

## ANALYSE D'UNE SEGMENTATION EN REGIONS UTILISANT CONJOINTEMENT LES INFORMATIONS DE CHROMINANCE ET D'INTENSITE

**T. CARRON - P. LAMBERT - P. MOREL**

Laboratoire d'Automatique et de MicroInformatique Industrielle  
LAMII / CESALP - Université de Savoie - BP 806 - F-74016 Annecy Cedex e-mail : [lambert@univ-savoie.fr](mailto:lambert@univ-savoie.fr)  
(CNRS-GdR 134 Traitement du signal et de l'image)

### RÉSUMÉ

### ABSTRACT

Nous présentons un principe de segmentation en régions appliqué à des images couleurs et analysons ses performances. Le traitement s'effectue dans une base Teinte-Luminance-Saturation. L'idée de base consiste à créer un prédicat unique mêlant teinte et luminance avec des pondérations antagonistes fonction de la saturation. Ce principe est appliqué à un algorithme de segmentation en régions inspiré d'une technique utilisée en vision monochrome. A l'aide de quelques indices numériques, nous analysons et comparons quantitativement les performances obtenues avec celles d'autres techniques. Enfin un exemple de traitement sur une image réelle illustre la faible sensibilité de la méthode aux variations d'éclairage.

A principal of regions segmentation of color images is presented in this paper. A Hue-Intensity-Saturation basis is used. We define a criterion blending informations about hue and intensity with a ponderation function reversly depending on saturation. This algorithm is applied to a region growing segmentation used for grey levels images. Using numerical indicators, we present a quantitative study and performances comparison between our approach and others multi-images technics. Finally an application of our approach on a real image shows the low sensitivity of this method with luminance changes.

### 1. INTRODUCTION

Les méthodes de segmentation en régions utilisées en imagerie monochrome, que ce soit par croissance de régions ou par séparation/fusion font appel à un prédicat d'homogénéité. L'adaptation au contexte multi-composantes et notamment aux images couleur, classiquement définies par trois plans (Rouge-Vert-Bleu), pose le problème de la définition d'un prédicat d'homogénéité global à toutes les composantes.

Les travaux en imagerie couleur font principalement apparaître trois stratégies différentes:

- L'utilisation de la base RVB initiale. Du fait de la dispersion de l'information de couleur sur les trois plans, cette base n'est pas la mieux adaptée.
- L'utilisation d'une base obtenue par analyse en composantes principales. Cette transformation, notée par la suite  $I_1 I_2 I_3$ , a été définie par Otha en 1980 [OTH 80]. Elle est linéaire et permet de décorréler l'intensité ( $I_1$ ) et la chrominance ( $I_2$  et  $I_3$ ).

système de Otha

$$\begin{bmatrix} I_1 \\ I_2 \\ I_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.33 & 0.33 & 0.33 \\ 0.5 & -0.5 & 0 \\ -0.25 & 0.5 & 0.25 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} R \\ V \\ B \end{bmatrix}$$

Selon son auteur, la composante  $I_3$  ne contient que peu d'information et, ainsi, seules deux composantes ( $I_1$  et  $I_2$ ) sont nécessaires à la segmentation.

- L'utilisation d'une représentation proche de la perception humaine faisant explicitement apparaître l'information de couleur (base du type Teinte-Luminance-Saturation [MIY 90] [LAM 91]). Ce type de transformation souffre de défauts dus à l'emploi de transformations non linéaires. En particulier l'utili-

sation de la fonction " $Min(R,V,B)$ " entraîne des singularités et des instabilités pénalisant les processus de segmentation [KEN 77]. Pour atténuer ces inconvénients, nous proposons l'emploi d'une transformation (notée TL $S_m$  [ROT 90] [LAM 91]) faisant apparaître deux étapes:  $R,V,B \Leftrightarrow Y,C_1,C_2 \Leftrightarrow T,L,S$

