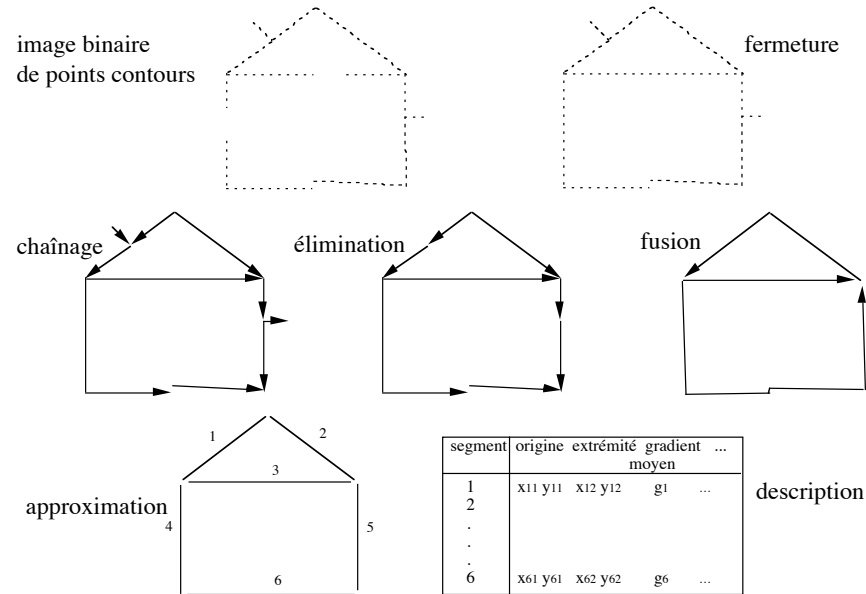


TRAITEMENTS DES CONTOURS

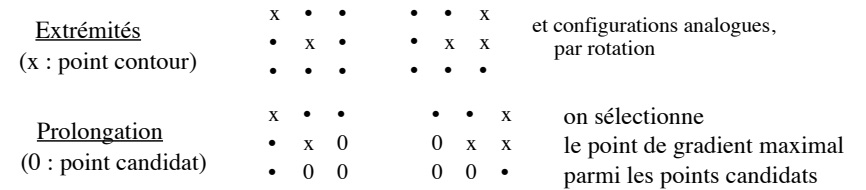


FERMETURE / CHAÎNAGE des CONTOURS

Parcourir l'image binaire des points contours jusqu'à la rencontre d'un point extrémité ouverte (x₀,y₀).

Prolonger cette extrémité jusqu'à la rencontre d'un point contour.

Reprendre le balayage de l'image, au point contour suivant le point (x₀,y₀).



Variantes :

- du passé : calculer des directions locales et prolonger
- du futur : estimer la direction future

élargir le cône de recherche.

FERMETURE / CHAÎNAGE des CONTOURS

Recherche et sélection des pixels à chaîner

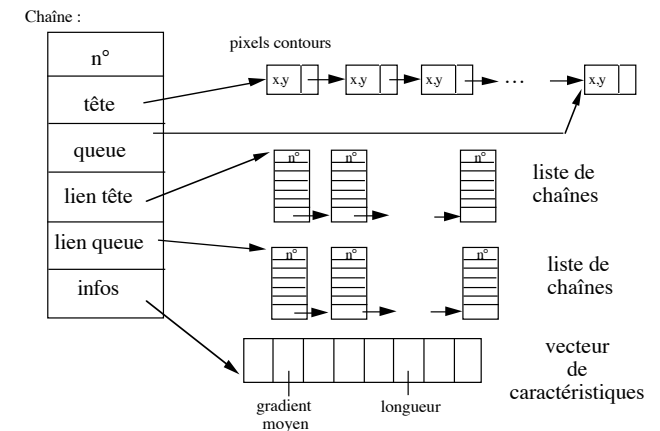
Plusieurs stratégies

- **étiquetage par relaxation** : L'affectation d'un pixel à un contour est basée sur une estimation de la probabilité que ce pixel et ses voisins appartiennent au même contour.
- formulation du problème de chaînage en termes de **parcours d'arbre ou de graphe**
- **programmation dynamique** : minimisation de l'erreur de construction de la frontière à partir d'un ensemble de points.

