

Indexation et Recherche d'Images par le Contenu

Fatma-Zohra BESSAI, Ali HAMADI, Sofiane SELMOUNI
Centre de Recherche sur l'Information Scientifique et Technique
Division Base de Données et Systèmes Multimédias
E-mail: ZBessai@mail.cerist.dz

1- Introduction

Nous assistons ces dernières années à une croissance énorme de l'information disponible dans des banques de données. Ainsi, nous manipulons quotidiennement un flot croissant d'information multimédia tel que le texte, le son, l'image fixe ou animée ; ou une combinaison de ces différents types de données. Le problème avec ces informations est qu'elles ne sont pas stockées d'une manière structurée, par conséquent il est difficile de retrouver l'information qu'on recherche en un temps opportun. L'exemple le plus illustratif actuellement est le Web. Mais, il n'y a pas que le Web. On peut trouver des banques de données disséminées un peu partout : dans un centre de télédétection, dans un centre médical, dans un centre de police, dans une librairie digitale ; qui pour les interroger et les exploiter on a besoin de système de recherche efficace [Abb 98]. Par conséquent, l'utilité et l'importance des systèmes automatiques d'indexation et de recherche d'informations ne sont plus à démontrer.

De plus, la recherche dans une grande base de données, en particulier des bases d'images est un problème d'une importance cruciale pour de nombreuses applications telles que :

- Les applications scientifiques (Imagerie médicale, ...).
- Les applications grand public (butinage Web, commerce électronique, ...).
- L'authentification (détecter les contrefaçons, identifier un visage, ...).
- L'art, l'éducation (recherche encyclopédique d'illustrations, ...).
- Les télécommunications (coder et transmettre les images par leur contenu, ...).

- Le désigne, la publicité (rechercher une texture spécifique pour l'industrie textile, illustrer une publicité par une image adéquate, ...).
- L'audiovisuel (rechercher un plan spécifique d'un film, ...).

Notre travail est une contribution dans le domaine des bases de données multimédias pour la mise en place d'outils et de méthodes permettant la recherche d'images par le contenu qui suscite actuellement un intérêt et une attention considérables et cela de la part de nombreuses communautés : celle de la recherche d'information qui étend son périmètre au-delà du texte vers les autres médias telle que l'image, celle du traitement et de l'analyse de l'image qui met ainsi en œuvre ses compétences dans un domaine où la demande est forte, celle de l'intelligence artificielle et de l'extraction de connaissances, et celle des bases de données.

Dans la suite de cet article, une fois le mot " contenu " de l'image défini, nous présentons l'approche de conception de notre système d'indexation et de recherche d'images par le contenu ainsi que les méthodes d'indexation utilisées. Nous terminons par une conclusion dans laquelle les principaux résultats obtenus sont exposés ainsi que les perspectives envisagées.

2- Recherche d'images par le contenu

Alors que les techniques pour manipuler les informations alphanumériques bien structurées selon des modèles bien définis sont bien au point, les techniques nécessaires pour manipuler de grandes collections d'informations non alphanumériques et qui sont, de façon inhérente, non structurées, telle que les images, sont dans leur enfance et commencent à peine d'être explorées [Bou 94] [Mar 99].

Dans ce travail, nous nous sommes intéressés essentiellement à la recherche d'images par leur contenu. Le mot " contenu " doit être bien défini pour le contexte d'une image car tout le travail à effectuer dépend de sa propre signification. Dans la littérature "contenu " signifie tout ce qui est renfermé dans un contenant. Dans notre cas le contenant est une image. Les images sont des données complexes qui, comme le texte, pour pouvoir être retrouvées, nécessitent une modélisation de leur contenu [Moc 97] [Nas 97] [Ogl 95].

Le contenu d'une image peut être vue à travers deux aspects différents ; physique et sémantique [Gon 87] [Gui 97] [Mar 87] :

- 1/ Aspect physique : Une image est représentée sous la forme d'un ensemble de régions, une région se définit alors comme un ensemble connecté de pixels ayant une ou plusieurs caractéristiques physiques communes.
- 2/ Aspect sémantique : Une image peut être décrite par un ensemble d'éléments identifiés selon un référentiel donné, pouvant se composer pour former des scènes au sein de l'image.

Nous nous sommes basées sur l'aspect physique de l'image. Ainsi, nous avons fait appel aux techniques d'analyse et de traitement d'images, en particulier la segmentation, pour mieux exploiter cet aspect.

