

TEXTURE:UN ETAT DE L'ART

Paul POUADIOUO

INTRODUCTION

La notion de texture est l'une des moins bien définies ou tout au moins, l'une de celles dont les définitions font le moins l'unanimité des groupes de Recherche. Plus précisément, il semble permis de dire qu'il y a autant de centres d'intérêt dans l'analyse d'images que de concepts de texture, donc de tentatives de définition. Cependant cette notion reste incontournable dans toute analyse d'images, témoin l'abondance de littérature en la matière, et surtout parce que toute analyse d'images appelle un présupposé conceptuel sur la notion de texture, c'est-à-dire sous-entend ou produit un modèle de texture.

- * Est-ce en fait une notion indéfinissable?
- * Y a-t-il quelque part un paradoxe?
- * Les "modeleurs" et les thématiciens peuvent-ils parler le même langage?

Nous tenterons une réponse en présentant un aspect de l'art, en matière de texture. Nous nous intéresserons en effet, plus particulièrement à l'approche statistique.

* Pour le Dictionnaire la texture est la répétition spatiale d'un motif de base dans différentes directions de l'espace. Cette définition très insuffisante indique la nature structurée de la surface considérée; par exemple la texture d'un tissu, d'un mur de briques etc.... Les partisans d'une telle définition s'orientent généralement vers une approche spectrale, structurelle ou syntaxique de la texture.

* Plusieurs considèrent cependant qu'une texture ne possède pas de contours francs, mais plutôt un certain désordre, c'est-à-dire une disposition aléatoire que l'on pourrait considérer (avec une certaine approximation) comme visuellement homogène. On aurait alors une surface fermée, sans motifs isolables ou fréquences de répétition discernables: c'est le cas d'une photographie à distance d'herbes, de sable, de graviers etc.... Les partisans d'une telle définition s'orientent généralement vers une approche probabiliste.

* On peut donc schématiquement distinguer deux approches texturales, chacune ayant ses propres outils. Nous verrons cependant que la frontière n'est pas toujours nette entre ces deux grandes classes: statistique et structurale.

I. LES DEUX APPROCHES TEXTURALES

I.1. L'Approche statistique

Elle modélise les notions qualitatives usuelles de texture: granularité, contraste, homogénéité, répétitivité, fragmentation, orientation, etc

- a-La granularité est un trait dominant de la texture et même parfois par abus de langage synonyme de texture. Le grain qui donne la granularité est lui-même constitué de pixels voisins possédant le même niveau de gris. La taille et la densité des grains déterminent le niveau de finesse de la texture.
- b-Le contraste est basé sur le nombre de niveaux de gris et leur taux de variation. Changer le contraste c'est modifier ces paramètres, ce qui modifie la qualité de l'image mais pas sa structure.
- c-L'orientation est une propriété globale pour une région et traduit la direction générale prise par les motifs ou grains d'une texture.

* IL y a en fait plusieurs types d'approches statistiques. Certaines utilisent des transformations orthogonales locales sur l'image (Fourrier, Haar, Hadamard, Slant, Karhunen-Loeve). D'autres utilisent dans les statistiques locales de l'intensité lumineuse, principalement les lois du premier ordre (histogrammes) ou les moments du second ordre et surtout la fonction d'autocorrélation, qui peut être modélisée directement (Faugeras et Pratt [1, 2]) ou à partir du spectre de puissance (Bajcsy et Liebermann [3]) ou encore à l'aide d'un processus auto-régressif (Gagallowicz [4], Kormick [5], Tou & al [6]). A. Gagallowicz a également utilisé des moments d'ordres supérieurs et les lois jointes du second ordre. L'utilité de ces dernières a été justifiée par des études psycho-visuelles de Julesz et Gagallowicz [7]. Ces lois jointes ont un appréciable pouvoir de séparation pour la reconnaissance de texture.

* Dans l'article "Statistical and Structural Approaches to texture" [8], R. M. Haralick présente six approches statistiques différentes pour caractériser l'information texturale : la fonction d'autocorrélation, les transformations optiques, les transformations digitales (mesurant les fréquences spatiales), les probabilités de cooccurrence des niveaux de gris, des modèles autorégressifs.

