

Cours de Morphologie Mathématique
Segmentation

Hugues Talbot

talboth@esiee.fr

ISBS / ESIEE

1^{er} semestre 2004-2005

TP1: fini?

- Tout le monde a bien fini son rapport ?
- Il me manque:

Rappel du cours précédent

- Suite de la géodesie, en niveaux de gris.
- Résidus: gradients, top-hat (chapeau haut-de-forme).
- Érodés ultimes
- Squelettes.

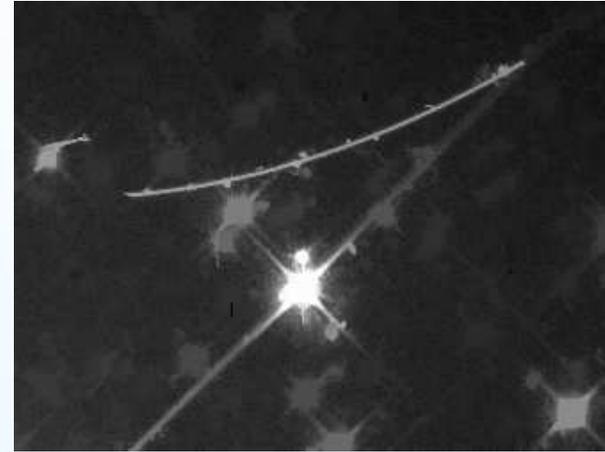
Une application : détection de trace d'astéroïdes



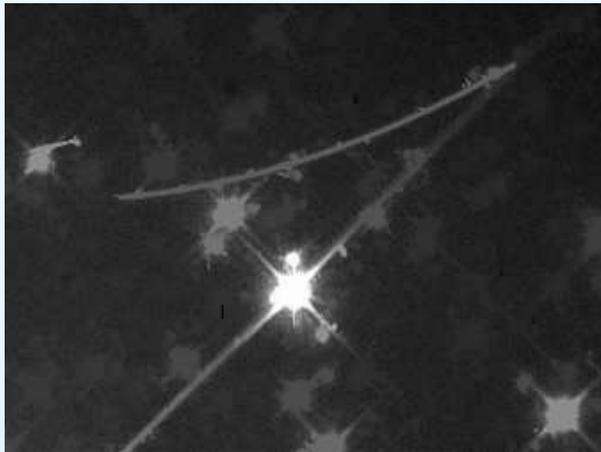
Traces d'astéroïdes, suite.



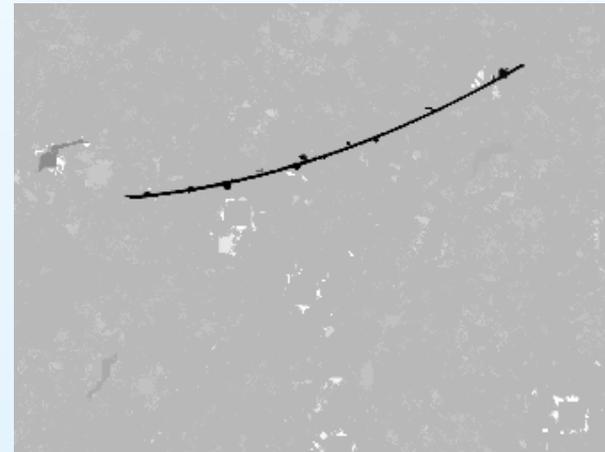
(traces)



(ouv. chemins)



(ouv. droites)



