

SEGMENTATION D'IMAGE COULEUR PAR COOPERATION TEINTE-INTENSITE

**P.LAMBERT - H.ROTIVAL
T.CARRON - Ph.BOLON**

Laboratoire d'Automatique et MicroInformatique Industrielle LAMII - Université de Savoie -
BP 806 - F.74016 Annecy Cedex
(CNRS - Gdr 134 - Traitement du Signal et Image)

RÉSUMÉ

ABSTRACT

Nous présentons une méthode de segmentation en régions appliquée à des images couleur. La segmentation associe les informations de teinte (T) et de luminance (L), sous contrôle de la saturation (S).

Nous introduisons pour cela une modification des transformations usuelles R-V-B -> T-L-S.

Enfin nous présentons des exemples de traitement sur des images réelles, en comparant les résultats obtenus avec ceux de méthodes plus complexes.

In this paper, a segmentation algorithm fitted with color imagery is presented. It is based on a cooperation between the hue (H) and the intensity (I) components, controlled by the saturation (S) component.

A modification of the classical R-G-B -> H-S-I transforms is introduced.

Some results, obtained with actual images, are presented.

1- INTRODUCTION

La plupart des systèmes de vision par ordinateur fonctionnent avec des images en niveaux de gris. Cependant, il existe un certain nombre de situations (en particulier l'analyse de scènes naturelles) où la seule connaissance de l'intensité d'un pixel ne suffit pas à fournir une analyse pertinente de l'image. L'utilisation de la couleur est une des solutions permettant d'enrichir l'information initiale et d'aboutir ainsi à une analyse plus performante. Cette démarche n'est pas nouvelle [BAH 87][TUR 86], mais restait jusqu'à ces dernières années marginale, en particulier à cause de son coût. Les récents progrès technologiques aussi bien au niveau des caméras couleur que des systèmes d'acquisition et de traitement ont donné un nouvel intérêt [LUO 91] à l'utilisation de la couleur.

Des études sur la perception psychophysique de la couleur ont montré que l'information couleur, bien que de dimension théorique infinie, peut se représenter dans un espace de dimension 3, c'est à dire que la plupart des couleurs peuvent être obtenues par combinaison linéaire de trois couleurs de base. Il existe de nombreuses bases permettant cette représentation tri-chromique de la couleur, mais en vision par ordinateur, la base la plus couramment utilisée est la base Rouge - Vert - Bleu. D'une manière pratique, une image couleur sera donc un triplet d'images monochromes, obtenu respectivement par acquisition de la scène à travers trois filtres rouge, vert et bleu.

L'analyse d'une image couleur peut alors être vue comme une extension en dimension 3 de l'analyse en niveau de gris. Parmi les différentes approches possibles, la segmentation en régions permet de partitionner l'image en composantes connexes homogènes selon certains critères - intensité, teinte, texture, ...

En imagerie couleur, on trouve un certain nombre de travaux proposant des méthodologies de segmentation. Nous pouvons en dégager les deux idées générales suivantes :

- Le souci de comprimer l'information initiale, de dimension 3, sur un sous-espace de dimension plus faible tout en minimisant la perte d'information. Cela prend souvent la forme d'une transformation de Karhunen-Løve [OTH 80] et assure une complexité moindre des algorithmes d'analyse.

- La seconde préoccupation est de faire ressortir l'information de chrominance de manière explicite, et en particulier de la décorréler de l'information d'intensité. Ceci demande aussi un changement de représentation [MIY 90].

Le travail présenté ici propose de concilier ces deux préoccupations en réalisant une segmentation en régions utilisant conjointement les informations de teinte et d'intensité. Dans une première partie, nous présenterons le principe général de la méthode. Ensuite nous détaillerons le changement de base nécessaire à la méthode, en l'évaluant en termes de robustesse. Puis nous exposerons l'algorithme de segmentation. Enfin, nous donnerons quelques exemples d'application sur des images réelles en comparant la méthode proposée à d'autres méthodes. Un exemple sur des images de scènes d'extérieur sera présenté [OTH 80][MIY 90].

2- PRINCIPES GENERAUX DE LA METHODE

L'idée générale de la méthode est de procéder en une seule macro-étape de segmentation - comme pour le traitement d'une image monochrome - mais en faisant intervenir simultanément la teinte et l'intensité dans les critères d'homogénéité de construction des régions.