$$\text{base } YC_1C_2 \quad \begin{bmatrix} Y \\ C_1 \\ C_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.33 & 0.33 & 0.33 \\ 1 & -0.5 & -0.5 \\ 0 & -0.87 & 0.87 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} R \\ V \\ B \end{bmatrix}$$

$$L = Y \quad S = \sqrt{C_1^2 + C_2^2}$$

système TL $S_m$

$$\text{Si } C_2 > 0 \text{ Alors } T = \arccos(C_2/S)$$

$$\text{Sinon } T = 2\pi - \arccos(C_2/S)$$

Cet article étudie et complète une méthode de segmentation en régions utilisant cette base [LAM 91][CAR 91]. Le principe de cette méthode est d'utiliser conjointement les informations de teinte et de luminance sous contrôle de la saturation de l'image. La complexité de l'algorithme est alors similaire à celle d'un algorithme de segmentation en niveaux de gris.

Le travail exposé ici comportera quatre parties.

En premier lieu nous caractériserons l'influence du bruit sur les diverses composantes de la base TL $S_m$ . Ensuite nous détaillerons le principe de segmentation faisant coopérer teinte et luminance et nous l'appliquerons à une technique de segmentation en régions. Dans une troisième partie, nous construirons des critères d'évaluation de manière à mesurer et à comparer quantitativement les performances de notre méthode. Enfin nous présenterons une application sur une image réelle permettant d'illustrer l'intérêt de cette méthode.



## 2. EFFET DU BRUIT SUR LA BASE TL<sub>S</sub>m

L'étude a été faite expérimentalement sur des images synthétiques correspondant à une région homogène perturbée par un bruit additif gaussien (moyenne nulle, variance variable mais identique sur chaque plan R,V,B, indépendance entre les bruits ajoutés aux plans R,V,B). Les histogrammes normalisés des composantes T, L et S nous donnent une estimation des densités de probabilité de ces composantes. La figure 1 donne les résultats obtenus sur deux types images et pour deux niveaux de bruit.

### 2.1 Effet du bruit sur la luminance

Le comportement de la luminance vis-à-vis de ce type de bruit est indépendant de la valeur des composantes RVB. Obtenue par somme des 3 composantes R,V,B, il y a un effet de lissage qui se traduit classiquement par une division par  $\sqrt{3}$  de l'écart type du bruit résultant (indépendance des bruits affectant les composantes initiales). L'utilisation de la luminance va permettre d'atténuer la sensibilité aux bruits par rapport à l'utilisation directe des plans R, V ou B. Ce résultat est à tempérer en fonction de la réalité de l'indépendance des bruits sur les plans R, V, B.

### 2.2 Effet du bruit sur la saturation

Le comportement de la saturation dépend des valeurs des composantes RVB. Lorsque ces trois composantes sont voisines (proximité de l'axe achromatique), on observe, lorsque le bruit est fort, un biais et une perte de symétrie. Ce comportement peut être attribué aux effets de discrétisation dans les transformations non linéaires semblables à ceux mis en évidence par Kender [KEN 77]. Pour des régions à forte saturation, ces déformations n'apparaissent plus. Quelque soit le niveau du bruit, la dispersion sur la saturation est supérieure à celle imposée sur les plans RVB. La saturation aura donc tendance à amplifier ce type de bruit.

### 2.3 Effet du bruit sur la teinte

Rappelons que la teinte n'est pas définie sur l'axe achromatique ( $R = V = B$ ).

A faible niveau de saturation (proche de l'axe achromatique), le bruit sur la teinte se trouve fortement amplifié alors que pour

une saturation élevée il est atténué. Pour de très fortes saturations, l'atténuation est même plus importante que celle observée sur le bruit de la luminance. Il existe donc une zone autour de l'axe achromatique où la teinte, même si elle est définie, présente une très mauvaise fiabilité.

