

**"PRINCIPE DE CODAGE VISUEL DE LA COULEUR APPLIQUE  
A DES IMAGES SATELLITAIRES"**

M-J. LEFEVRE-FONOLLOSA  
Ingénieur - Division Traitement de l'Image

H. CRUCHANT  
Technicien - Division Traitement de l'Image

CENTRE NATIONAL D'ETUDES SPATIALES  
18, Avenue Edouard Belin  
31055 TOULOUSE CEDEX  
FRANCE

**ABSTRACT**

In remote sensing, color is used essentially as a means of enhancing the results of image processing. In recent months, we have investigated the use of color as a novel means of processing the spatial information content of image data.

Recent advances in the field of color vision by E.H. LAND (1978), T. WIESEL and D. HUBEL (1977) and S. ZEKI (1983), reveal that the visual system of higher mammals can be schematically divided into three successive segments, namely the optics (or eye, performing the "sensor" function), the neurobiological segment (from retina to cortex, performing the "encoding" function), and the cerebral segment (performing the "recognition and interpretation" function). Only the first segment is sensitive to electromagnetic radiation. The other two segments are conceptual and interactive.

Apart from certain other advantages, the processing performed by the three successive segments enables Man to recognize the color of an object irrespective of variations in the light illuminating that subject and in spite of the fact that such variation necessarily results in significant changes in the spectral composition of the reflected radiation.

We have attempted to use these characteristics of the human visual system in a novel approach to the processing of remote sensing imagery. Specifically, we use three channels of a spatial radiometer to simulate the "sensor" function of the human eye while using computer processing to simulate the function performed by the second segment of the system.

When an image is subjected to this type of simulation-processing, the result is three new-images termed the "color-coded image", the "lighting-coded image" and the "color-quantity-coded image".

The paper concludes with comments of this approach and its prospects with suitable reference to examples based on TM and (simulated) SPOT data.

**RESUME**

La couleur, en télédétection, est surtout utilisée comme un moyen de mise en valeur et de présentation des résultats. Durant ces derniers mois, nous avons envisagé la couleur comme un moyen original de traitement de l'information spatiale.

Les découvertes récentes sur la vision des couleurs (E.H. LAND, 1978 ; T. WIESEL et D. HUBEL, 1977 ; S. ZEKI, 1983), montrent que le système visuel chez les mammifères supérieurs se décompose schématiquement en trois segments successifs : optique (l'oeil -fonction "capteur"), neurobiologique (de la rétine au cortex -fonction "codage") et cérébral (fonction "cognitive et interprétative"). Seul, le premier est sollicité par le rayonnement électromagnétique, les deux autres étant conceptuels et interactifs.

Entre autre performance, ces traitements successifs permettent à l'Homme de reconnaître le couleur d'un objet quelle que soit la variation de l'éclairement qui le baigne, bien que cette variation entraîne nécessairement une sensible modification du rayonnement spectral réfléchi par cet objet.

Nous avons tenté de mettre en application cette caractéristique visuelle dans le traitement des images de télédétection : à partir de trois canaux d'un radiomètre spatial, lui-même considéré comme remplissant la fonction "capteur" de l'oeil, nous simulons par traitement informatique le second segment, "codage" des couleurs.

Les trois images nouvelles ainsi créées s'appellent : "color coded image", "lighting-coded image" et "color-quantity-coded image".

L'intérêt de cette approche est commenté à partir d'exemples tirés de données Thematic-Mapper et SPOT.

Depuis quelques années en matière d'image, l'effort général technique et scientifique a été considérable et s'est porté particulièrement sur la couleur. Nous n'envisageons plus la couleur comme un simple mélange trichrome, mais comme un signal spécifique traité à chaque étape de la chaîne visuelle. Dans l'application de ces connaissances en traitement de l'image de télédétection, il a fallu préalablement développer un système qui permette de connaître à coup sûr la couleur résultante sur n'importe quel restitué ; nous citons deux exemples significatifs. D'autre part, nous utilisons l'une des particularités de la vision à décomposer l'image rétinienne en une image de couleur et une image d'éclairément pour l'appliquer à une vue de télédétection d'une forêt inégalement éclairée.

Entre la rétine et le cortex, le système visuel peut, schématiquement, se décomposer en trois segments successifs :

- le premier segment servant à **capturer** l'information de couleur (cônes sensibles aux courtes, moyennes et grandes longueurs d'ondes), puis à **transmettre** cette information aux aires concernées du cortex par un signal modifié : un canal achromatique et deux canaux antagonistes chromatiques ;

- le second segment **code** la couleur dans la couche V4 de l'aire 17 suivant la réponse de deux types de cellules : les cellules WL et WLO qui sont sensibles à la composition de l'éclairément et les cellules CO qui sont sensibles à toute variation de couleur. Cette forme parallèle de codage de l'éclairément et de la couleur a l'avantage de nous offrir une stabilité des couleurs face aux éclairéments divers ;

- le troisième segment, moins bien connu, est celui de l'interaction avec les autres sens, celui de l'influence de la culture, etc... Il nous permet d'**interpréter** la couleur.