* Dans un tout autre registre des outils de la morphologie Mathématique ont été développés par Mathéron et Serra [9]. Ils ont été appliqués par plusieurs, dont Flouzat (1984). Ces outils s'avèrent assez utiles dans la caractérisation morphologique des textures, et font leur chemin, un peu timidement mais néanmoins avec de plus en plus d'utilisateurs.

* Pour terminer avec les techniques statistiques, citons le travail de Laws [11] qui définit toute une gamme d'opérateurs de convolution à partir d'opérateurs de dérivation et de moyennes très simples, correspondant à des noyaux de convolution de taille 2×1 ou 1×2 . La combinaison de ces opérateurs fournit probablement l'une des meilleures et des plus rapides techniques de caractérisation de textures naturelles.

REMARQUE:

* La plupart des techniques utilisant les paramètres statistiques du premier ou du second ordre sont souvent limitées quant à leur utilisation:

- soit parce que certains paramètres sont difficiles à contrôler, par exemple les modèles autorégressifs ne peuvent contrôler que les moments d'ordre deux,
- soit parce que les modèles correspondants ne suffisent pas pour décrire entièrement la texture,
- soit à cause du problème de stabilité du filtre bidimensionnel utilisé,
- soit enfin à cause des dimensions des calculs et des espaces-mémoire nécessaires.

* Enfin la conjecture de Julesz reste valable dans la pratique (approximativement selon M. SONDGE [12]), à savoir : "les couples de textures différant par leurs statistiques du premier et du second ordre sont discriminables, mais des différences dans les statistiques du troisième ordre (et on le suppose aussi pour les ordres supérieurs) ne peuvent être perçues si les statistiques d'ordre un et deux sont identiques".

1.2. L'Approche structurale:

Elle modélise les relations spatiales entre éléments primitifs constituant l'image. Les règles de placement ou d'agencement spatial déterminent l'existence et la nature de la texture.

Il y a toujours deux phases dans cette approche:

1ère: définition des primitives

2ème: caractérisation des relations spatiales entre ces primitives. C'est-à-dire que dans un premier temps on effectue une croissance de région sur un ou plusieurs attributs (intensité lumineuse, gradient, etc) de façon à identifier les primitives qu'on caractérise par leur forme et la valeur moyenne de l'attribut utilisé. Dans un deuxième temps on calcule les histogrammes du premier ordre ou du second ordre de ces paramètres afin de caractériser leur répartition dans l'image. Branconne (1975) et Fourcade (1979) utilisent l'aspect topologique, tandis que Li et Fu (1976) développent des méthodes syntaxiques utilisant les grammaires d'arbre. Jeansoulin et al. (1981) et Cals (1984) utilisent quant à eux les méthodes ensemblistes faisant appel à la théorie des ensembles flous.

1.3. Quelques définitions proposées dans la littérature

* Pour R. M. Haralick et Gagallowicz la texture est un phénomène à deux niveaux, le premier concerne la description des primitives dont est composée l'image et qui sont ses propriétés caractéristiques; le deuxième implique la dépendance spatiale entre ces primitives.

* Pour Serra, la texture est l'ensemble des propriétés spatiales, périodiques ou non, d'un phénomène se déployant dans le plan de l'image. L'étendue de ce phénomène et la géométrie de ses limites ne participent pas à la texture; seul importe le contenu spatial, exprimé en termes statistiques ou morphologiques, et non pas son contenu.

REMARQUE:

* La perception des textures est un phénomène de groupement: l'invariance par translation est une caractéristique essentielle de cette perception. Si on déplace une fenêtre d'observation sur le plan d'une textures, les mesures texturales (qui restent à définir) restent invariantes. La taille minimale de la fenêtre d'observation laissant ces mesures invariantes s'appelle résolution de la texture.

* Aucun Chercheur à notre connaissance n'a pour l' instant donné une définition précise, satisfaisante pour tous, de la texture. Chacun essaie d'appréhender cette notion en fonction de son centre d'intérêt.

Le paradoxe et la difficulté nous semble provenir au moins en partie , de la complexité du système visuel de l'oeil humain:oeil/cerveau, qui comporte à la fois une réalité objective et une réalité subjective, le subjectif influençant l'interprétation de l'information objective par le sujet.