Pour expliquer ce phénomène, il nous faut revenir à la définition de composantes T,L,S. Dans le plan de chrominance ( $C_1, C_2$ ), la teinte est l'angle du vecteur de chrominance par rapport à l'axe  $C_1$  tandis que la saturation est le module de ce vecteur. Prenons l'exemple de deux zones homogènes (notées A et B) de teinte identique telle que la zone A ait des caractéristiques proches de l'axe achromatique alors que la zone B correspond à une teinte très pure (fortement saturée). Comme le montre la figure 2, le bruit altérant les composantes  $C_1$  et  $C_2$  a sensiblement la même distribution sur les deux zones. De part sa nature angulaire, la dispersion de la teinte va donc être plus forte lorsque l'on est proche de l'origine alors que, pour la saturation, la dispersion va rester sensiblement identique dans les deux zones.

D'un point de vue pratique, en fonction de la valeur de la saturation, nous pouvons distinguer différents comportements de la teinte vis-à-vis du bruit imposé:

- saturation très faible (< 5%)    ⇔ bruit fortement amplifié
  - saturation faible (20%)        ⇔ bruit reproduit
  - saturation élevée (> 50%)    ⇔ bruit atténué
- (pourcentages mesurés par rapport au maximum de la saturation)

### 2.4 Conséquence sur l'utilisation de la base TL<sub>S</sub>m

La saturation peut alors être utilisée comme une mesure de la fiabilité que l'on peut attacher à la teinte. Les méthodes de segmentation construites sur la base TL<sub>S</sub>m devront avoir un comportement différencié suivant le niveau de Saturation. Cela revient à dire qu'il faudra interdire l'utilisation de l'information de teinte lorsqu'elle proviendra de pixels proches de l'axe achromatique, alors que l'on pourra y attacher une grande fiabilité si le pixel correspond à une teinte pure.

On peut alors déterminer trois concepts sur la saturation permettant de caractériser la pertinence de la Teinte.

- Saturation "Faible"            ⇔ Teinte non significative
- Saturation "Moyenne"        ⇔ Teinte peu significative
- Saturation "Forte"            ⇔ Teinte significative

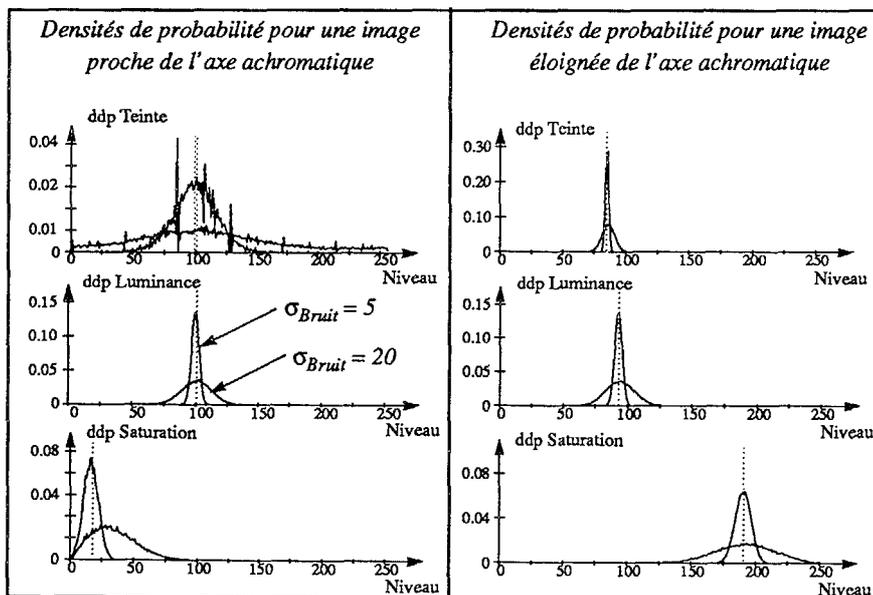


fig. 1 : Influence du bruit sur les composantes T,L,S

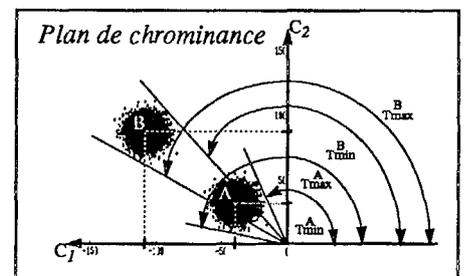


fig. 2 : Dispersion des composantes de chrominance dans le plan  $C_1, C_2$ .