CHAÎNAGE des CONTOURS

- Contraintes**
- temps de calcul : - chaîner en un passage
 - minimiser le nombre de tests
 - unicité : indépendant du sens de balayage
 - invariant en rotation

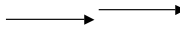

Structure



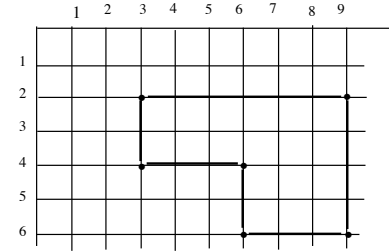
CHAÎNAGE des CONTOURS

Opérations

- ouvrir une chaîne
- inclure le premier point
- allonger une chaîne
- fermer une chaîne (ajouter le dernier point)
- établir des liens de filiation (dans la chaîne des pixels contours)
- établir des jonctions potentielles

- fusionner des chaînes 
- prolonger des chaînes 
- éliminer des chaînes (sur critère de longueur)

CONTOURS: REPRÉSENTATION



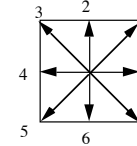
liste de coordonnées : $(i_0, j_0) (i_1, j_1) (i_2, j_2) \dots (2,3)(3,3)(4,3)(4,4)(4,5)(4,6)(5,6)(6,6)(6,7) \dots$

liste de coordonnées compactées (coordonnées des points anguleux) :

$(2, 3) (4, 3) (4, 6) (6, 6) (6,9) (2, 9) (2,3)$

liste de coordonnées compactées alternées (1 point/2)

$(i_0, j_0, i_1, j_1, i_2, j_2, \dots) \Rightarrow (i_0, j_0) (i_1, j_0) (i_1, j_1) (i_2, j_1) (i_2, j_2) \Rightarrow (2, 3, 4, 6, 6, 9, 2, 3)$



liste de directions : (code de Freeman) $(i_0, j_0) (d_1, d_2, d_3, d_4, d_5, \dots)$

$(2,3) (6, 6, 0, 0, 0, 6, 6, 0, 0, 2, 2, 2, 4, 4, 4, 4, 4, 4)$

codes de Freeman condensés (directions - longueurs)

$(i_0, j_0) (d_1, l_1) (d_2, l_2) (d_3, l_3) (d_4, l_4) (d_5, l_5) \dots (2,3) (6,2)(0,3)(6,2)(0,3)(2,4)(4,6)$

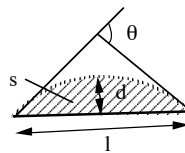
CONTOURS: APPROXIMATION

But :

- réduction d'information
- représentation par des primitives de plus haut niveau d'abstraction
- facilité de manipulation par un utilisateur

Classification des méthodes, suivant :

- type de primitives utilisées :
 - segments de droite
 - arcs de cercle
- expression de l'erreur d'approximation :
 - distance d , distance moyenne d_m , surface s
 - déviation θ , pseudo-courbure $c = d/l$
- technique de parcours de données d'entrée :
 - séquentielle / globale / globale récursive
 - en une / plusieurs passes
- position des sommets de l'approximation
 - sommets choisis parmi les points à approximer / positions calculées
- courbe d'approximation
 - continue / discontinue



APPROXIMATION: ÉVALUATION

Fidélité

Distance de Hausdorff : $H(A, B) = \max_{b \in B} \min_{a \in A} \|b - a\|, \max_{a \in A} \min_{b \in B} \|a - b\|$

$$\|a - b\| = \sqrt{(x_a - x_b)^2 + (y_a - y_b)^2}$$

- Si $B \subset A$ (les sommets du polygone sont pris parmi les points contours)

$$H(A, B) = \max_{a \in A} \min_{b \in B} \|a - b\|$$

- Si on veut faire intervenir le nombre de points approximatés :

$$\varepsilon = \frac{1}{\sqrt{(x_0 - x_n)^2 + (y_0 - y_n)^2}} \sum_{i=0}^n (x_0 - x_i)(y_n - y_i) - (x_n - x_i)(y_0 - y_i)$$

où le segment $[P_0, P_n]$ approxime les points P_0, P_1, \dots, P_n .