Le principe de la segmentation envisagé est très classique [BAL 82] [ROT 90]. (Nous ne cherchons pas ici à définir de nouvelles méthodes de segmentation, mais à valider l'idée d'une coopération Teinte-Intensité). Il s'agit d'une technique locale par croissances de régions qui travaille avec un masque en L. (voir fig 1)

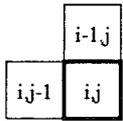
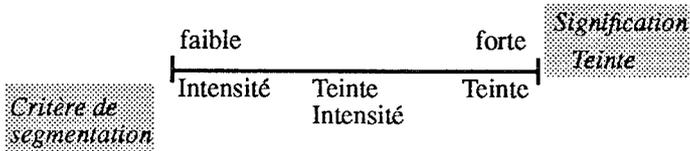


fig. 1 : Voisinage considéré pour agréger le pixel courant aux régions précédentes.

L'agrégation est décidée par comparaison des écarts d'amplitude (l'amplitude peut être une couleur, une intensité, une texture, ...) entre le pixel courant et ses voisins par rapport à un seuil.

Le choix de l'amplitude, couleur ou intensité, décidant du critère d'homogénéité se fait, du point de vue du principe, de la manière suivante :

La teinte est privilégiée lorsqu'elle est significative. Dans le cas contraire, on utilise l'intensité. Dans la zone intermédiaire et floue où la teinte est en partie significative, on fait intervenir simultanément couleur et intensité. Le diagramme ci-dessous résume cette stratégie :



Cette stratégie demande donc l'utilisation d'une nouvelle base de représentation des images couleur satisfaisant aux conditions suivantes :

- Expression explicite de l'information de couleur, décorrélée de l'information d'intensité.
- Présence d'un indice de mesure de pertinence de la teinte.
- Robustesse de la nouvelle représentation.

D'une manière générale, les transformations du type Rouge - Vert - Bleu \Rightarrow Teinte - Luminance - Saturation présentent les deux premières caractéristiques. Il existe cependant plusieurs manières d'élaborer de telles transformations, en fonction du but recherché. Nous allons maintenant détailler la construction de la base de représentation utilisée.

3- LA REPRESENTATION TEINTE - LUMINANCE - SATURATION

Les bases de représentation des images couleur sont nombreuses. En fonction des contraintes que nous avons évoquées ci-dessus, nous avons envisagé une base du type Teinte - Luminance - Saturation. La luminance, mesurant l'intensité globale, correspond à la notion d'intensité définie en monochrome, la teinte mesure la couleur du pixel et la saturation, indiquant le degré de pureté de cette couleur, permet de quantifier la pertinence de la teinte.

Une telle base s'obtient à partir de la base R-V-B en deux temps

- Une transformation linéaire définissant Y, C₁, C₂ par :

$$\begin{bmatrix} Y \\ C_1 \\ C_2 \end{bmatrix} = [M] \times \begin{bmatrix} R \\ V \\ B \end{bmatrix}$$

[M] est une matrice 3x3

- Une transformation non linéaire définissant respectivement la saturation et la teinte par le module et la phase dans le plan de chrominance.

La définition de la matrice [M] et le mode de calcul du module et de la phase entraînent certaines variantes dans ce type de transformations. On rencontre classiquement les deux transformations suivantes :

Système NTSC (conçu pour la télévision)

$$\begin{bmatrix} Y \\ C_1 \\ C_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.30 & 0.59 & 0.11 \\ 0.60 & -0.28 & -0.32 \\ 0.21 & -0.52 & 0.31 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} R \\ V \\ B \end{bmatrix}$$

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

$$T = \arccos(C_2/S) \qquad T = 2 \times \Pi - \arccos(C_2/S)$$

$[C_2 > 0] \qquad \qquad \qquad [C_2 \leq 0]$

Système 'TLS' (conçu pour le graphique) [BAL82]

$$\begin{bmatrix} Y \\ C_1 \\ C_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.33 & 0.33 & 0.33 \\ 1 & -0.50 & -0.50 \\ 0 & -0.87 & 0.87 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} R \\ V \\ B \end{bmatrix}$$

$$L = Y \qquad S = 1 - 3 \times \frac{\min(R, V, B)}{R + V + B}$$

Teinte : définition analogue à celle donnée dans le système NTSC

A partir de ces deux systèmes, bien adaptés à l'aspect psychophysique de la couleur mais peu à l'analyse d'image, nous avons élaboré une transformation hybride, notée 'TLSm', en procédant de la manière suivante :