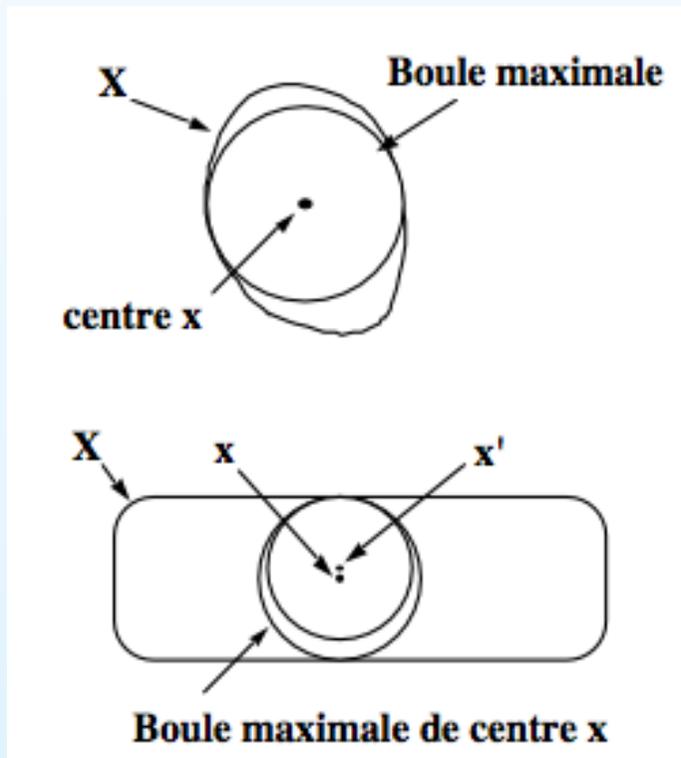
(Différence)

Squelettes et amincissements

Boules maximales

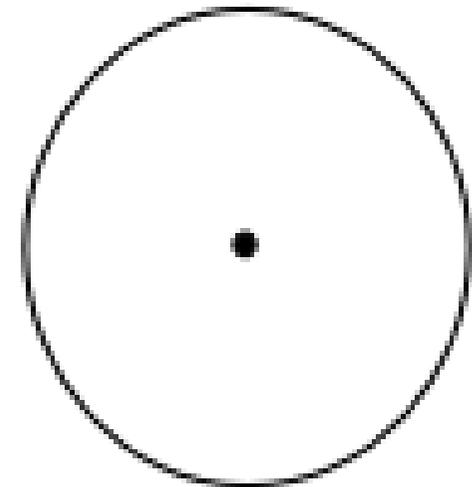
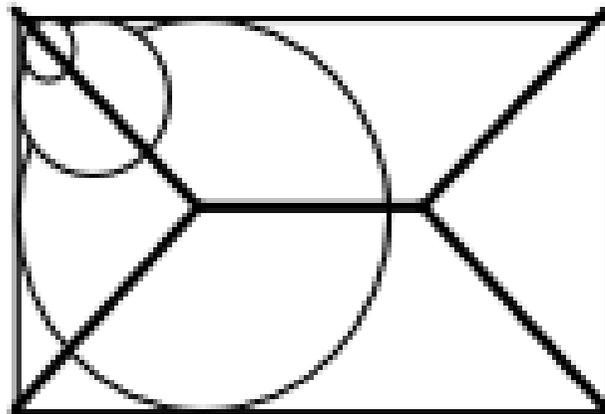
- Une boule $\delta_n(x)$ de centre x et de taille n est maximale vis-à-vis de l'ensemble X s'il n'existe aucun autre indice k et aucun autre centre y tel que:

$$\delta_n(x) \subset \delta_k(y) \subset X$$

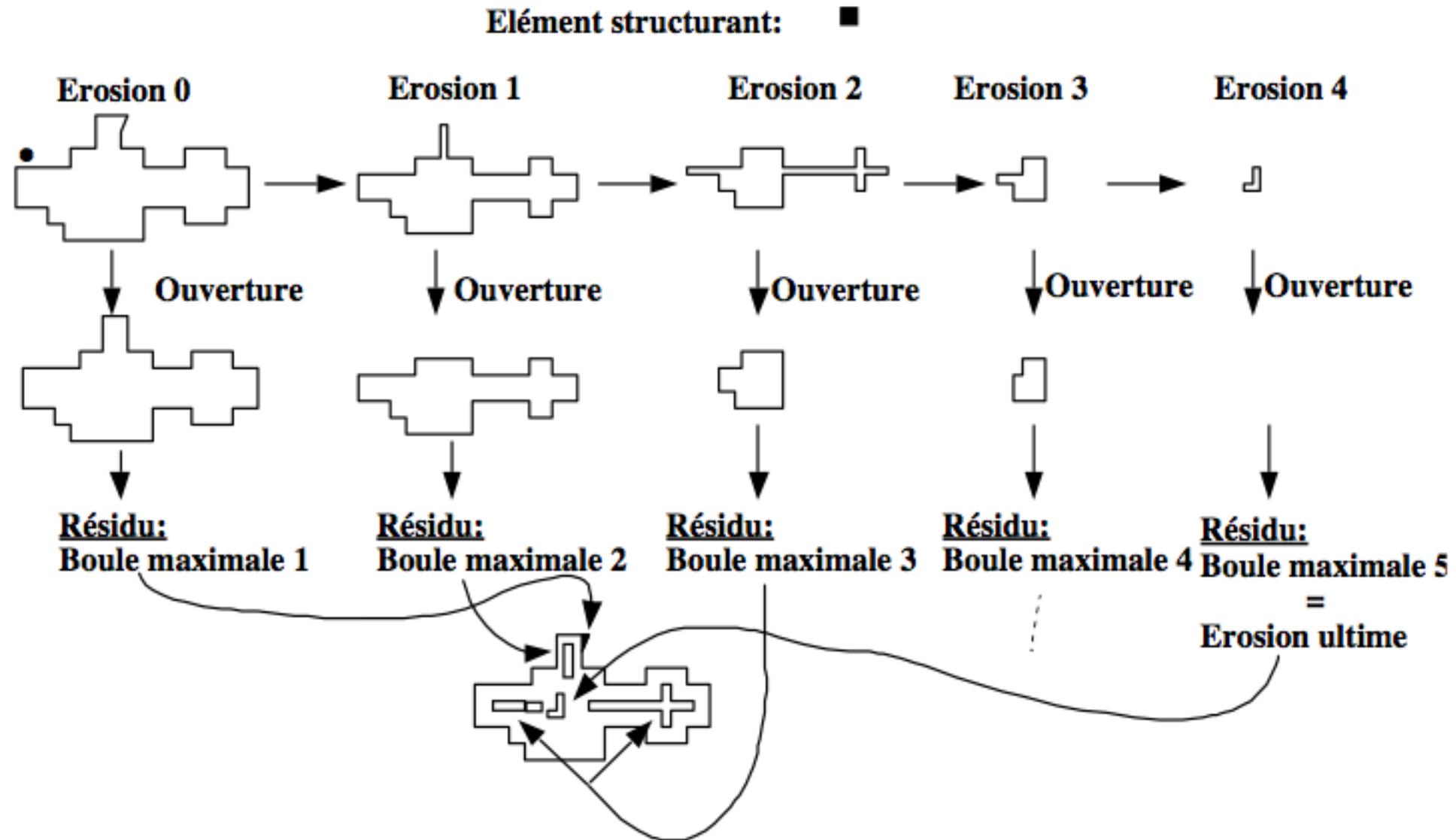


Squelettes

- L'érosion ultime était déjà un lieu de centre de boules maximales
- Définition: (H. Blum): le *squelette* d'un ensemble X selon une famille de boules $\{\delta_n\}$ est le lieu de tous les centres de boules maximales.



Construction



Formule de Lantuéjoul

L'algorithme de squelettisation est le même que celui de l'érosion ultime. Il suffit de remplacer l'ouverture par reconstruction par une ouverture unitaire:

$$S(X) = \bigcup_i \{S_i(X)\} = \bigcup_i \{\epsilon_i(X) \setminus \gamma_1[\epsilon_i(X)], i = 0 \dots N\}$$

Lien avec la fonction distance: les érodés ultimes sont les maxima régionaux de la fonction distance. Le squelette de Lantuéjoul est constitué des maxima locaux de la fonction distance.