Une image à l'inverse d'un texte, ne se décrit pas à l'aide d'un alphabet. Il n'est donc pas possible de la répertorier de façon simple. Une première approche consiste à donner des attributs textuels aux images à classer (mots clés, légendes). Mais indexer une seule image par cette méthode requiert plusieurs minutes à un documentaliste spécialisé. Une très grande part des documents ne l'est donc pas par manque de temps. La méthode par le texte voit là une de ses limites. De plus, une image se prête à des interprétations très subjectives et approximatives. Tout ça a donné aux acteurs de ce domaine l'idée de réaliser cette indexation de manière automatique [Hen 97] [Cha 98] [Dje 97]. Pour cela, deux approches ont été développées en recherche d'images par le contenu, issues de deux horizons différents [Abb 98]:

- L'approche dite "**Attribute-based**" venant des spécialistes des bases de données et de la recherche d'informations dans laquelle l'image est représentée par un ensemble d'attributs externes et / ou internes. Ensuite, la recherche se fait sur ces attributs de manière classique et analogue aux systèmes de recherche d'informations traditionnels. Le problème est la grande subjectivité dans l'association des attributs aux images. Aussi, les procédures d'indexation ne sont pas automatiques.

- L'approche dite " **Content-based** " venant des spécialistes de la vision et du traitement d'images dans laquelle l'image est représentée par un ensemble de traits " physiques " telle que la couleur, la texture, etc. Ici, d'abord, il n'y a pas d'interprétation humaine du contenu de l'image, donc on évite le problème de subjectivité dans l'association d'attributs à l'image. Ensuite, les procédures d'indexation peuvent être automatiques. Aussi, pour un certain nombre de traits telle que la couleur, on peut envisager un système ayant un degré de généralité raisonnable en ce sens qu'on peut considérer une base d'images hétérogènes.

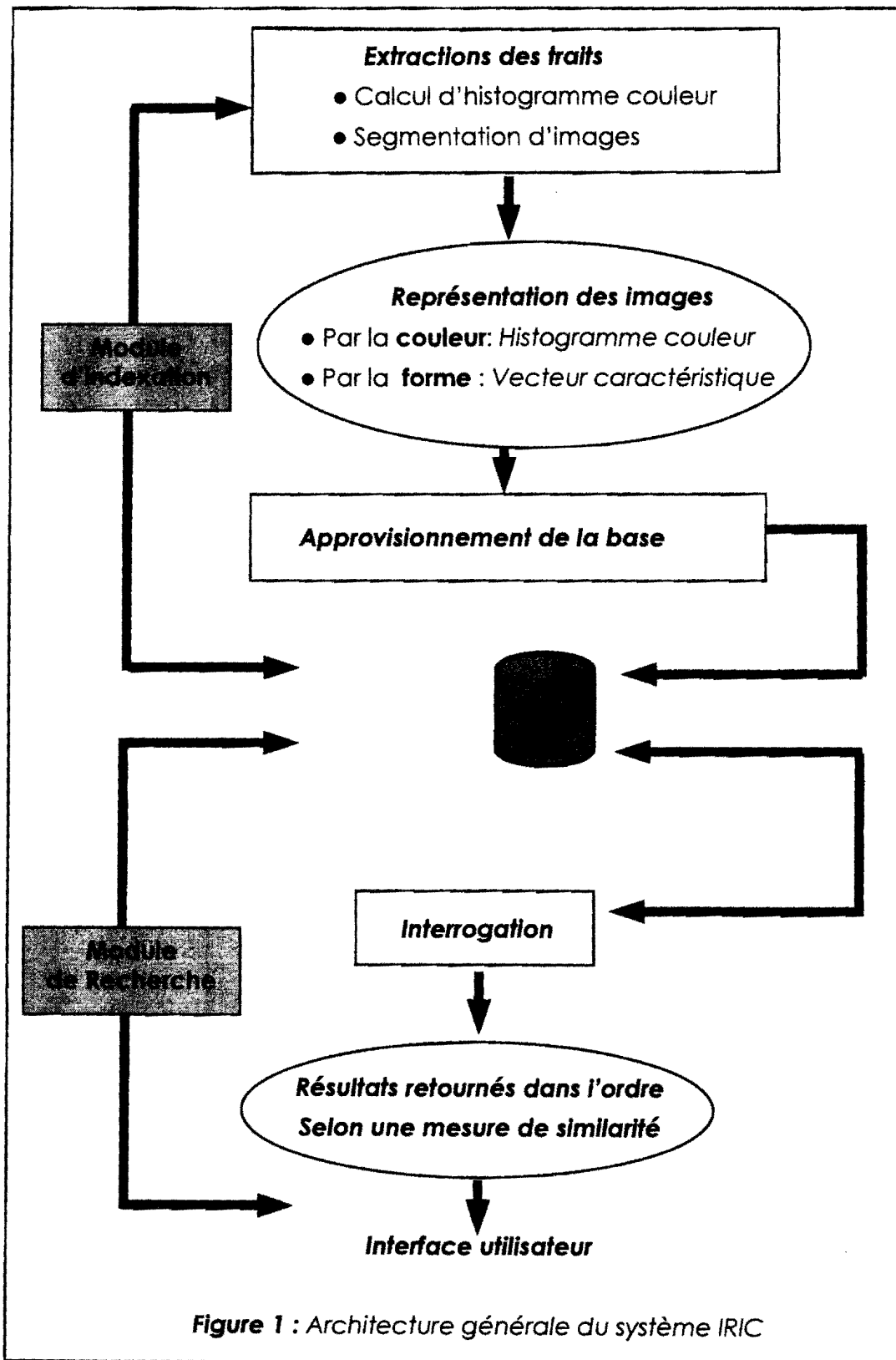
3- Conception et réalisation du système d'Indexation et de Recherche d'Image par le Contenu : Système IRIC