D'autre part le caractère partiel, donc approximatif des définitions actuelles semble aussi lié au fait qu'elles ne tiennent pas assez compte de l'origine physique de la texture. En particulier, en Télédétection, compte-tenu de la résolution spatiale, on rencontre rarement des pixels purs. De telle sorte que la valeur radiométrique du pixel est généralement une synthèse d'informations et non une information élémentaire. Par suite les définitions et techniques considérant l'information "pixélaire" comme information élémentaire peuvent être qualifiées d'approximatives. En effet , sous réserve de l'hypothèse que les grains photographiques sont invisibles(ce qui constitue bien sûr une approximation discutable, dans la pratique!), alors la taille minimale dm d'un objet identifiable est donnée par la formule

$$dm = \frac{10^{-4}}{e} \text{ où } e \text{ est l'échelle de l'image}$$

En outre, les conclusions d'une équipe de photo-interprètes publiée dans la Revue "Photo-interprétation" N°5, 1985, Fasc. 4, le niveau spatial de perception d'un objet est fonction de la résolution spatiale du capteur, du contraste avec le voisinage et de la dimension au sol.

Plus exactement, si:

- V_e =valeur de la tâche élémentaire,
- S_o =surface de l'objet dans la tâche élémentaire,
- M_o =valeur moyenne de l'objet,
- D_o =écart-type de l'objet,
- S_e =surface de la tâche élémentaire,
- M_v =valeur moyenne du voisinage,
- D_v =écart-type du voisinage

$$V_e = \frac{S_o M_o + (S_e - S_o)}{S_e} M_v = \frac{S_o}{S_e} (M_o - M_v) + M_v$$

$$\Rightarrow V_e - M_v = \frac{S_o}{S_e} (M_o - M_v)$$

critère de confusion : $\|V_e - M_v\| < D_v$.

$$\text{Si } \frac{S_e}{S_o} > \frac{\|M_o - m_v\|}{D_v},$$

alors l'objet se confond avec son voisinage. Donc le niveau de perception

d'un objet est directement proportionnel à son contraste $\|M_O - M_V\|$ et inversement proportionnel à l'homogénéité D_V du voisinage et au rapport de surface $\frac{S_e}{S_O}$.

* La texture semble être en fait une manifestation d'un phénomène d'organisation des valeurs radiométriques liées à plusieurs paramètres (justement non encore étudiés jusque là) . Lorsque ce phénomène est décomposable, il comporte en gros deux niveaux: un premier niveau microscopique local qui permet de dégager la notion de primitives de texture et un deuxième niveau macroscopique qui permet de dégager la notion d'agencement , d'organisation de ces primitives les unes par rapport aux autres .

* Il nous semble qu'une meilleure modélisation de la texture doit faire une synthèse des deux approches structurale et statistique parce qu'aucune des deux ne se suffit à elle-même pour donner l'information texturale précise et complète. Cette synthèse doit être complétée par une prise en compte de l'origine physique de la texture, en particulier le fait que l'information "pixélaire" n'est pas élémentaire en général et que l'échelle aussi influence la perception spatiale.

II. PROBLEME DE LA DISCRIMINATION DE LA TEXTURE

-SON EXTRACTION ET SA SYNTHESE

II.1. Discrimination

Nous présentons ici les conclusions des travaux de ZULESZ, généralisées par O. FAUGERAS [1] :

- a-Un observateur est sensible aux différences de densités de probabilité du premier ordre et du second ordre ;
- b-Un observateur est très sensible aux différences de densités de probabilité du troisième ordre pour des textures possédant les mêmes densités du second ordre;
- c-Un observateur est sensible aux différences dans la fonction d'auto-corrélation;
- d-Il est facile d'exhiber des couples de textures facilement discriminables visuellement et qui possèdent les mêmes moyenne, variance, et fonction d'auto-corrélation.

Ces conclusions donnent des bornes utiles pour le développement de signatures de textures aléatoires.

II.2. Extraction -Production

Nous nous intéresserons ici tout particulièrement aux textures basées sur un modèle aléatoire. Pour avoir une texture aléatoire, on applique un opérateur spatial, linéaire ou non à une variable aléatoire réelle indépendante et équidistribuée.

