonnées polaires, qui facilite la segmentation d'images couleur et permet un contrôle de cette segmentation par la caractérisation d'outils mathématiques adéquats.

Steve Sangwine nous a exposé l'origine de l'utilisation des quaternions pour la représentation des images couleurs. L'utilisation des quaternions permet une manipulation algébrique de l'espace tridimensionnel de la couleur. Il nous a montré comment il est possible de définir, dans cet espace, les principaux opérateurs de traitement d'image tels que la transformée de Fourier, la convolution. Il nous a ensuite expliqué les propriétés de cette représentation et donné des exemples de traitement. Cette journée a permis de confirmer l'idée que les méthodes de représentation sont importantes pour faciliter le traitement d'image et engendrer de nouveaux outils. Par contre, l'étude d'un système de représentation est souvent contre intuitif et nécessite une familiarisation souvent coûteuse.

Aspects fondamentaux de la couleur

Quels sont aujourd'hui les développements pour caractériser l'espace couleur ? Quels sont les fondements théoriques fondamentaux et les expériences modernes utilisées pour le développement du traitement de la couleur ?

Alain Trémeau nous a présenté une revue des modèles d'apparence colorée qui connaissent aujourd'hui un large développement. Ensuite,

Valérie Bonnardel nous a exposé l'utilisation d'un appareillage particulier pour la caractérisation de l'espace couleur suivant la longueur d'onde.

Cette journée a été l'occasion de revenir sur une des limitations la plus importante des modèles de perception de la couleur, l'évaluation des différences de couleur. Bien que les modèles d'apparence colorée essayent de caractériser les facteurs qui influencent cette évaluation, ceux-ci sont modulés par de nombreux paramètres qui limitent leur utilisation.

Aussi, la méthode d'investigation par une analyse harmonique non paramétrique de la dimension de longueur d'onde pourrait permettre une simplification de ces modèles.

Ecologie de la vision des couleurs

La dernière réunion du comité portait sur le thème de l'écologie de la vision des couleurs. Les principes écologiques sont très utilisés pour comprendre les mécanismes de perception humains. Qu'en est-il de leur application à la vision des couleurs ?

Daniel Osorio nous a présenté une vision écologique de la détermination des fonctions de sensibilité spectrale des photorécepteurs cônes dans la rétine des primates. Cette présentation, très documentée, a montré la cohérence des sensibilités spectrales avec les contraintes de repérage de nourriture (fruits) des primates dans les conditions écologiques (feuillage).

Marc Théry nous a parlé du camouflage des araignées crabes et de leur jeu de cache-cache avec leurs prédateurs et leurs proies.

Ces exposés ont clairement montré la diversité des mécanismes de perception couleurs dans le règne animal. Ils ont aussi explicité les caractéristiques de la perception des couleurs en fonction du conditionnement écologique.

En conclusion de cette année très enrichissante, nous pouvons dresser un bilan des difficultés et problèmes inhérents à la transposition des

mécanismes de perception humaine au traitement des images couleurs. Il existe un fossé entre les méthodes, issues de la colorimétrie de base, de mesure de la couleur utilisées par le monde industriel et l'estimation des couleurs dans les images numériques. Ces images ne rentrent pas dans les catégories de conditions imposées par la colorimétrie. Ainsi, la dimension spatiale des images n'est pas ou peu prise en compte dans la colorimétrie. L'extension de la colorimétrie à des mesures d'apparence colorée n'est pourtant pas totalement satisfaisante puisqu'elle engendre des modèles avec de très nombreux paramètres, parfois difficiles à initialiser et à interpréter. Finalement l'utilisation de la physiologie pour caractériser le substrat de la perception visuelle et permettre une transposition en traitement d'image est souvent difficilement envisageable, essentiellement à cause des différences individuelles entre les observateurs.

Il existe donc de nombreuses voies de recherche pour tenter de prendre en compte la perception humaine dans les traitements numériques de la couleur. Les réunions du comité ont permis d'en identifier certaines. Les aspects théoriques sont à mettre en avant, soit par l'utilisation de méthodes de représentation évoluées, soit par la caractérisation spatio-chromatique de la vision. Certains modèles existent et on peut en imaginer beaucoup d'autres avec les progrès réalisés chaque jour par la médecine sur la connaissance du cerveau.

L'ensemble des participants et des conférenciers a apprécié l'intérêt scientifique qu'il y avait dans ces rencontres pluridisciplinaires. C'est ainsi que, notamment, 3 communautés : le GDR ISIS, le GDR couleur et matériaux, et le GDR écologie de la vision, ont été amenées à se côtoyer et à susciter des exposés des uns et des autres devant des publics divers, faisant naître des idées de travaux futurs en commun.

Les membres du comité ont émis le souhait de poursuivre cette collaboration multidisciplinaire dans le cadre de nouveaux projets, au sein de nouvelles actions mises en place par le CNRS et le département STIC, mais aussi dans le cadre d'actions de type RNRT, RIAM ou même de projets européens.