

## VECTORISATION DE CARTES NUMERISEES

L. LEFRERE \*<sup>◇</sup>, E. MENU<sup>◇</sup>, J.M. OGIER \* ,  
C. OLIVIER \* , Y. LECOURTIER \*

\* LACIS - UFR des Sciences & Techniques - Université de Rouen - BP 118 - 76134 Mont-Saint-Aignan Cedex

◇ LTIS - Maïra MS2I "Les Miroirs" - BP 235 - 38, Boulevard P. Cézanne - Guyancourt - 78052 Saint-Quentin-en-Yvelines Cedex

### RÉSUMÉ

La vectorisation de cartes numérisées a pour but d'extraire de la façon la plus automatique possible les différents éléments d'une carte afin de stocker l'information géographique sous forme objet plutôt que sous forme pixel. Nous présentons ici nos premiers résultats sur la segmentation d'image suivant des paramètres de couleur, sur l'analyse et la description du réseau routier et sur l'extraction de primitives utiles à la reconnaissance de caractères.

### I. INTRODUCTION

Nous proposons dans cette communication des méthodes permettant la vectorisation de cartes polychromes au 1/50000e scannérisées sur trois canaux Cyan, Magenta, Yellow (CMY) avec 256 niveaux sur chaque canal. Le but de la vectorisation est de transformer cette information pixellaire en une information de type objet utilisable par un Système d'Information Géographique. Trois aspects de cette vectorisation sont présentés. Un premier module permet d'extraire 4 plans binaires, chacun étant représentatif d'une couleur de base de la carte (Rouge, Vert, Bleu ou Noir). Il tient compte des problèmes liés au passage de l'information originale par le support papier (superposition d'objets, synthèse des pigments) et par le scanner (déformation des valeurs radiométriques par l'optique du scanner). Après traitement, l'information se retrouve donc à la fois simplifiée -4 plans binaires au lieu de 256<sup>3</sup> couleurs possibles- et plus informative par la recombinaison de certains objets partiellement masqués par une superposition.

Le second module consiste en l'extraction du réseau routier. Il est basé sur la recherche et l'étude de l'évolution d'un germe représentatif d'un modèle de route. L'évolution est étudiée par une méthode incluant un suivi de trait approprié et une distribution de Gibbs définie à partir de fonctions caractéristiques de la route considérée.

Le troisième module permet la reconnaissance de caractères, à partir d'une extraction de masses connexes de taille et de densité adaptées effectuée sur le plan des noirs (plan où se situe plus de 90 % de l'information textuelle). Des primitives invariantes par rotation alimentent un double classifieur neuronal modulaire: le premier donne l'appartenance de l'objet à une classe

### ABSTRACT

The objective of the vectorisation of digital maps is to extract as automatically as possible their various elements in order to store them as object instead of pixmap.

We present here our first results on image segmentation based on color parameters, on analysis and description of roads network, and finally on the extraction of primitives useful for characters recognition.

de lettres à propriétés géométriques communes, le second, différent suivant la classe traitée, déduit la lettre par des critères supplémentaires.

D'autres modules, comme la caractérisation de la texture, sont étudiés au sein du LTIS et du LACIS.

### II. SEGMENTATION EN PLANS BINAIRES : UNE PREMIERE ETAPE VERS LA COMPRESSION

Lors de sa création, une carte est imprimée à partir de 4 typons (rouge, vert, bleu et noir), les gradations des couleurs étant rendues par le tramage. La segmentation, par son codage sur ces 4 plans, permettra de retrouver ces typons.

#### 1. Principes de la segmentation

Chaque point de l'image initiale est codé dans le repère Cyan, Magenta, Yellow (C,M,Y) par un octet sur chaque plan. Sur la carte ainsi numérisée, on remarque qu'un motif ayant une couleur homogène à l'œil n'a pas une valeur radiométrique constante sur toute sa surface: il passe par de faibles valeurs sur les bords pour arriver à un maximum caractéristique de cette couleur en son centre. Cette détérioration de l'information sur les contours est due non seulement à la diffusion des encres entre elles et à leur absorption relative par le papier, mais aussi au scanner. En effet, pour obtenir les valeurs d'un pixel, celui-ci moyenne l'information sur un carré de côté égal au pas de discrétisation.