La description des statistiques du second ordre d'une texture la plus générale est la donnée de toutes les densités jointes $p(X_{kl}, X_{mn})$ où X_{kl} et

X_{mn} sont les valeurs radiométriques aux points de coordonnées (k, l) et (m, n) respectivement. Ces densités peuvent être approximées par des histogrammes. Et l'un des inconvénients majeurs dans ce cas est la dimension élevée des signatures car pour un voisinage $N \times N$ d'éléments d'images, on est conduit à générer N^2 histogrammes bidimensionnels, chacun d'eux étant un tableau $N_g \times N_g$ où N_g est le nombre de niveaux de gris de l'image..

Plusieurs auteurs ont proposé des signatures de texture basées sur des mesures de "spread" des histogrammes par rapport à la première diagonale. Si une région texturée est fortement corrélée alors les fortes valeurs des histogrammes seront concentrées au voisinage de la première diagonale, et dans le cas contraire on obtient une répartition plus uniforme des valeurs de l'histogramme.

REMARQUE

* Outre l'inconvénient sus-cité, il s'avère que la caractérisation, donc l'extraction des textures de faible contraste est très difficile. Cependant pour des textures fort contrastées on obtient une bonne précision dans la classification et dans l'analyse de l'image.

* Il y a donc eu des tentatives pour déterminer les primitives de textures de manière plus simple et plus efficace que les méthodes basées sur les histogrammes bidimensionnels ou les matrices de cooccurrence, par exemple certaines techniques de décorrelation que nous présentons ici. Elles se font par application, sur des histogrammes du premier ordre ou sur la fonction d'autocorrélation, des opérateurs blanchissants, du masque statistique, du Laplacien ou du Sobel.

TECHNIQUES DE DECORRELATION

FONCTION D'AUTO-CORRELATION : K_F

Si $F(j, k)$ est un champ aléatoire texturé obtenu par application d'un opérateur spatial sur un tableau de variables aléatoires réelles indépendantes et équidistribuées $W(j, k)$, et si on a: $-N < m, n < N$, alors la fonction d'autocorrélation K_F se définit par :

$$K_F(m, n) = E \{ F(j, k) F(j+m, k+n) \}$$

où $F(j, k)$ = champ aléatoire, $-N < m, n < N$,

K_F peut être approximée par:

$$EK_F(m, n) = \frac{1}{(2w+1)^2} \sum_{u=j-w}^{j+w} \sum_{v=k-w}^{k+w} F(u, v) F(u+m, v+n)$$

On blanchit la texture originale pour obtenir un champ aléatoire décorrélé

$DW(j, k) = F(j, k) \otimes H_w(j, k)$ où H est la réponse impulsionnelle du filtre blanchissant et

$$K_{DW}(m, n) = \begin{cases} 1 & \text{si } m = n = 0 \\ 0 & \text{si non} \end{cases}$$

REMARQUE :

La fonction d'autocorrélation d'une texture et l'histogramme du premier ordre de la texture blanchie contiennent suffisamment d'informations pour

la discrimination.

INCONVÉNIENT : trop de calculs

ALTERNATIVE : opérateur de pseudo-gradient qui est une approximation de l'opérateur blanchissant.

Par exemple si la fonction d'autocorrelation est séparable et Makovienne d'ordre 1 avec des coefficients de corrélation P_L et P_C le long des lignes et des colonnes alors l'opérateur blanchissant serait :

$$H_G = \frac{1}{(1-P_C)^2(1-P_L^2)} \begin{bmatrix} P_C P_L & -P_C(1+P_L^2) & P_C P_L \\ -P_L(1+P_C^2) & (1+P_C^2)(1+P_L^2) & -P_L(1+P_C^2) \\ P_C P_L & -P_C(1+P_L^2) & P_C P_L \end{bmatrix}$$

qui est le masque statistique

REMARQUE

A la limite

$P_C = P_L = 1 \Rightarrow H_G$ est un opérateur de Laplacien

$$H_G = \begin{bmatrix} 1 & -2 & 1 \\ -2 & 4 & -2 \\ 1 & -2 & 1 \end{bmatrix}$$

Si on utilise H_G comme approximation de l'opérateur blanchissant, l'estimation de la fonction d'autocorrélation se réduit à celle de P_L et P_C .