- Recherche des coefficients de la matrice [M] adapté à nos images. Pour cela nous avons utilisé une palette de référence (teinte, luminance et saturation connues sur quelques points) et par minimisation par moindres carrés, nous avons estimé la matrice [M]. Nous avons pratiquement obtenu la matrice du système 'TLS'

- Puis, pour amoindrir les effets des singularités inhérentes à ce type de transformation, nous avons choisi le calcul de la teinte et de la saturation défini dans la transformation NTSC, obtenant globalement la transformation :

$$\begin{bmatrix} Y \\ C_1 \\ C_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.33 & 0.33 & 0.33 \\ 1 & -0.50 & -0.50 \\ 0 & -0.87 & 0.87 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} R \\ V \\ B \end{bmatrix}$$

Système 'TLSm'

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

$$T = \arccos(C_2/S) \qquad T = 2 \times \Pi - \arccos(C_2/S)$$

$[C_2 > 0] \qquad \qquad \qquad [C_2 \leq 0]$

Pour tester cette transformation, nous avons observé l'évolution de la saturation - paramètre stratégique de notre méthode - en fonction de certaines évolutions des composantes R-V-B. Les figures 2 et 3 illustrent les résultats. On constate une évolution plus régulière dans la transformation TLSm, surtout dans les zones de faible intensité. Il existe aussi dans la transformation TLS une singularité à l'origine qui n'apparaît plus dans la transformation TLSm. Ces qualités, qui se traduisent par une moindre sensibilité aux erreurs de quantification, sont essentielles dans l'évaluation quantitative de la pertinence de la couleur.

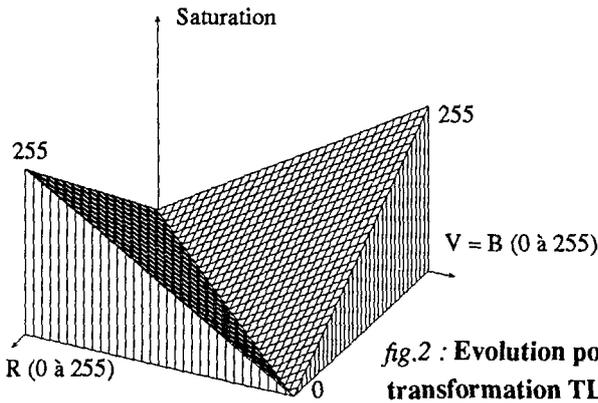


fig.2 : Evolution pour la transformation TLSm

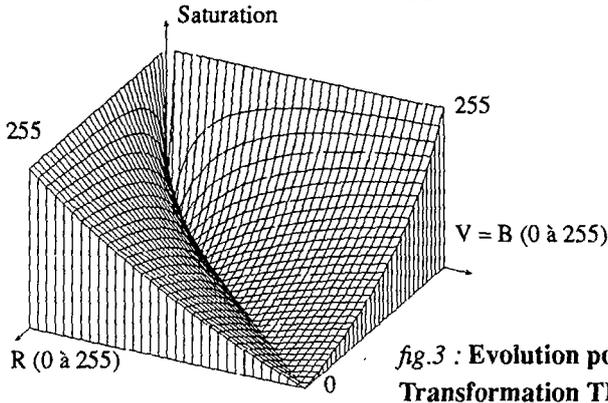


fig.3 : Evolution pour la Transformation TLS

4- SEGMENTATION TEINTE - INTENSITE

4 - 1 Elaboration de la méthode de segmentation

La méthode de segmentation reposant sur des critères positifs, nous avons additionné teinte et intensité, en les pondérant par un coefficient α fonction de la saturation. La figure 4 représente l'évolution de α .