C'est ce principe qui est utilisé pour modifier l'apparence d'une couleur: par exemple une route qui semble rouge pâle à l'œil est en fait constituée d'un tramage de rouge intense et de blanc. Bien que l'encre utilisée pour un tramage ou un aplat soit la



même, les valeurs de rouge obtenues au scanner sur un tramage sont atténuées par rapport à un motif plein à cause de l'effet de moyennage mentionné ci-dessus.

La difficulté lors de la segmentation est d'estimer l'importance de la détérioration des valeurs sur les bords et de définir les limites précises des zones de couleur dans le repère (C,M,Y). Dans le cas de motifs isolés monochromes sur fond blanc, un seuillage d'histogramme classique [SAH 88] permet de séparer les 4 couleurs de base.

Les motifs superposés n'ont pas les mêmes valeurs radiométriques en CMY que ces motifs sur fond blanc. En fait, cette superposition se traduit par une augmentation des valeurs. La séparation des 4 couleurs est donc plus difficile à évaluer du fait de la modification des histogrammes dans le repère (C,M,Y). Une technique mathématique de seuillage sur des histogrammes multi-modes a été développée [OLI 91] permettant cette séparation et ainsi la restauration des 4 couleurs.

### 2.Compression

La segmentation précédente en plans de couleur binaire réalise en fait une compression. En effet, le codage de chaque point de l'image est passée de 3 fois un octet, soit 24 bits sur les fichiers CMY, à 1 bit par plan soit 4 bits. On a ainsi obtenu une compression de rapport 6. De plus, cette compression s'accompagne d'une première analyse d'information indiquant la superposition des objets, ce qui est utile pour leur reconnaissance et donc pour la vectorisation de ces objets.

### 3.Résultats

Des résultats de ce module sont montrés en fin de communication. (figures 5 à 8)

## III. EXTRACTION DU RESEAU ROUTIER : UNE APPLICATION PARTICULIERE DU SUIVI DE TRAIT

L'extraction du réseau routier sur carte géographique est basée sur un algorithme déterministe de suivi de trait. Cet algorithme est fiabilisé par une vérification probabiliste de la conformité entre un modèle idéal de route et l'élément reconnu comme tel [GRA 89].

### 1. Suivi de trait

La partie déterministe de cet algorithme consiste à suivre un élément du réseau routier en progressant par pas adaptés en son centre et en isolant ainsi le pseudo-squelette de cet élément. Cet algorithme est basé sur le même principe que celui développé par T.Paquet [PAQ 90] sur les caractères manuscrits. Il définit la direction globale du suivi de trait comme la direction permettant le plus long déplacement dans le trait.

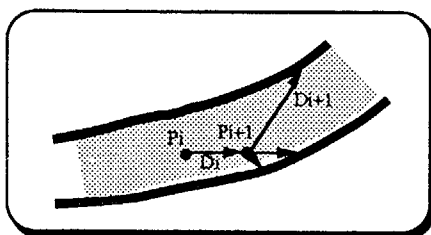


Figure 1:  $P_i$  représente le point d'indice  $i$  et  $D_i$  la direction de Freeman courante du trait en ce point.

### 2. Validation du suivi de trait

La modélisation de la route se fait à partir des caractéristiques géométriques et radiométriques de ce type d'élément. Nous définissons comme suit les caractéristiques idéales du pseudo-squelette issu du suivi de trait précédent:

- Trois points consécutifs du pseudo-squelette de la route sont alignés.
- La radiométrie des éléments est toujours la même pour une route donnée.
- Dans la direction orthogonale au vecteur de déplacement dans le trait, la probabilité de rencontrer des changements de couleur à une distance égale à la demie épaisseur du trait plus ou moins un pixel est égale à 1.
- La largeur de la route aux points du pseudo-squelette est localement d'épaisseur constante et la différence d'épaisseur entre deux points successifs est au plus égale à un pixel..