### 3. SEGMENTATION TEINTE-LUMINANCE

#### 3.1 Principe de base: mélange teinte-luminance

L'idée de base est de former un seul prédicat (notée P) d'homogénéité mixant les informations apportées par la teinte et la luminance et d'appliquer les algorithmes de segmentation connus en niveau de gris sur ce prédicat.

Ce mélange doit tenir compte de la fiabilité de la teinte que nous avons évoquée au paragraphe précédent.

- Si la teinte n'est pas pertinente, la contribution de celle-ci dans le prédicat doit être nulle.

- Si la teinte est significative, le prédicat peut tenir compte des informations liées à la couleur.

- Si la fiabilité de la teinte est moyenne, le prédicat sera constitué d'informations liées à la teinte et à la luminance.

La fiabilité de la teinte étant liée à la saturation, c'est tout naturellement cette grandeur qui va permettre de pondérer de manières opposées les informations de teinte et de luminance dans le prédicat P.

Le prédicat peut ainsi s'exprimer par:

$$P = \alpha \cdot I_T + (1 - \alpha) \cdot I_L$$

( $I_T$ : grandeur associée à la teinte;  $I_L$ : grandeur associée à la luminance)

$\alpha$  définit la pondération associée à la teinte et est fonction de la saturation. La forme de  $\alpha$  est la suivante:

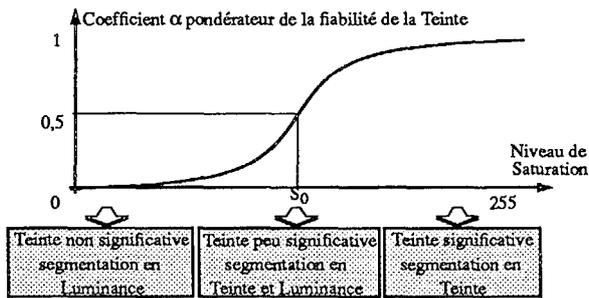


fig. 3 : Evolution de  $\alpha$  suivant la saturation

L'évolution de  $\alpha(S)$  est contrôlée par deux paramètres:

- $S_0$  : tel que  $\alpha(S_0) = 0,5$ . Valeur de saturation définissant le concept de saturation "moyenne".
- $\beta$  : réglant la pente de l'évolution de  $\alpha$ . Il permet de doser le mélange teinte-luminance.

#### 3.2 Application: segmentation par croissance de régions

Nous avons appliqué ce principe à un algorithme très connu de segmentation en régions. Il s'agit d'une croissance de régions utilisant un masque en L de 3 pixels ("Blob coloring") dont l'idée de base est la suivante:

L'agrégation de 2 pixels ( $T_1, L_1, S_1$  et  $T_2, L_2, S_2$ ) à une même région est effectuée si le prédicat P associé à ces deux pixels est inférieur à un seuil donné.

Dans la pratique, une itération de ce principe avec incrémentation du seuil permet de compenser la simplicité de la méthode et d'obtenir de bonnes performances.

Les bases de la construction du prédicat d'homogénéité ont déjà été présentées [LAM 91]. Il s'agit d'effectuer une somme pondérée, suivant la saturation, de la différence de teinte et de la différence de luminance de ces deux pixels.