Dans un premier temps, nous nous sommes intéressés aux systèmes de représentations de la couleur nécessaires pour l'utilisation des restitués. Mais, comme notre but est surtout la compréhension de la vision appliquée à l'image en général puis à l'image de télédétection en particulier, on a choisi un système physico-perceptif comme le modèle cylindrique de JUDD. Dans la pratique, on calibre les restitués de telle manière qu'ils soient en relation identifiée au modèle par une référence à des mires colorées organisées comme le préconise MÜNSELL.

L'image colorée de télédétection est semblable à toute autre image en tant que telle ; elle diffère cependant des autres par son contenu informatif. Pour pouvoir retrouver puis extraire l'information de cette image, il est évidemment nécessaire de lui appliquer un "traitement" ; ceci se fait en deux étapes : premièrement, un prétraitement qui rendra le signal exploitable, puis, deuxièmement, un traitement proprement dit qui sera spécifique de l'information résiduelle recherchée. L'information originale contenue peut rester soit in-situ comme dans le cas de la composition colorée, soit être tirée de son contexte et restituée graphiquement comme dans le cas d'une classification.

Dans le cas d'une composition colorée, notre principe a priori étant de respecter le plus possible la donnée radiométrique, nous allons donc nous attacher à identifier puis à sauvegarder les relations existantes entre chacun des invariants. Dans la coloration d'une telle image, nous tiendrons compte de la lisibilité de l'oeil, c'est-à-dire qu'à une différence de signal radiométrique doit correspondre une différence perçue de couleur, proportionnellement. Exemple : nous avons, dans ce but, appliqué les courbes de sensibilité de l'oeil au modèle de restitution choisi.

Dans un autre exemple, nous désirons, au contraire, extraire l'invariant informatif de son contexte. Notre principe sera ici de respecter le sens relationnel existant entre l'objet et l'interprète. Nos travaux nous ont montré l'importance d'une sémiologie de la couleur (à développer) dans le cas d'une coloration de classification, ceci, afin que l'interprète ait un meilleur accès aux données qu'il recherche.

Nous insistons donc dans ces deux cas, sur l'importance de la **maîtrise** de la couleur, de la **connaissance** des modèles de représentations colorées, des **caractéristiques** du **système visuel** et de la **connaissance de la culture professionnelle** de l'interprète.

La découverte de fonctions de **codage** du deuxième segment cervical (rétine-cortex) est récente (HUBEL et WIESEL). Elle permet de repousser les limites de la connaissance vers le troisième segment (intracervical "brain"). En quoi cette propriété de la chaîne visuelle peut-elle nous servir en matière de télédétection ? Dans ce domaine, nous possédons plusieurs bandes passantes (canaux) qui captent les informations spectrales d'un paysage terrestre. Si nous nous limitons à trois canaux, ce qui est le cas de SPOT, nous pouvons essayer de modéliser cette fonction de codage du signal spectral, c'est-à-dire de transformer les valeurs spectrales en deux termes qui codent indépendamment la couleur intrinsèque des objets et leur éclairément. En d'autres termes, il nous apparaît comme une application importante de la couleur de procéder à une fonction de réduction et de synchèse de l'information. Nous inspirant des découvertes du neurophysiologiste Britannique Sémir ZEKI, trois informations spectrales aboutiront à deux informations indépendantes.

1°) Nous créons une "color coded image", sensible aux différences de couleurs, quel que soit l'éclairément, assimilable grossièrement aux réponses des cellules CO (Color Coded cells) de ZEKI ; ceci est par ailleurs en accord avec les expériences de E.H. LAND concernant la stabilité de la perception des couleurs dans des environnements différents (Mondrians et Rétinex).

2°) Nous avons également créé deux images de quantification de la couleur assimilables grossièrement aux réponses des cellules WL et WLO (Wavelength cells) de ZEKI. C'est-à-dire sensibles à la composition de longueur d'onde et à l'éclairément :

- "lighting-coded image" égale à la quantité de flux total (décomposé en flux de couleur et flux de

blanc) liée à la composition de la signature spectrale et indicatrice de l'éclairement.

- "color-quantity-coded image" qui est la proportion du flux de couleur par rapport au flux total. C'est une variable indicatrice de la quantité de couleur indépendamment de la nature de la couleur elle-même.

Un algorithme simple nous permet de visualiser séparément ces trois images comme pourrait peut-être le faire un cerveau humain amputé de la fonction d'intégration. Nous décrivons les effets d'un tel traitement pour deux types de paysages : un paysage d'estrans (Ile de Noirmoutier, Vendée, FRANCE) et un paysage forestier sur une topographie accidentée (Montagne-Noire, Lauragais, FRANCE).

L'analyse de ces travaux, qui reste d'ailleurs à confirmer, montre que cette approche psychosensorielle du traitement de l'image en télédétection offre à l'interprète un outil de discrimination nouveau et original.

En prolongement de cette étude, il nous paraît utile de réfléchir, d'une part, sur les problèmes calculatoires de la vision des couleurs et sur leur application dans le domaine de la vision par ordinateur ; d'autre part, et à condition que le langage intracervical Brain soit mieux connu, sur de nouvelles méthodes de photo-interprétation.