L'ensemble de ces critères a été validé par des tests statistiques sur une population de 1000 germes de route [OGI 91]

La validation du suivi de trait se fait alors par le calcul d'une distribution de Gibbs ainsi définie :

Soit R l'évènement : "être sur la route". On note P(R) la probabilité pour que l'évènement R soit vérifié, alors :

$$P(R) = 1/K \cdot \exp^{-\left(\sum \alpha_i U_i\right)}$$

où K est une constante de normalisation, les  $U_i$  étant des fonctions caractéristiques de la route considérée (cf. ci-dessus) et les  $(\alpha_i)$  des facteurs éventuels de pondération permettant d'amplifier ou de minimiser certains critères. Afin d'éviter le calcul de K, on évalue uniquement l'exposant de cette distribution que nous appellerons "somme de Gibbs".

Le suivi de route est alors validé quand la somme de Gibbs se situe dans un intervalle donné. Le taux de confiance de cet intervalle est obtenu par apprentissage sur les 1000 échantillons précédents.

### 3. Les résultats

Les résultats de cette méthode sont illustrés sur les figures 9 & 10.

## IV. LES CARACTERES : EXTRACTION DE NOUVELLES PRIMITIVES

En cartographie, la particularité principale des caractères et des symboles est leur orientation variable. En effet, contrairement aux textes traités couramment en 'Reconnaissance Optique de Caractères', les lettres d'un même mot ne s'appuient pas toujours sur une droite. La diversification des orientations et des tailles des fontes permet de plus aux toponymes de s'entrecroiser.

Cette analyse du problème nous a amené à rechercher un ensemble de primitives particulières présentées ci-dessous.

### 1. Méthodologie

Au niveau de la reconnaissance de caractères, deux méthodes peuvent être envisagées. L'une consiste à chercher des alignements remarquables de masses connexes pour en déduire l'axe possible du mot. Cette information sur l'orientation des caractères peut alors permettre une reconnaissance classique.

L'autre méthode, celle que nous avons choisie, part au contraire de la lettre pour en arriver au mot. La reconnaissance se fait masse connexe par masse connexe, la masse étant sélectionnée par des contraintes de taille et de densité. Lorsque la lettre est reconnue, on connaît alors son orientation (à quelques exceptions près) et sa taille. On cherche alors dans son voisinage d'autres lettres ayant des propriétés géométriques voisines pour reconstruire les toponymes en s'aidant, si besoin est, de règles lexicographiques et de dictionnaires.

## 2. Les primitives

Cette méthode s'appuie sur une recherche de primitives invariantes aux similitudes planes (particulièrement aux rotations, homothéties et symétries) dont la figure invariante est typiquement le cercle.

Une primitive est donc une liste d'angles obtenue par l'intersection du tracé de la masse connexe et d'un cercle. Ce cercle a pour centre, le centre de gravité de la masse, et pour rayon, un rayon proportionnel au rayon du cercle circonscrit à la masse. Ainsi nous conservons une invariance à la rotation par le cercle et une invariance à l'homothétie par le rayon proportionnel à la taille de la lettre. Afin d'avoir une écriture unique de la liste des angles pour un caractère donné quelle que soit son orientation, la liste est rangée dans l'ordre trigonométrique inverse avec comme premier angle celui dont l'amplitude est la plus grande :

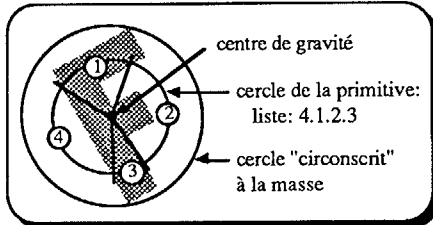


Figure 2: Description d'une primitive

## 3. La classification

### a) Principe

La classification des caractères se fait en deux étapes. Un premier niveau consiste à déterminer un code d'entrée qui oriente le caractère sur le réseau de neurones qui traite la sous-classe concernée. Ce code d'entrée est composé d'autant de chiffres que de cercles, chaque chiffre représentant le nombre d'angles associé à un cercle. Le second niveau de classification utilise ensuite la valeur des angles pour discriminer les différents caractères, au sein d'un sous-ensemble.