L'évolution par rapport à [LAM 91] du principe de construction du prédicat P consiste à faire intervenir simultanément les

fiabilités des teintes de ces deux pixels. L'idée la plus naturelle consiste à multiplier les pondérations  $\alpha(S)$  de chaque pixel. L'évolution de ce coefficient (noté k) est représentée ci-dessous.

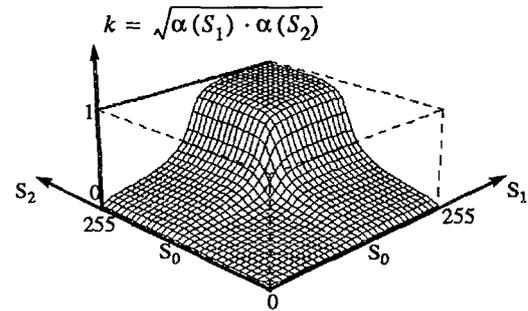


fig. 4 : Coefficient mesurant la fiabilité des teintes de 2 pixels

Cependant, certaines situations critiques, notamment le cas où la teinte d'un pixel est pertinente ( $\alpha(S_1) \sim 1$ ) et l'autre non ( $\alpha(S_2) \sim 0$ ), vont entraîner un coefficient k voisin de zéro. Le prédicat sera alors essentiellement composé de l'information provenant de la différence de luminance. Cette quantité peut très bien être très faible. Pour éviter que le prédicat ne soit alors en dessous du seuil d'agrégation, la pondération de la différence de teinte doit entraîner une valeur telle que l'apport de l'information de teinte soit à lui seul supérieur au seuil d'agrégation et, ainsi, interdire l'agrégation des deux pixels.

Une solution pour remédier à ce problème consiste à rehausser exagérément le coefficient agissant sur la différence de teinte dans les zones correspondant aux situations critiques ( $\alpha(S_1) \sim 0$  et  $\alpha(S_2) \sim 1$  ou  $\alpha(S_1) \sim 1$  et  $\alpha(S_2) \sim 0$ ). La courbe ci-dessous donne la nouvelle allure du coefficient modifié (noté  $k_m$ ) agissant sur la différence des teintes.

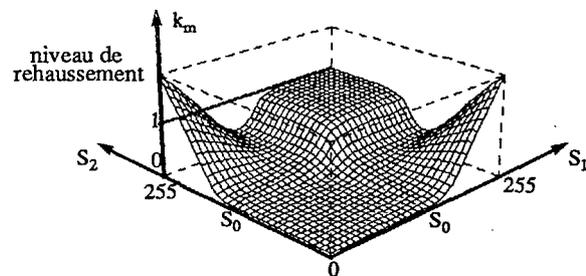


fig. 5 : Coefficient pondérant la différence des teintes dans P

En résumé, le prédicat P décidant de l'agrégation des deux pixels a pour expression:

$$P = k_m \cdot \|T_1 - T_2\| + (1 - k) \cdot |L_1 - L_2|$$

Remarque: La notation  $\|T_1 - T_2\|$  signifie que la valeur absolue de l'écart de teinte est calculée en tenant compte de la circularité de cette composante.

Notons que ce prédicat aura tendance à privilégier la teinte au détriment de la luminance. Ceci n'est pas incohérent d'un point de vue physique car l'attribut couleur d'un objet est souvent moins sensible à l'éclairage que l'attribut intensité. Les ombres sont une illustration de ce phénomène. Néanmoins, en fonction des objectifs de segmentation que l'on se donne, il est toujours possible de redonner une importance constante aux informations d'intensité en remplaçant le coefficient " $(1 - k)$ " par "1".



## 4. PERFORMANCES DE LA METHODE

### 4.1 Construction d'indicateurs de performances

Pour évaluer numériquement la qualité des segmentations, nous avons construits deux indicateurs demandant la connaissance a priori du résultat de la segmentation [MOR 92].