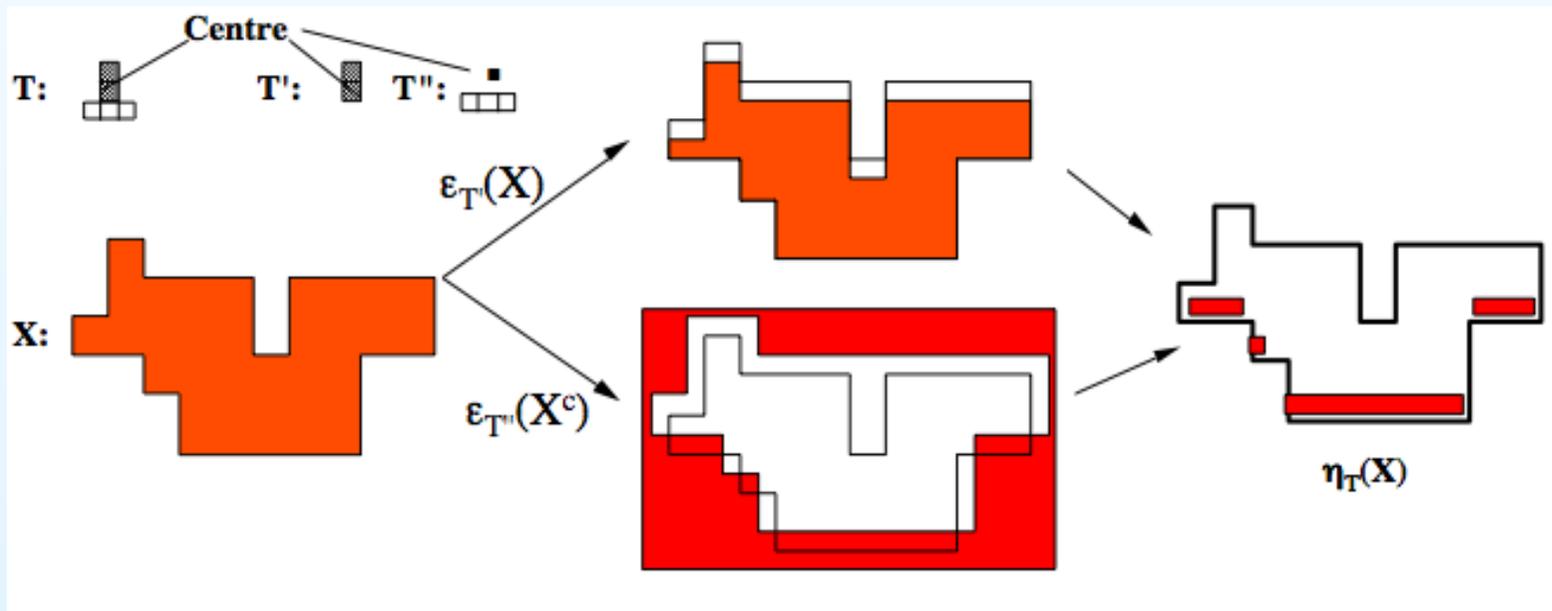
Squelette connexe

- La formule de Lantuéjoul donne des squelettes non connexes.
- Dans le cas du plan euclidien, on peut montrer qu'avec les bonnes hypothèses le squelette d'un objet compact est connexe.
- Par conséquent il est utile de disposer de méthodes qui donnent un squelette connexe pour des objets connexes:
 - squelette par amincissements
 - squelette par file d'attentes
 - squelette par parcours du contour
 - et bien d'autres méthodes.

Transformée en tout-ou-rien

- La transformée en tout-ou-rien généralise l'érosion et la dilatation.
- On utilise un couple d'éléments structurants disjoints $T = \{T', T''\}$.