### b) Choix des primitives

Le choix des primitives est une étape cruciale pour le bon fonctionnement de la méthode de reconnaissance. En effet, les primitives doivent, d'une part, être stables aux légers déplacements du centre de gravité, et d'autre part, éviter d'être tangentes aux bords du tracé. Ainsi 3 primitives sont utilisées dans notre application : une première à 30% du rayon maximum qui traduit l'information intérieure (1 angle de  $360^\circ$  blanc traduit un caractère au centre vide, comme un 'O' ou un 'C' par exemple), une seconde primitive à 50% pour tenir compte de l'information médiane, enfin une primitive à 85% qui relate

l'information se rapportant à la périphérie du caractère, tout en restant dans le tracé du caractère. Les réseaux utilisés possèdent 3 couches totalement interconnectées. Le nombre d'angles étant le code d'accès, celui-ci détermine le nombre de cellules d'entrées du réseau. La couche cachée possède 10 cellules et la couche de sortie autant de classes que de caractères susceptibles de générer le code d'accès :

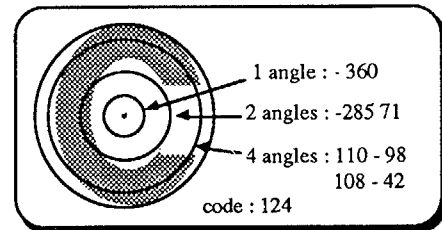


Figure 3: Primitives générant le code 124

La base d'apprentissage du réseau est composée de 2016 caractères générés par les rotations modulo  $\Pi/16$  de l'alphabet complet (26 minuscules, 26 majuscules et 10 chiffres).

Un même caractère, pour des raisons de discrétisation, peut générer plusieurs codes différents.

### c) Classification neuronale

Les réseaux de neurones utilisent l'algorithme de retro-propagation du gradient [RUM 86]. A chaque clé d'entrée comportant au moins deux caractères correspond un réseau de neurones réalisant l'identification du caractère. Il est bien entendu impossible de discriminer des formes qui ne diffèrent que par une rotation ou une symétrie tels que les couples (6,9), (N,Z), (b,d), (p,q)... Les formes invariantes à l'homothétie telles que (c,C), (o,O), (p,P), ... seront également regroupées en classe unique. Les réseaux de neurones sont utilisés pour leur capacité de résistance aux bruits, de généralisation et de capacité à extraire l'information pertinente à partir d'exemples. Il s'agit ici de petits réseaux spécialisés dans une tâche bien précise dont l'apprentissage est très rapide et auquel il est facile d'ajouter de nouvelles classes.

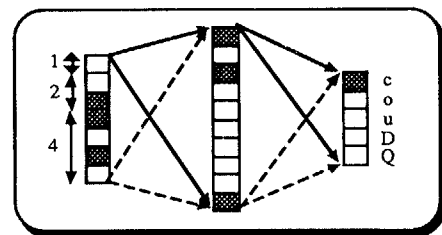


Figure 4: Réseau à 7 entrées et 10 cellules cachées à partir du code 124

## 4. Les résultats

Ces primitives appliquées à la police retenue dans le cadre de l'expérience détermine 45 codes d'accès, dont 16 ne comprennent qu'une classe. 29 réseaux sont donc nécessaires pour classifier les caractères. Néanmoins, certaines de ces classes regroupent de nombreux caractères (comme la classe définie par 4 angles sur chacune des primitives). L'information de valeur des angles peut s'avérer insuffisante pour discriminer certains caractères trop voisins au niveau des entrées du réseau. Il sera alors nécessaire de définir d'autres primitives et de procéder à une reconnaissance à l'aide d'un nouveau réseau.



## V. CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES

Ces premiers modules montrent la complexité et la diversité du problème de la vectorisation appliqué à la cartographie. Leur robustesse sera améliorée par des tests internes supplémentaires et par des liaisons dynamiques entre eux. De plus de nouveaux modules devront être ajoutés, tels qu'un module d'extraction de texture et un module superviseur gérant toute la vectorisation pour donner aux Systèmes d'Information Géographique une information globale.