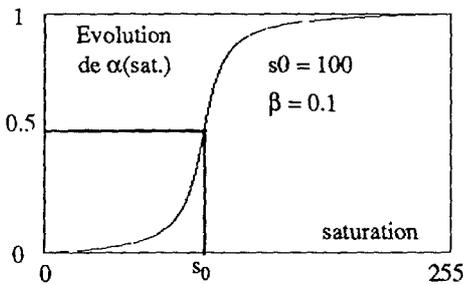


fig. 4 : loi de α

$$\alpha = 1/\pi[\pi/2 + \arctg(\beta(\text{sat} - s_0))]]$$

Si les triplets (T_c, L_c, S_c) et (T_v, L_v, S_v) désignent respectivement les amplitudes décrivant le pixel courant et son voisin, le critère d'agrégation de ces deux pixels prend la forme :

Si $\Delta = |A_c - A_v| < \text{seuil}$ alors agrégation des pixels.
avec $A_c = \alpha(S_c) \cdot L_c + (1 - \alpha(S_c)) \cdot T_c$ et $A_v = \alpha(S_v) \cdot L_v + (1 - \alpha(S_v)) \cdot T_v$

4 - 2 Analyse de la méthode de segmentation

Dans une région où la teinte est peu significative ($\alpha \sim 0$), on segmente essentiellement selon la luminance. Par contre, lorsque la teinte est pertinente ($\alpha \sim 1$), la segmentation se fait selon la teinte, au détriment de l'intensité qui est pourtant significative. Ceci revient à faire l'hypothèse, tout à fait cohérente, que l'homogénéité d'une région est plus liée à sa teinte qu'à sa luminance, fortement fonction de l'éclairage.

La fonction α peut être ajustée par deux paramètres de réglage s_0

et β . Ces deux paramètres sont actuellement réglés par expérience (essais successifs sur différents types d'images).

Il en va de même pour la valeur du seuil d'agrégation. Pour atténuer l'influence du choix de ce seuil, nous avons appliqué une segmentation itérative partant d'un seuil faible (beaucoup de régions) et incrémentant ce seuil à chaque itération. Le triplet d'images T-L-S sur lequel on applique la segmentation à chaque nouvelle itération est obtenu en donnant à chaque pixel la valeur de teinte (respectivement de luminance ou de saturation) correspondant à la teinte (respectivement luminance ou saturation) moyenne de la région à laquelle il appartient. Le nombre d'itérations peut être réglé à partir du nombre et de la taille des régions.

5- RESULTATS EXPERIMENTAUX

Nous avons expérimenté cette méthode sur une image réelle spécialement constituée de régions homogènes et offrant une palette représentative de quelques situations délicates (même teinte avec différentes saturations, teintes avec saturations faibles).(fig. 5-a). Nous avons comparé les résultats obtenus avec d'autres méthodes:

- Segmentation sur la base proposée par Otha [Oth 80]. Une nouvelle base de représentation (I_1, I_2, I_3) a été obtenue de manière statistique par une transformation de Karhunen-Løve dynamique sur un échantillon varié de quelques images. La base ainsi obtenue est supposée convenir, en moyenne, pour toute image, la composante I_3 ne contenant généralement que peu d'information. Nous avons appliqué la méthode de croissance de régions itérative sur chaque composante I_1, I_2 et I_3 , puis nous avons fait l'intersection des images segmentées obtenues. Le résultat (fig. 5-b) est tout à fait satisfaisant, mais il demande la segmentation d'au moins deux des trois composantes. Les couleurs affichées sont symboliques et ne représentent pas la teinte de la région.

- Segmentation sur la base R-V-B : Nous avons simplement segmenté les trois composantes R-V-B comme des images monochromes et fait l'intersection des régions obtenues. Indépendamment de la lourdeur de la méthode (3 segmentations), le résultat présenté en fig. 5-c montre l'excès de régions dû à l'opération d'intersection.

- Segmentation sur la base T-L-S [MIY 90] : Utilisant aussi la coopération Teinte-Intensité, cette technique définit trois zones de chrominance :

- Chrominance faible : Saturation < seuil1 : Segmentation selon l'intensité.
- Chrominance moyenne : seuil1 < Saturation < seuil2 : Segmentation selon les trois composantes R-V-B.
- Chrominance forte : Saturation > seuil2 : Segmentation selon la teinte.

Les résultats (fig. 5-d) sont satisfaisants, mais donnent un excès de régions dans certaines zones où il y a commutation entre les critères de segmentation - régions en bas à droite -.

Enfin, en figure 5-e nous présentons le résultat de notre méthode qui est sensiblement équivalente à la technique de Otha avec cependant un peu plus de bruit mais une complexité moindre et une plus grande généralité.