Autre opérateur possible = Le Sobel S

$$F(j, k) \xrightarrow{S} G(j, k) = [H_L(j, k) \otimes F(j, k)]^2 + [H_C(j, k) \otimes F(j, k)]^2$$

$$\text{où } H_L = \begin{bmatrix} 1 & 0 & -1 \\ 2 & 0 & -2 \\ 1 & 0 & -1 \end{bmatrix} \quad \text{et } H_C = \begin{bmatrix} 1 & 2 & 1 \\ 0 & 0 & 0 \\ -1 & -2 & -1 \end{bmatrix}$$

L'utilisation du masque statistique, du Laplacien, de l'opérateur de Sobel ou d'un opérateur quelconque de pseudo-gradient à la place de l'opérateur blanchissant, conduit à une procédure généralisant la méthode d'extraction de primitives développée par Weska, Dyer et Rosenfeld, qui consistait à former la différence entre un bloc de texture et un bloc translaté.

SIGNATURES A EXTRAIRE:

a) :Histogrammes du 1er ordre $P(b)$ à L niveaux de gris :

$$\text{- moyenne : } b_M = \sum_{b=0}^{L-1} P(b)$$

$$\text{- déviation : } b_D = \left[\sum_{b=0}^{L-1} (b-b_M)^2 P(b) \right]^{1/2}$$

- le "Skewness" - mesure de l'asymétrie de l'histogramme:

$$b_S = \frac{1}{(b_D)^3} \sum_{b=0}^{L-1} (b-b_M)^3 P(b)$$

- Mesure de la différence de forme avec un histogramme gaussien :
"Kurtois"

$$b_K = \frac{1}{(b_D)^4} \sum_{b=0}^{L-1} (b-b_M)^4 P(b)$$

b) Pour la fonction d'autocorrélation on peut faire une projection sur des bases de fonctions simples pour ne conserver qu'un nombre restreint de projections.

III. SYNTHÈSE DE LA TEXTURE

La synthèse peut se faire de plusieurs manières: a partir de l'histogramme, des coefficients d'autocovariance, la moyenne d'espace (du premier ordre ou du second ou même éventuellement des ordres supérieurs).

Certains utilisent des modèles autorégressifs bidimensionnels.

a - Synthèse à partir des moyennes d'espace d'ordre deux

La plupart des méthodes pour la synthèse des textures ont pour but de déterminer et de contrôler des paramètres de discrimination de la texture.

Nous présentons ici entre autres quelques éléments des travaux de M. SONDGE sur la synthèse de texture.

L'image étant considérée comme la réalisation d'un processus stochastique homogène de $N \times N$ dans $G = \{0, 1, \dots, N_g - 1\}$, où N_g est le nombre de niveaux de gris de l'image.

On note X_m la valeur de X au point m de coordonnées (x_m, y_m) . $d = (dx, dy)$ étant un déplacement dans l'image de la position (x_m, y_m) à la position $(x_n = x_m + dx, y_n = y_m + dy)$, on note $X_n = X_m + d$ la valeur de X au point n de coordonnées (x_n, y_n) .

On appelle moyennes d'espace du premier ordre, les probabilités $p'(g_1) = p(X_m = g_1) = p(X_n = g_1)$, pour g_1 quelconque dans G (cette double égalité est due au fait de l'homogénéité de X).

On appelle moyennes d'espace du second ordre les probabilités : $p'(g_1, g_2) = p(X_m = g_1, X_m + d = g_2) = p(X_n = g_1, X_n + d = g_2)$, pour g_1, g_2 éléments de G .

Ces probabilités p' sont des estimées sur une réalisation du processus , donc :

$$P'(g1) = \frac{1}{N} \sum_{m=1}^N \delta(x_m - g1)$$

$$P'(g1, g2) = \frac{1}{N} \sum_{m=1}^N \delta(x_m - g1) \delta(x_{m+d} - g2)$$

où N est le nombre de points du plan et δ le symbole de Kronecker.

A chaque déplacement correspond ainsi la matrice de cooccurrence M_d . Pour faire la synthèse à partir des moyennes d'espace d'ordre 2 on calcule ces matrices correspondant aux probabilités estimées du second ordre et ce, pour chaque déplacement considéré d . On obtient ainsi un vecteur attribut B contenant tous les éléments de toutes les matrices M_d calculées en concaténant les éléments de ces dernières ligne par ligne.