## BIBLIOGRAPHIE

- [GRA 89] Graffigne C., Herlin I., "Modélisation de réseaux pour l'imagerie satellite SPOT", 7<sup>e</sup> Congrès AFCET, T2, 1989, pp 833-842
- [OGI 91] Ogier J.M., Olivier C., Lecourtier Y. "Extraction de réseaux routiers sur cartes polychromes", Rapport Interne LACIS, 1991.
- [OLI 91] Olivier C., Lefrère L., Lecourtier Y. "Utilisation de distributions gaussiennes pour la recherche de seuils de superposition de couleurs", Rapport Interne LACIS, 1991.
- [PAQ 90] Paquet.T, Vallée.T, Lecourtier.Y, "Extraction de primitives par suivi de traits dans l'image binarisée d'un mot manuscrit", BIGRE n°68, 1990, pp 179-188.
- [RUM 86] Rumelhart D.F., Mc Clelland J.L., "Parallel Distributed Processing", vol. 1, MIT Press, M.A. 1986
- [SAH 88] Sahoo P.K., Soltani S., Wong A.K., Chen Y.C., "A survey of thresholding Techniques", Computer Vision Graphics and Image Processing, vol 41, pp 233-260, 1988.

### SEGMENTATION EN PLANS BINAIRES

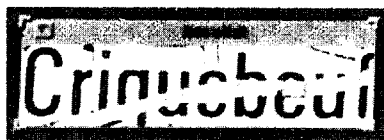


Figure 5 : plan noir original

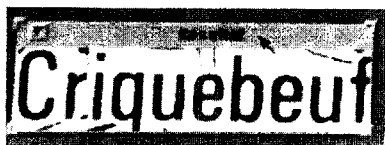


Figure 6 :reconstruction du plan noir par analyse des superpositions

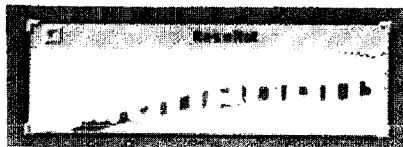


Figure 7 : plan rouge original



Figure 8 :reconstruction du plan rouge par analyse des superpositions

### EXTRACTION DU RESEAU ROUTIER

Figure 9 image source avec le pseudo squelette du réseau routier

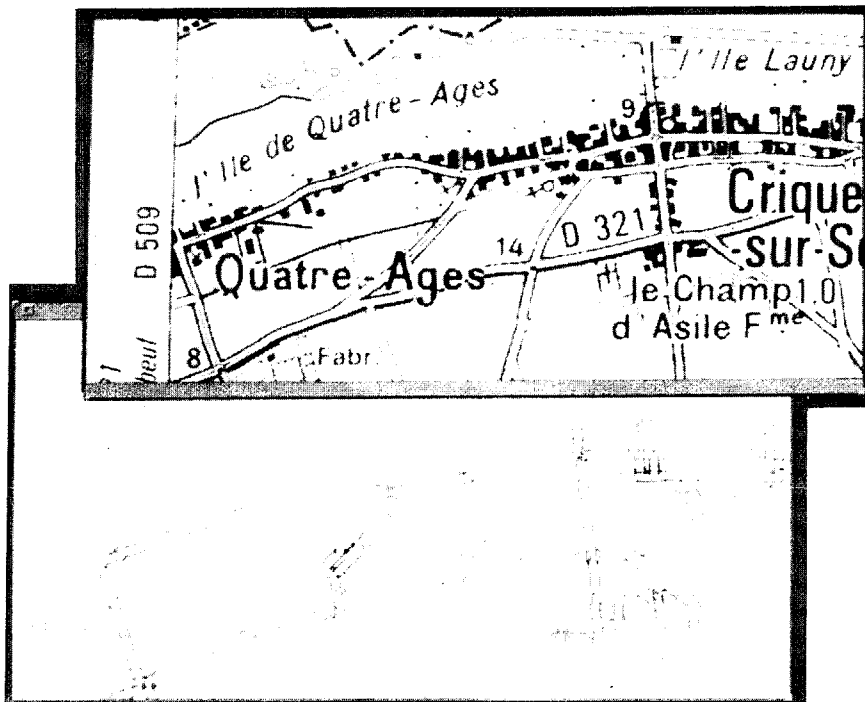


Figure 10 image résultat:  
reconstruction du réseau routier