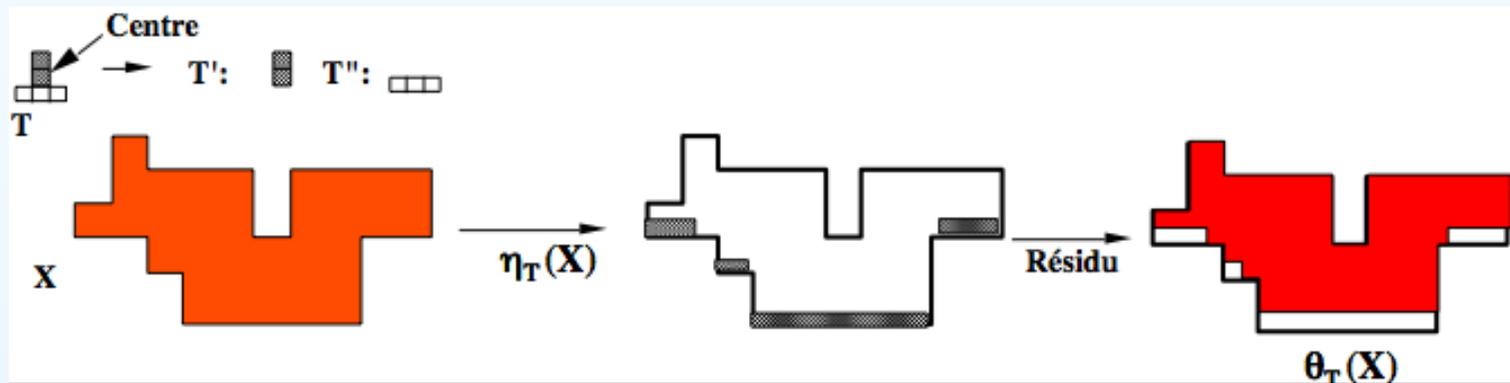
$$\eta_T(X) = \{z, T'' \subseteq X^c \text{ et } T' \subseteq X\} = \epsilon_{T'}(X) \cap \epsilon_{T''}(X^c)$$



Amincissements, épaissements

- L'amincissement θ_T est le résidu entre l'ensemble initial et sa transformée en tout-ou-rien:

$$\theta_T(X) = X \setminus \eta_T(X) = X \setminus [\epsilon_{T'}(X) \cap \epsilon_{T''}(X^c)]$$



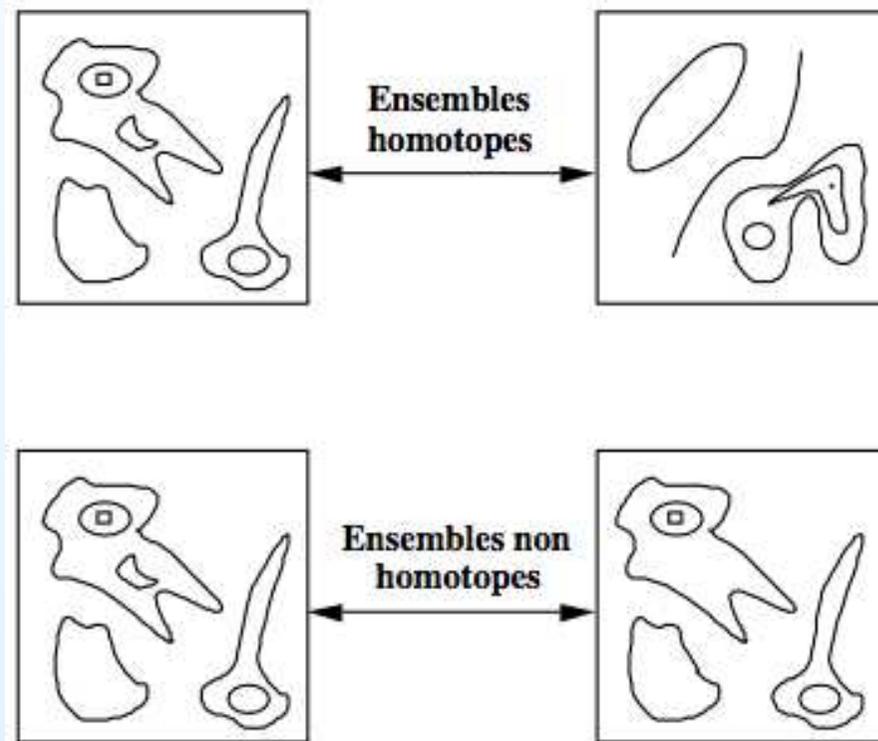
- L'épaississement est défini par dualité.