* Le but est de générer une texture dont le vecteur attribut B a une valeur donnée à l'avance. Dans la pratique on peut partir d'une image naturelle dont on calcule toutes les matrices M_d pour un ensemble déterminé de déplacements du plan. On estime ainsi le vecteur B puis l'histogramme désiré. On crée alors une texture TX sous forme d'un bruit blanc homogène dont l'histogramme correspond à celui désiré. Cette image de bruit blanc constituera l'image initiale du processus de synthèse et son vecteur attribut B^{TX} est le vecteur attribut initial.

On calcule alors l'erreur quadratique $ERR = ||B - B^{TX} ||^2$ que l'on compare à un seuil fixé ϵ , puis en cas de non satisfaction on met à jour B^{TX} , en modifiant point par point l'image et on réitère l'opération.

M. SONDGE propose un traitement séquentiel-parallèle et aussi entièrement parallèle pour cette mise à jour, ce qui n'est pas sans intérêt en interactif.

REMARQUE:

Tous les points d'un bruit blanc sont indépendants ce qui permet la génération de chaque point indépendamment des autres points de l'image. Pour générer un point m on génère un nombre aléatoire a_m compris entre 0 et 1 suivant une distribution uniforme, à l'aide de la fonction de répartition.

D'autre part en vertu de l'indépendance, les moyennes d'espace d'ordre 2 peuvent être calculées à l'aide des moyennes d'espace du premier ordre .

Notons que la qualité et l'efficacité d'une technique de synthèse utilisant les matrices de cooccurrence réside d'abord dans l'estimation de l'erreur ERR ensuite dans la technique de mise-à-jour. Cette technique permet en outre de contrôler les paramètres quelconques en modifiant le contenu de B .

Selon les conclusions de A. Gagalowicz et M. Sondge [12] la convergence de cet algorithme est assurée dans le cas des textures naturelles mais aucune hypothèse ne peut être formulée en l'état autrement car à notre connaissance il n'existe pas pour l'instant de condition nécessaire et suffisante assurant l'existence d'un processus stochastique X dont les moyennes d'espace du second ordre sont données a priori.

Enfin notons que dans cette méthode la taille de la fenêtre de contrôle joue un rôle, et que la taille de B est proportionnelle à N^2g .

b-Synthèse à partir de l'histogramme et des coefficients d'autocovariance

La méthode est analogue à la précédente à la différence près que d'une part le vecteur B est ici formé par les paramètres d'autocovariance au lieu des moyennes d'espace; d'autre part l'erreur ERR qui se minimisait sans contrainte précédemment se minimise ici sous la contrainte de l'histogramme de la texture.

Selon le critère de minimisation utilisé par M. Sondge , en collaboration avec A. Gagalowicz le nombre d'opérations est proportionnel au nombre de points dans le plan de l'image générée, donc Ng fois moins élevé.

c-Synthèse à partir d'un modèle autorégressif

La technique d'estimation linéaire est beaucoup utilisée dans le traitement du signal monodimensionnel, par contre les signaux bidimensionnels posent plus de difficultés, surtout dans les tests de stabilité.

Plusieurs auteurs utilisent des modèles autorégressifs par exemples[4,12,13,14] et[12] proposent un modèle autorégressif demi-plan asymétrique pour effectuer la synthèse de texture. Ce modèle se déduit de la suite des corrélations du processus bidimensionnel correspondant à un ensemble de déplacements (cf. ci-dessus). La stabilité du filtre est ici résolue (approximativement) à partir de la technique du PLSI (Plannar Least Square Inverse) ,fondée sur une conjecture de Shanks[15], simplifiée par Huang[16] (contredite toutefois par Genin et Kamps[17]). Deux PLSI ont été nécessaires pour stabiliser le filtre.

Les paramètres contrôlés ici sont les moments d'espace d'ordre deux des textures. Pour les exemples considérés par l'auteur ces paramètres suffisaient pour obtenir un bon résultat dans le cas gaussien, tandis que dans les cas non gaussiens les résultats étaient bien moins satisfaisants.