La figure 5-f présente le résultat de la méthode appliquée à une scène routière après seuillage dans le rouge de l'image des teintes segmentée. On identifie très précisément les panneaux [LAM 90].

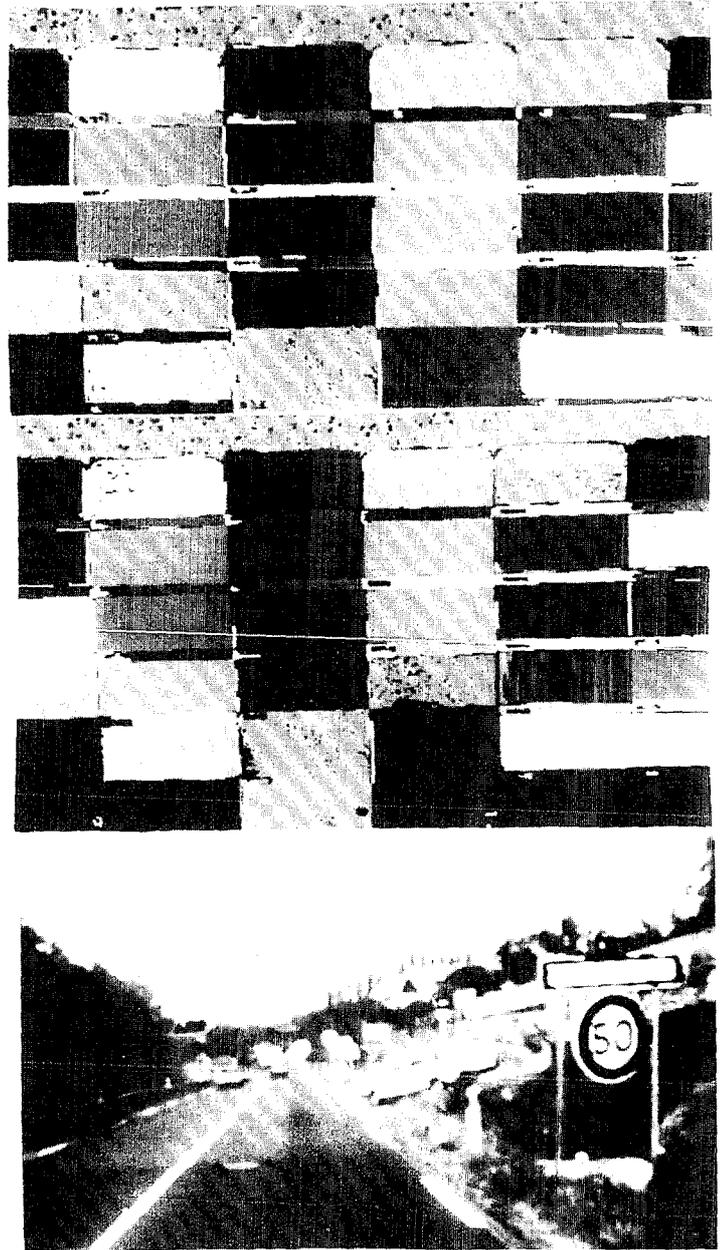
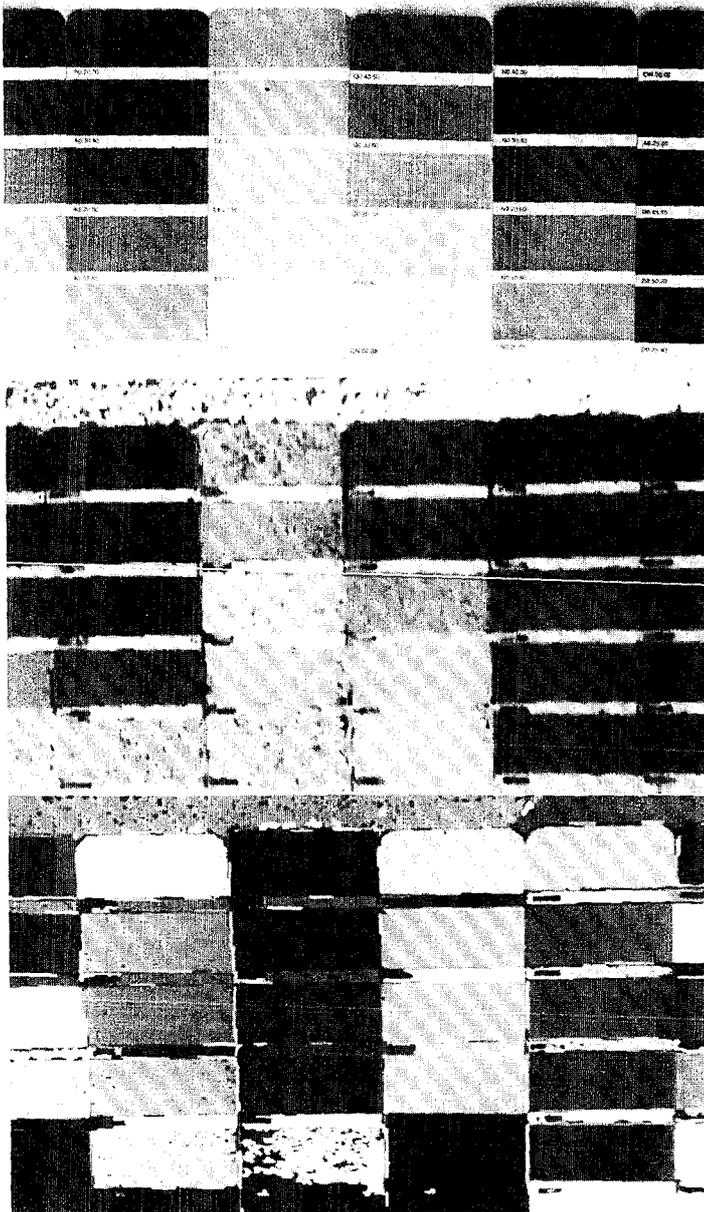