APPROXIMATION: ÉVALUATION

Unicité

Si on obtient S approximations,
en prenant chacun des N points comme point de départ,

$$U = \frac{N - S}{N - 1} \quad U \in [0,1]$$

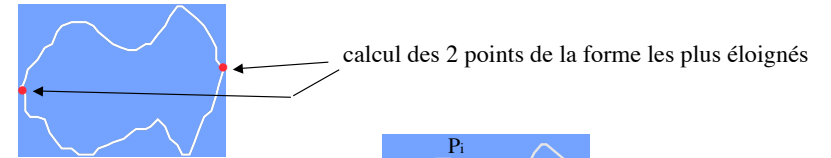
U=1 si l'approximation est indépendante du point de départ

Paramétrage :

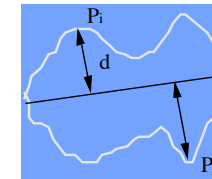
possibilité de choisir un compromis : nombre de segments / fidélité

Rapidité

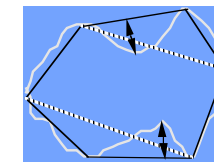
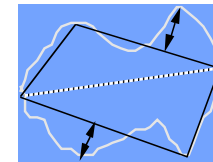
APPROXIMATION: division récursive



1ère approximation
(paramètre : dmax : |)

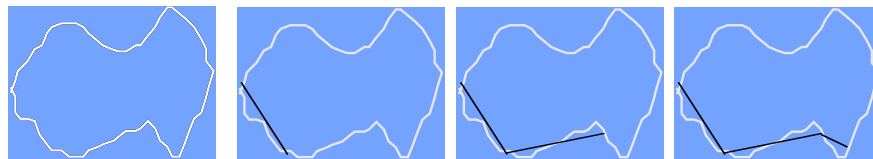


$d > d_{max} \Rightarrow$ diviser le segment

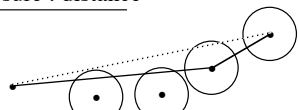


etc ...

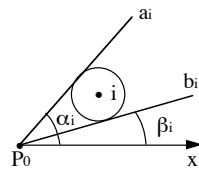
APPROXIMATION: développement séquentiel



mesure : distance



le segment doit couper les cercles



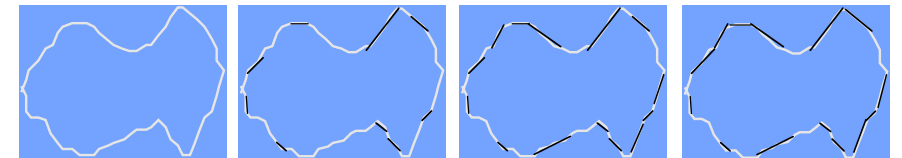
on conserve $\min \alpha_i$
 $\max \beta_i$

mesure : surface



$\frac{\text{surface de déviation}}{\text{longueur du segment}} > S \Rightarrow$ nouveau segment

APPROXIMATION: développement par îlots



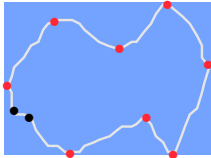
5 étapes :

- 1- séquences correspondant au code de Freeman
- 2- détermination de directions intermédiaires
- 3- prolongations - fusions
- 4- description des trous restants
- 5- fusion des segments presque alignés

1-2 : règles de modélisation de droites codées par Freeman

APPROXIMATION: détection des points dominants

points dominants : points de forte courbure
maxima locaux de courbure



$$\text{courbure : } c = \frac{\frac{d^2y}{dx^2}}{\left[1 + \left(\frac{dy}{dx}\right)^2\right]^{\frac{3}{2}}}$$

APPROXIMATION: détection des points dominants

Algorithme

- suppression des fausses concavités
 - par lissage
 - par modélisation des changements locaux non significatifs

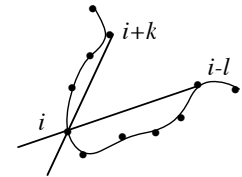
- pour chaque point $p_i(x_i, y_i)$, calcul de la courbure :