La couleur, la forme et la texture sont des caractéristiques importantes pour la description du contenu des images. Elles jouent un rôle très important dans la perception visuelle humaine. Par conséquent, beaucoup de recherches se font sur la couleur la forme et la texture afin de pouvoir les utiliser dans la reconnaissance et l'interprétation des images.

L'approche que nous avons adoptée pour la conception du système IRIC est l'approche " content-based ". Cette approche se propose de représenter les images par leur contenu. Elle a été conçue pour pallier aux insuffisances de l'approche " attribute-based " et répondre aux besoins d'informations des utilisateurs relatifs au contenu de l'image (couleur, forme, texture ...) qui est extrêmement difficile de l'exprimer par le texte.

Dans notre travail et dans un premier temps, nous nous sommes intéressés particulièrement aux attributs couleur et forme pour résoudre la problématique de recherche d'images par le contenu.

Le système IRIC est composé principalement de deux modules : un module d'indexation et un module de recherche.



3.1- Description de l'architecture du système IRIC

- **Représentation des images** : les attributs couleur et forme sont utilisés pour la représentation d'une image.
- **Approvisionnement de la base de données images** : avant d'être stockées dans la base de données, les images sont traitées afin d'extraire les traits décrivant leur contenu (couleur et forme). Pour ce faire, des procédures automatiques sont utilisées: Pour l'attribut 'couleur', une procédure automatique de génération d'histogramme couleur de chaque image de la base a été utilisée. Pour ce qui est de l'attribut 'forme', nous avons utilisé l'opération de segmentation.

Les traits extraits forment des index logiques pour les images et sont eux aussi stockés dans la base de données.

- **Interrogation de la base** : le système IRIC permet à l'utilisateur de fournir sa requête sous forme d'une image. Les traits (caractéristiques) sont ensuite extraits de la requête par les mêmes procédures utilisées pour l'approvisionnement de la base d'images, et présentés à un moteur d'appariement qui cherche les images de la base correspondant à la requête, en calculant la distance entre la requête et les images de la base. La mesure de similarité utilisée est la *distance euclidienne* [Del 99] [Gro 98]. Les images retrouvées sont ordonnées dans l'ordre croissant de la valeur de la distance. L'utilisateur a la possibilité de visualiser les images similaires correspondantes à sa requête grâce à l'interface graphique offerte par le système IRIC.

3.2- Extraction des caractéristiques de l'image

3.2.1- Attribut 'couleur'

La technique que nous avons utilisé pour représenter la couleur est celle des histogrammes couleur [Gro 97] [Gro 98]. C'est la technique la plus utilisée en recherche d'images. L'histogramme couleur d'une image représente l'énumération de la densité de chaque couleur présente dans cette image.

Le signal couleur peut être décomposé de diverses manières en trois composantes ; d'où la représentation de la couleur en espace appelé : espace de couleur.

Pour le système IRIC, l'espace utilisé est le RVB, qui est le plus communément utilisé en traitement d'images numériques [Kun 93]. L'espace RVB utilise les trois couleurs primaires : Rouge, Vert et Bleu.