fig. 5-a. : Image test

fig. 5-c. : Image segmentée sur la base R-V-B

fig. 5-e. : Image segmentée sur la base T-L-S m

a	b
c	d
e	f

fig. 5-b. : Image segmentée sur la base de Otha

fig. 5-d. : Image segmentée selon la méthode Miyawaki

fig. 5-f. : Segmentation d'une scène naturelle d'extérieur

6-CONCLUSION

Les images couleur sont généralement acquises sous la forme de trois composantes Rouge - Vert - Bleu, ce qui augmente notablement la quantité de données à traiter en vue de l'analyse.

On définit ici un critère composite, associant teinte et luminance, sous contrôle de la saturation. On est alors ramené au problème classique d'une segmentation selon un critère d'homogénéité.

La qualité de l'estimation du paramètre de saturation influe sur le bon déroulement de la segmentation. Il est alors nécessaire de modifier les transformations RVB -> TLS usuelles, afin d'éviter les problèmes de singularité.

La méthode proposée a été testée en association avec un algorithme usuel de croissance de régions. Elle est utilisable avec tout algorithme de segmentation (split and merge, ...) basé sur un critère d'homogénéité.

REFERENCES

- [BAH 87] B. Bhanu & B. A. Parvin "Segmentation of natural scenes" *Pattern Recognition*, Vol 20, No. 5, pp 487-496, 1987
 - [TUR 86] M. A. Turk & M. Marra "Color road segmentation and video obstacle detection" *SPIE*, Vol 727, Mobile Robots pp 136-142, 1986
 - [LUO 91] Q-T Luong "La couleur en vision par ordinateur: une revue" *Traitement du Signal*, Vol 8, No. 1, pp 3-34, 1991
 - [OTH 80] Y-I Otha, T Kanade & T Sakai "Color information for region segmentation" *CGIP*, 13, pp 222-241, 1991
 - [MIY 90] T. Miyawaki, S Ishibashi & F. Kishino "A Region Segmentation Method Using Color Information" Actes du 1^{er} coll. sur les chaînes professionnelles de l'image. IMAGE' COM 90 Bordeaux France Nov 90.
 - [BAL 82] D. H. Ballard & C. M. Brown "Computer Vision" Prentice-Hall - 1982.
 - [ROT 90] H. Rotival "Utilisation de la couleur en imagerie : Application à la segmentation" Rapport de DEA & Rapport Interne LAMH Sept 1990
- REMERCIEMENTS** : Les auteurs remercient la société SODIMA et le SETRA pour les images mises à disposition.