- détermination de la zone de support $p_{i-l}p_{i+k}$

- calcul de l'angle caractérisant la courbure :

- filtrage des points dominants

- élimination des points de trop faible courbure
- élimination des non-maxima locaux
- élimination des points dominants consécutifs



APPROXIMATION: détection des points dominants

Calcul de la courbure

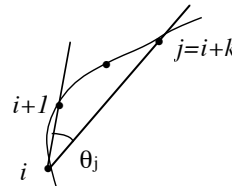
- Détermination de la zone de support

a - critère : variation angulaire

$$R_i = (x_{i+1} - x_i, y_{i+1} - y_i)$$

$$R_{ij} = (x_j - x_i, y_j - y_i)$$

$$\theta_j = \cos^{-1} \left(\frac{R_i \cdot R_{ij}}{|R_i| \cdot |R_{ij}|} \right)$$



On incrémente j jusqu'à ce que $\theta_{j-1} < \theta_j \leq \theta_{j+1}$ soit vrai pour 3 valeurs successives de j

- bras droit : $\{p_{i+1}, p_{i+2}, \dots, p_{i+k}\}$
- bras gauche : $\{p_{i-1}, p_{i-2}, \dots, p_{i-l}\}$

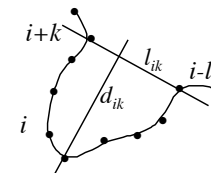
APPROXIMATION: détection des points dominants

b-critères : longueur de la corde $l_{ik} = (p_{i-k}, p_{i+k})$
et distance d_{ik} de p_i à la corde

calculer l_{ik} et d_{ik} jusqu'à ce que

$$l_{ik} \geq l_{i,k+1} \text{ ou } \frac{d_{ik}}{l_{ik}} \geq \frac{d_{i,k+1}}{l_{i,k+1}}$$

=> région de support : $(p_{i-k}, \dots, p_{i-1}, p_i, p_{i+1}, \dots, p_{i+k})$



APPROXIMATION: détection des points dominants

- calcul de l'angle caractérisant la courbure :

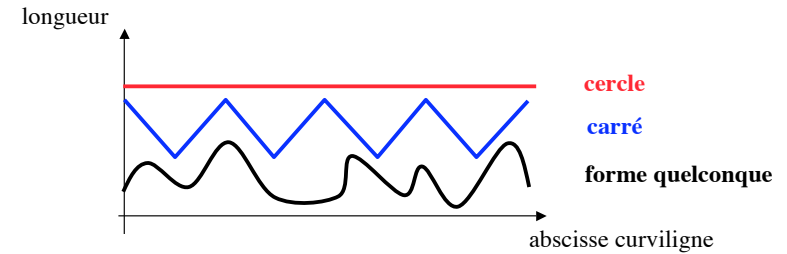
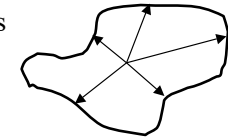
$$\cos_{ikl} = \frac{a_{ik} \cdot b_{il}}{|a_{ik}| \cdot |b_{il}|}$$

$$a_{ik} = (x_{i+k} - x_i, y_{i+k} - y_i) \quad \text{vecteur droit}$$

$$b_{il} = (x_{i-l} - x_i, y_{i-l} - y_i) \quad \text{vecteur gauche}$$

Signatures de forme

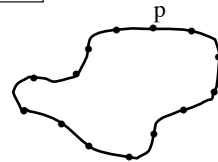
- Distribution des longueurs des rayons



Signatures de forme

- Descripteurs de Fourier

La courbe de périmètre P est échantillonnée en N échantillons espacés de P/N



Les 2 courbes $x(p)$ et $y(p)$ peuvent être combinées en $z(p) = x(p) + iy(p)$.
 $z(p)$ est cyclique : $z(p + nP) = z(p)$ et peut être décomposée en séries de Fourier :

$$z(p) = \sum_{v=-\infty}^{+\infty} Z(v) \exp\left(\frac{2i\pi vp}{P}\right)$$

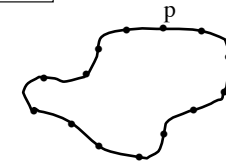
où les $Z(v)$ sont les coefficients de Fourier : $Z(v) = \frac{1}{P} \int_0^P z(p) \exp\left(\frac{-2i\pi vp}{P}\right) dp$
 appelés **descripteurs de Fourier** (cartésiens)

Le principe consiste à prendre simplement les N premières paires de coefficients pour décrire la forme.