□ Estimation locale de la sensibilité aux bruits. Elle est mesurée par la probabilité de bonne détection d'un pixel:

$$P_d = \text{Prob} [P_0 \in R_0 / P_0 \in R_0] \quad (P_0 \text{ pixel de la région } R_0)$$

□ Estimation globale de la résistance aux bruits. Elle est mesurée par le nombre de petites régions trouvées dans la région  $R_0$ .

### 4.2 Evaluation du comportement sur images synthétiques

Les images sont des images synthétiques homogènes ayant des niveaux de saturation répondant aux différents concepts de signification de la teinte. Dans la base RVB, ces images sont perturbées par des bruits additifs gaussiens indépendants dans les trois plans RVB. La figure 6 représente l'évolution des indicateurs de performances en fonction de l'écart type du bruit.

La méthode proposée est ainsi testée et comparée aux résultats obtenus par deux autres méthodes. L'une utilise la base de Otha [OTH 80], l'autre élaborée par Miyawaki [MIY 90] utilise, suivant la saturation, la luminance, la base RVB ou la teinte.

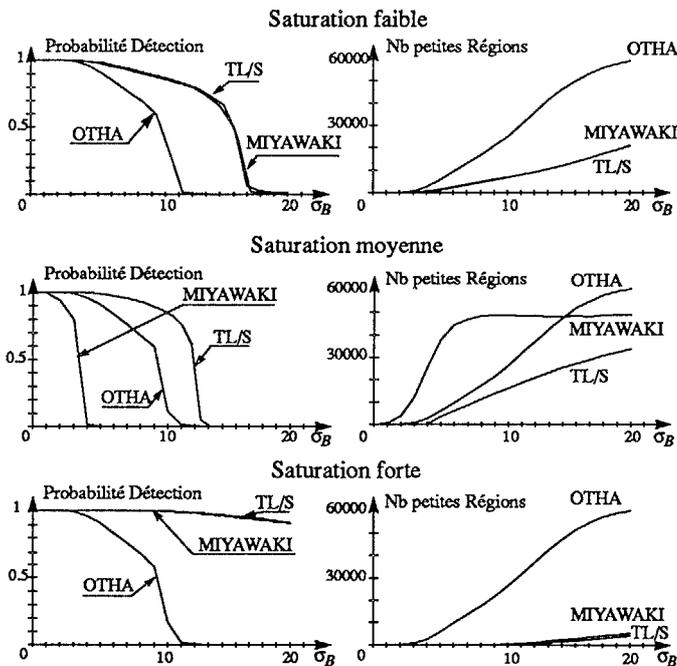


fig. 6 : Evolution des indicateurs de performance fonction de  $\sigma_B$

Ces courbes montrent que, pour les deux indicateurs de performances envisagés, la méthode proposée (TL/S) est supérieure ou équivalente à celle de Otha ou de Miyawaki. Pour Otha, ceci s'explique par une absence d'expression explicite de la teinte. Quant à Miyawaki, les mauvais résultats proviennent de la gestion brutale du passage d'une base à une autre.

Les résultats de notre méthode correspondent à un choix optimal des deux paramètres de réglage  $\beta$  et  $S_0$ . Ce choix peut être guidé par la connaissance du bruit et l'allure de la distribution de la saturation.

## 5. APPLICATION

Nous avons appliqué notre méthode et les deux méthodes concurrentes sur une image simple et de qualité moyenne composée de cubes de différentes couleurs disposés de manière à présenter deux faces exposées sous des éclairages différents.