Dans le module " Indexation " du système IRIC, l'histogramme couleur est calculé pour chaque image de la base de la manière suivante :

● **Pour chaque pixel de l'image faire**

Début

- Extraire la composante R.
- Extraire la composante V.
- Extraire la composante B.
- Calcul de l'histogramme couleur de l'image en **incrémentant la valeur de la densité de couleur ; initialement nulle ; correspondante à la couleur présente sur l'image.**

Fin.

● **Sauvegarde de l'histogramme dans la base de données du système IRIC.**

Le module " Recherche " est déclenché lorsque l'utilisateur fournit sa requête sous forme d'une image. Ainsi, le processus de calcul de l'histogramme couleur de l'image requête est exécuté. Les images de la base semblable à l'image requête sont trouvées par calcul de la *distance euclidienne* ; entre l'histogramme couleur de chaque image de la base et l'histogramme couleur de l'image requête ; par la formule suivante [Swa 91]:

$$D (B, R) = \sqrt{\sum_i (b_i - r_i)^2}$$

Avec :

- D (B, R) : la distance euclidienne entre l'image B de la base et l'image requête R.

- i : varie de 0 à 255 (correspond au niveau de couleur).
- b_i : l'élément i de l'histogramme de l'image de la base.
- r_i : l'élément i de l'histogramme de l'image requête.

Les résultats sont ensuite triés par ordre croissant ; de la plus petite distance correspondante à l'image la plus semblable (similaire) à l'image requête jusqu'à la plus grande distance.

Le résultat de la recherche sera par la suite affiché grâce à une interface graphique.

3.2.2- Attribut 'forme'

Afin d'exploiter la composante " forme ", nous avons fait appel aux techniques de segmentation d'images. La segmentation permet de délimiter les frontières d'objets (les formes) présentes dans l'image [Kar 95] [Tec 96] [Coc 97] [Azz 99]. Pour cela, un sous-module de " segmentation ", du module indexation, a été élaboré .

Il est à noter que la segmentation est une technique de reconnaissance et de traitement d'images au niveau pixel.

Le schéma global du sous module segmentation est le suivant :

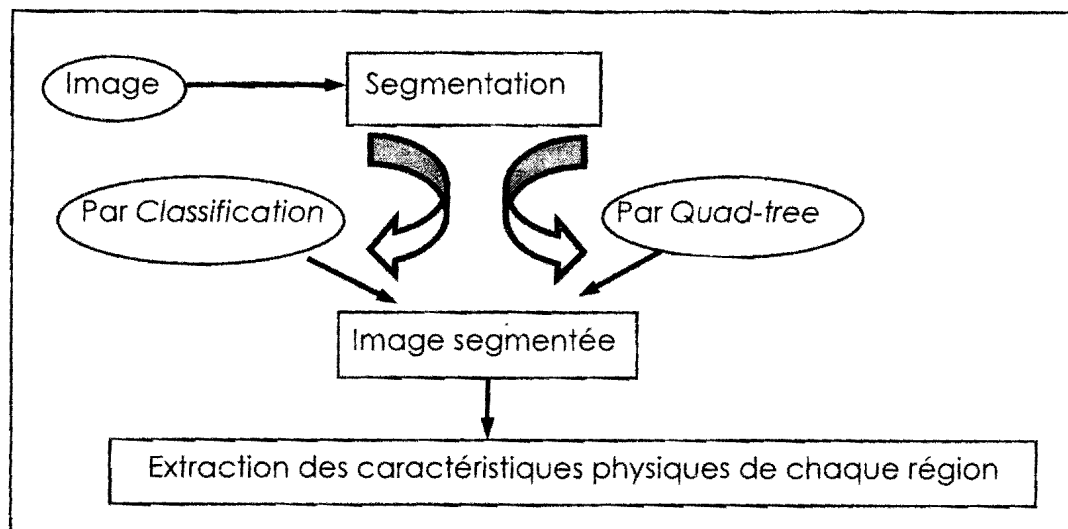


Figure 2 : Sous module de segmentation

Comme le montre la figure 2, nous avons fait appel à deux méthodes de segmentation pour l'extraction de régions homogènes : **Segmentation par classification et Segmentation par Quad-tree** [Ouk 99].

3.2.2.1 Segmentation par classification

La méthode de segmentation par classification est fondée sur la manipulation de l'histogramme des niveaux de gris présents dans l'image [Pen 95] [Nas 98].