Signatures de forme

- Descripteurs de Fourier

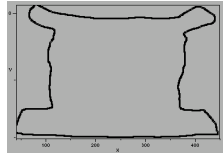
$$Z(v) = \frac{1}{P} \sum_{p=0}^{N-1} z(p) \exp\left(\frac{-2i\pi vp}{P}\right) \quad v \in [-N/2 + 1, N/2]$$



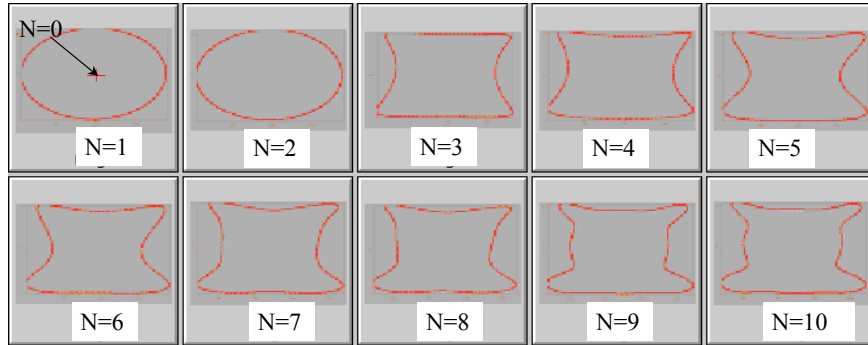
- $v=0$: $Z(0)$ = centre de gravité. Si on l'omet, la description est invariante par translation.
- $v=1$: si $Z(v)=0$ sauf pour $v=1$, la forme est un polygone régulier à N côtés.
 => normalisation par $Z(1)$ pour rendre la description invariante par homothétie.
- $|v| > 1$: actions de déformation par rapport au cercle unité, pour produire la forme étudiée :
 $v > 0$: déformation vers l'extérieur (traction)
 $v < 0$: déformation vers l'intérieur (enfoncement)
 ordre de v : nombre d'actions sur la courbe
 phase du nombre complexe $Z(v)$: indique où s'exerce l'action sur le cercle unité
- Si on ne considère que le module de $Z(v)$, la description est invariante par rotation.

Signatures de forme

- Descripteurs de Fourier



Reconstruction de la forme à l'aide des descripteurs de Fourier



Descripteur par transformée ART (Angular Radial Transform)

$$F_{nm} = \langle V_{nm}(\rho, \theta), f(\rho, \theta) \rangle$$

$$= \int_0^{2\pi} \int_0^1 V_{nm}^*(\rho, \theta) f(\rho, \theta) \rho d\rho d\theta$$

F_{nm} = coefficient de ART d'ordre n et m

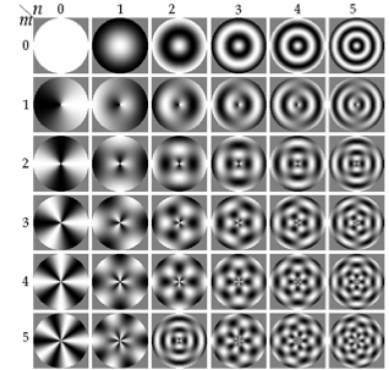
$f(\rho, \theta)$ = fonction image en coordonnées polaires

$V_{nm}(\rho, \theta)$ = fonctions de base de ART

$$V_{nm}(\rho, \theta) = A_m(\theta) R_n(\rho)$$

$$A_m(\theta) = \frac{1}{2\pi} \exp(jm\theta)$$

$$R_n(\rho) = \begin{cases} 1 & n = 0 \\ 2 \cos(\pi n \rho) & n \neq 0 \end{cases}$$



Partie réelle de $V_{nm}(\rho, \theta)$

MPEG7 : $n < 3, m < 12$