IV. CONCLUSION

Le domaine de l'étude de la texture est encore loin d'être bien exploré. En effet toutes les méthodes de synthèse de texture considèrent la texture comme un vecteur de paramètres statistiques . Il ressort de la présentation sus faite que de tels vecteurs ne suffisent pas pour rendre compte de manière précise de la texture d'une image. Nous réaffirmons qu'il faudrait tenir compte de l'origine physique de la texture, des paramètres statistiques, de l'approche structurale et enfin des concepts morphologiques. Thématiciens et "modeleurs" ne peuvent s'entendre , parler le même langage que dans la mesure où la définition de la texture devient moins approximative et où dans l'analyse de l'image l'aspect objectif l'emporte sur le subjectif.

Il nous semble que l'avenir de la maîtrise de l'image réside dans la compréhension plus approfondie de sa texture, donc dans sa définition plus complète et cohérente. Nous espérons pour notre part contribuer à cette définition dans nos communications ultérieures.

BIBLIOGRAPHIE

- FAUGERAS O. D. and PRATT W. K. , "Decorrelation Methods of Texture Feature Extraction", IEEE Transaction on PAMI, vol. PAMI2 N°4 P. 323-332, 1980. [1]
- PRATT W. W., FAUGERASO., and GAGALOWICZ A. , "Visual Discrimination of Statistic Texture Fields", IEEE Trans. On Systems, Man and Sybernetics. Vol. 8, N°11, pp 796-804, Nov. 1978. [2]
- BAJCSY R. and LIEBERMANN L. , "Texture Gradient as a depth cue "Computer Graphics and Image Processing, Vol. 5, N°1, p52-67, 1976. [3]
- GAGALOWICZ A. , "Vers un modèle de texture" Thèse d'état, Mai 1983, Paris VI. [4]
- Mc. KORMICK B. and JARAMAMURTHY Y. , "Time Sseries Model For Texture Synthesis", Compt. Inform. Sci. 3, 1974, pp329-343. [5]
- TOU J. T. , KAO AND D. B. CHANG Y. S. , "Pictorial Texture Analysis an Synthesis" 3rd International Conference on Pattern Recognition, Nov. 8-11, 1976. [6]
- GAGALOWICZ A. "A new method for Texture Fields Synthesis, Some Applications to the Study of Human vision", IEEE Trans. On Pattern Analysis and Machine Intelligence, Vol. PAMI-3, N°5, Sep. 1981. [7]
- HARALICK R. M. : "Statistical and Structural Approches to Texture", Proc. IEEE, Vol. 67, N°5, May 1979. [8]
- MATHERON G. , "Elément pour une théorie des milieux poreux", Paris, Masson, 1967. [9]
- SERRA J. "Mathematical morphology and Image Analysis", Academic Press, 1982. [10]
- LAWS K. I., "Textured Image segmentation", University of Southern California, U.S.C.I.P.I., Report 940, 1980. [11]
- SONDGE M. Thèse Paris VI, Mai 1983 "Synthèse de texture". [12]
- FAUGERAS O. Thèse d'Etat Paris VI, Juin 1979, "Application des Modèles de Vision au Traitement Numérique des Images". [13]
- JULESZ B. , "Visual Pattern Discrimination", IRE Trans. Inform. Theory, Vol. 1, T. 8 , N°1. 84-92, Fèv. 1962. [14]
- SHANKS J. L. , JUSTICE J. H. , "Stability and Synthesis of Two-Dimensional Recursive Filters", IEEE Trans. Audio , Electroacoustic AU-20(2), pp 115-128, 1972. [15]
- HUANG T. S. , SHREIBER W. F. , TRETIK O. J. , "Image Processing" Proc of IEEE, Vol;59, N°11, Nov. 1971. [16]
- GENIN, Y. , and KAMP Y. , "Conter-Example in the least-Square Inverse Stabilisation of 2-D Recursive Filter", Electronics Letter 11 p 330-331, 1975. [17]

AUTES LECTURES UTILISEES (NON CITEES)

- STEVEN W. ZUCKER, "On the Fondations of Texture. A Transformation Approach", U. of Maryland Rep. TR. 331, 1974.
- JOURLIN M. and PINOLI J-C, "A Model for Logarithmic Image Processing", dép Maths, U. ST-Etienne, N°3, 1985, dans 'Microscopy'.
- PINOLI J-C, "Contribution à la Modélisation, au Traitement et à l'Analyse d'Images", Thèse Univ. St-Etienne, Fèv. 1987.