Le premier problème rencontré lors de la réalisation de cette méthode, est la difficulté de la détermination des seuils de décision (les vallées). Les techniques généralement employées pour la détection des seuils sont fondées sur des considérations statistiques. Les résultats sont donc satisfaisants pour un certain type d'images. Pour adapter la méthode à un nombre important d'images qui représentent des caractéristiques photométriques différentes, il est nécessaire d'**automatiser** le processus de détection des vallées. Malheureusement, la procédure de seuillage automatique génère un nombre important de vallées. En effet, les images sont généralement bruitées, ce qui entraîne de multiples irrégularités sur l'histogramme de l'image. La procédure de seuillage est donc précédée par une étape de **lissage** de l'histogramme.

L'algorithme suivant montre les différentes étapes du traitement effectué pour l'extraction des régions homogènes de toute l'image :

Void classification ()

- **Charger l'image originale ;**
- **Masquer tout les pixels de l'image ;**
- **Calculer l'histogramme des niveaux de gris ;**
- **Lisser l'histogramme ;**
- **Tant qu'il existe des pixels masqués dans l'image de label**

Début

- **Extraire un mode de l'histogramme (une classe de niveaux de gris) :**
- **Chercher les composantes connexes parmi tout les pixels appartenant à cette classe ;**
- **Affecter le niveau de gris du pic à chaque composante connexe, et calculer les attributs de chaque composante ;**
- **Démasquer tout les pixels appartenant à la classe ;**
- **Calculer l'histogramme de l'image masquée.**

Fin

L'algorithme génère une liste de régions homogènes obtenues par le processus de segmentation.

3.2.2.2 Segmentation par Quad-tree

Cette méthode s'apparente à la technique de croissance de régions, mais l'algorithme débute sur une partition initiale obtenue après division de l'image en régions très homogènes puis fusionner les régions adjacentes vérifiant un prédicat d'homogénéité.

La partition est réalisée par une technique classique de division de région : la procédure SPLIT de *Pavlidis* [Ouk 99].

Pour ce faire, nous utilisons une description de l'image sous forme de *quadtree* (ou arbre quaternaire). La partition est obtenue par une division récursive de l'image en quatre parties égales jusqu'à ce que chaque zone vérifie un prédicat d'homogénéité P . Le processus de découpage génère un arbre dont la racine est l'image toute entière de taille $2^n \times 2^n$, et dont chaque nœud, sauf les nœuds terminaux, possèdent exactement 4 fils. Le processus est itéré pour chacun des fils jusqu'à obtention des régions homogènes.

En finalité, le processus de segmentation (par classification et par Quad-tree) génère une liste de régions homogènes. Ces listes sont ensuite utilisées lors de l'indexation des images par extraction des caractéristiques descriptives de chaque région d'une image de la base. Parmi ces caractéristiques nous trouvons:

- ✓ **La surface :** $S(R) = n$;
- ✓ **Le centre de gravité :** $CG(R) = ; \frac{\sum_k i}{n} \quad \frac{\sum_k j}{n}$
- ✓ **Le minimum :** $Min(R) = \min I(i, j)_k$;
- ✓ **Le maximum :** $Max(R) = \max I(i, j)_k$;
- ✓ **La moyenne :** $Moy(R) = (\frac{\sum_k I(i, j)}{n}$

Les deux premières caractéristiques sont des caractéristiques géométriques, tandis que les suivantes sont des caractéristiques photométriques, calculées sur les niveaux de gris de la région.

Les caractéristiques de chaque région sont sauvegardées dans la base de données du système IRIC, pour être utilisées lors de la recherche.

L'interrogation du système IRIC dans le cas de l'attribut 'forme ' est faite par la formulation d'une image requête. Cette image est traitée par le module de segmentation avant d'être indexée. L'utilisateur ; grâce à l'interface graphique du système IRIC ; visualise les différentes régions ; résultats de la segmentation ; ainsi que leurs caractéristiques. Il choisira sa requête sur une des régions de l'image requête. Les images de la base dont une au moins de leurs régions est semblable à la région requête sont trouvées par calcul de la distance euclidienne entre le vecteur caractéristiques de la région requête et les vecteurs caractéristiques des régions de chaque image de la base.