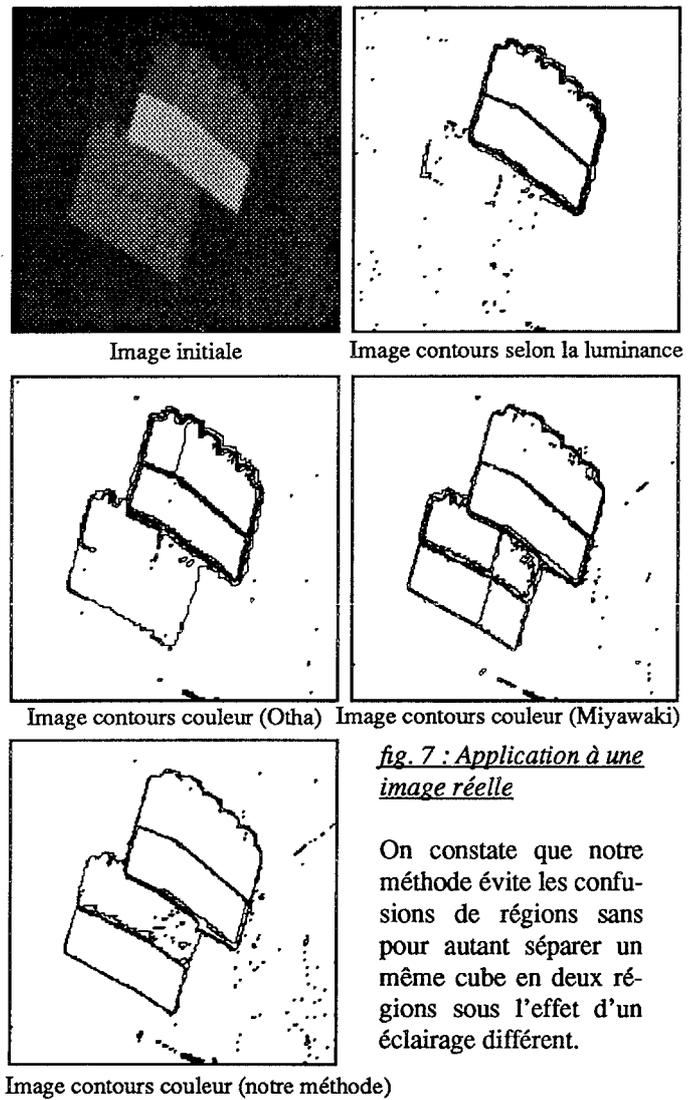


fig. 7 : Application à une image réelle

On constate que notre méthode évite les confusions de régions sans pour autant séparer un même cube en deux régions sous l'effet d'un éclairage différent.

## CONCLUSION

Nous avons présenté une méthode générale de segmentation en régions sur des images couleur en définissant une coopération entre la teinte et la luminance, sous contrôle de la saturation. Les indicateurs de performances utilisés montrent une bonne résistance de notre méthode vis à vis d'un bruit additif. L'utilisation explicite de l'information de teinte permet de s'affranchir des variations d'éclairage (ombres). En combinant ces résultats avec ceux obtenus en imagerie monochrome, il serait même possible d'envisager une reconstruction 3D.

## REFERENCES

- [CAR 91] T. Carron "Segmentation d'image couleur : coopération Teinte-Luminance / Saturation" Rapport int., Oct. 1991, LAMII.
- [KEN 77] Kender J. "Saturation, hue and normalized color: calculation digitization effects, and use", Master's thesis, Dept of CS. Carnegie-Mellon univ., 1976.
- [LAM 91] P. Lambert, H. Rotival, T. Carron, Ph. Bolon "Segmentation d'image couleur par coopération Teinte-Intensité", 13<sup>ème</sup> Colloque GRETSI, pp 1157-1160, Juan-Les Pins Sept. 1991.
- [MIY 90] T. Miyawaki, S. Ishibashi & F. Kishino "A region segmentation methode using color information" Actes 1<sup>er</sup> coll. sur les chaînes professionnelles de l'image. IMAGECOM 90 Bordeaux France Nov 90.
- [MOR 92] P. Morel "Analyse des performances d'une méthode de segmentation d'image couleur par coopération Teinte-Intensité" Rapport int., Oct. 1991, Univ. de Savoie LAMII
- [OTH 80] Y-I Otha, T. Kanade & T. Sakai "Color information for region segmentation", CGIP, 13, pp 222 -241, 1991.