4- Conclusion

Nous avons présenté IRIC, un système d'indexation et de recherche d'images par le contenu. L'approche de conception du système IRIC et les méthodes d'indexation utilisées à savoir l'histogramme couleur, la segmentation par classification et la segmentation par Quad-tree ont donné des résultats encourageants. Le système IRIC utilise la stratégie de la recherche par l'exemple pour retrouver des images. Lors de son évaluation, nous avons relevé les points suivants : Le temps de traitement (indexation plus recherche) de l'image requête, nécessaire pour une image de résolution 128 x 128 est de quelques secondes, la recherche par l'attribut 'forme' donne de bons résultats car elle est sensible à l'orientation et au positionnement des objets de l'image dans le plan, de plus, la recherche par l'attribut couleur s'avère plus puissante que la recherche par l'attribut 'forme' car en plus de la sensibilité à l'orientation et au positionnement des objets, elle se base sur la similarité entre les histogrammes couleur.

Néanmoins, l'intégration d'autres caractéristiques en plus de la couleur et la forme, comme la texture par exemple, est souhaitable afin d'assurer des résultats plus pertinents.

Bibliographie

- [Abb 98]: N. Abbadeni, D. Ziou, S. Wang
Recherche d'images basée sur leur contenu.
Rapport de recherche, Université de Sherbrooke, 1998.
- [Azz 99]: M.Azzouz & S.Dendane.
Développement d'algorithmes de segmentation et classification de nuages en vue de l'estimation du rayonnement solaire à l'aide des images METESAT.
Thèse d'ingénieur. USTHB 1999.
- [Bou 94]: M.Bouzegoub, G.Gardarain, P.Valduriez
" objet: concepts-langages-méthodes-interfaces "
Edition Eyrolles, 1994.
- [Cha 98]: S. Chang
Image retrieval: past, present, and future.
New Media Technology Center, Columbia University, 1998.
- [Coc 97]: J.P. Cocquerez
Analyse d'images : Filtrage et segmentation
Edition MASSON, 1997.
- [Del 99]: A. Del Bimbo
Visual Information Retrieval.
Morgan Kaufmann Publishers, Inc. 1999.
- [Dje 97]: C. Djeraba, P. Fargeaud, H. Briand
A Retrieval by Content System in a Database.
IRIN, IRESTE. Université de Nantes, 1997.
- [Gon 87]: C.Gonzales
Digital image processing.
2ème édition. 1987.

- [Gro 97]: P. Gros
Utilisation de la couleur pour l'appariement et l'indexation
d'images.
Rapport de recherche, INRIA, 1997.
- [Gro 98]: P. Gros
De l'appariement à l'indexation des images.
Habilitation à diriger des recherches, INP de Grenoble, 1998.
- [Gui 97]: J.P.Guillois.
Techniques de compression des images.
Edition HERMES, 1996.
- [Hen 97]: P. Henry
Indexation automatique d'images.
Article paru dans Technologies internationales, n° 39, Novembre
1997, pp.7-11.
- [Kar 95]: R. Kara Falah & Ph. Bolon.
Une technique d'intégration des résultats en segmentation
d'images.
Paru dans le 15ème Colloque GRETSI, pp.573-576, Septembre 1995.
- [Kun 93]: M. Kunt
Traitement numérique des images.
Volume 2. Edition HERMES, 1993.
- [Mar 87]: A. Marion.
Introduction aux techniques de traitement d'images.
Edition HERMES, 1987.
- [Mar 99]: J. Martinez.
Multimédia et bases de données.
IRIN, Université de Nantes, 1999.

- [Moc 97]: F. Mocellin
Gestion de données et de présentations multimédias par un SGBD à objets.
Thèse de Doctorat, Université Joseph Fourier, Grenoble1, 1997.
- [Nas 97]: C. Nastar
Indexation et recherche d'images : enjeux, méthodes et perspectives.
Publication INRIA, 1997.
- [Nas 98]: C. Nastar
Surfimage : un système flexible d'indexation et de recherche d'images
CORESA'98.
- [Ogl 95]: V. Ogle
Chabot : Retrieval from a Relational Database of Images
Article paru dans Computer, Septembre 1995, Vol.28, n°9, pp.40-48.
- [Ouk 99]: S.Oukacha & D.Semani
Segmentation floue pour la mise en correspondance de régions en vue d'une perception de scènes 3D.
Thèse d'ingénieur. INI, 1999
- [Pen 95]: A. Pentland, R. W. Picard, S. Sclaroff
Photobook : content-based manipulation of images databases
Massachusetts Institute of Technology (MIT), 1995.
- [Swa 91]: M. Swain & D.Ballard
" Color Indexing "
International Journal of Computer Vision, 1991, 7 :1, pp.11-32,
- [Tec 96]: Techniques de l'ingénieur. Volume H3.
Informatique : " Analyse d'images " Traitements de bas niveau.
Par : P. Bolon & A. Chehikian.
Décembre 1996.