$$\xi_T(X) = X \cup \eta_T(X^c)$$

- On a: $\theta_T(X) = [\xi_T(X^c)]^c$.

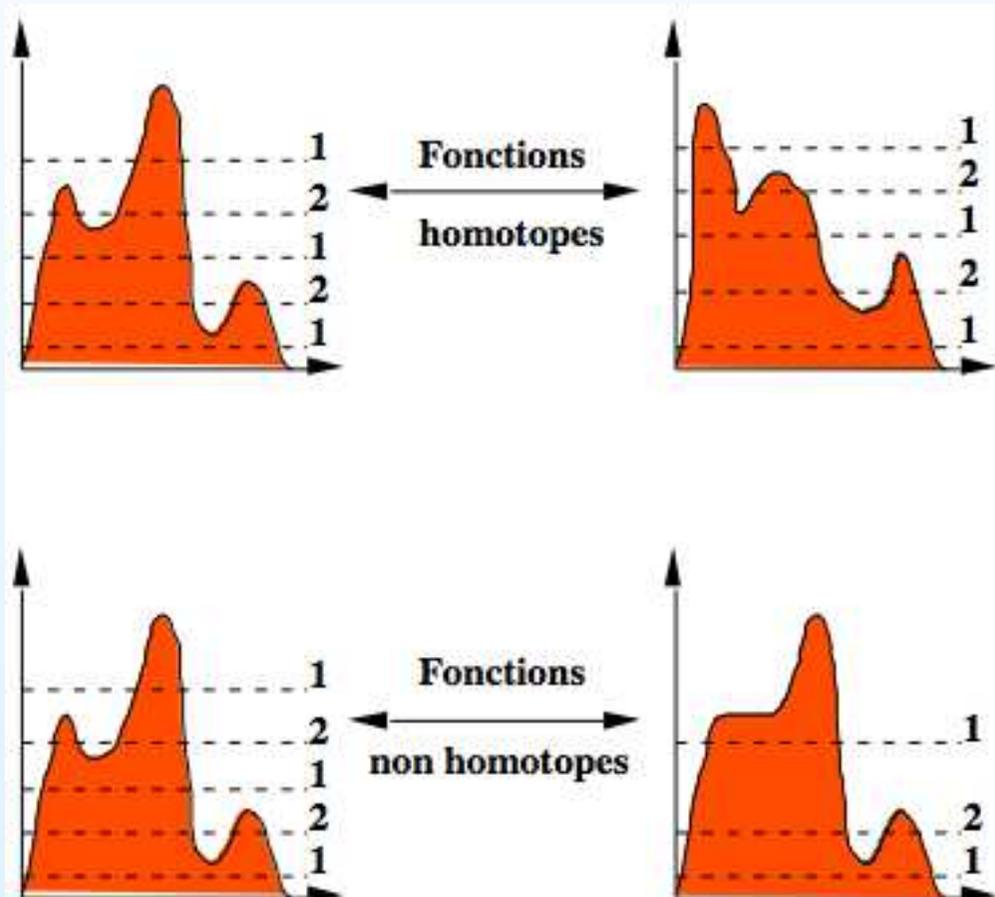
Homotopie pour les ensembles

- Deux ensembles sont homotopes s'il existe une transformation bi-continue pour passer de l'un à l'autre.
- c-à-d l'ensemble de départ et son transformé sont tels que dans l'un et dans l'autre chaque grain contienne le même nombre de pores, et chaque pore contienne le même nombre de grains.



Homotopie pour les fonctions

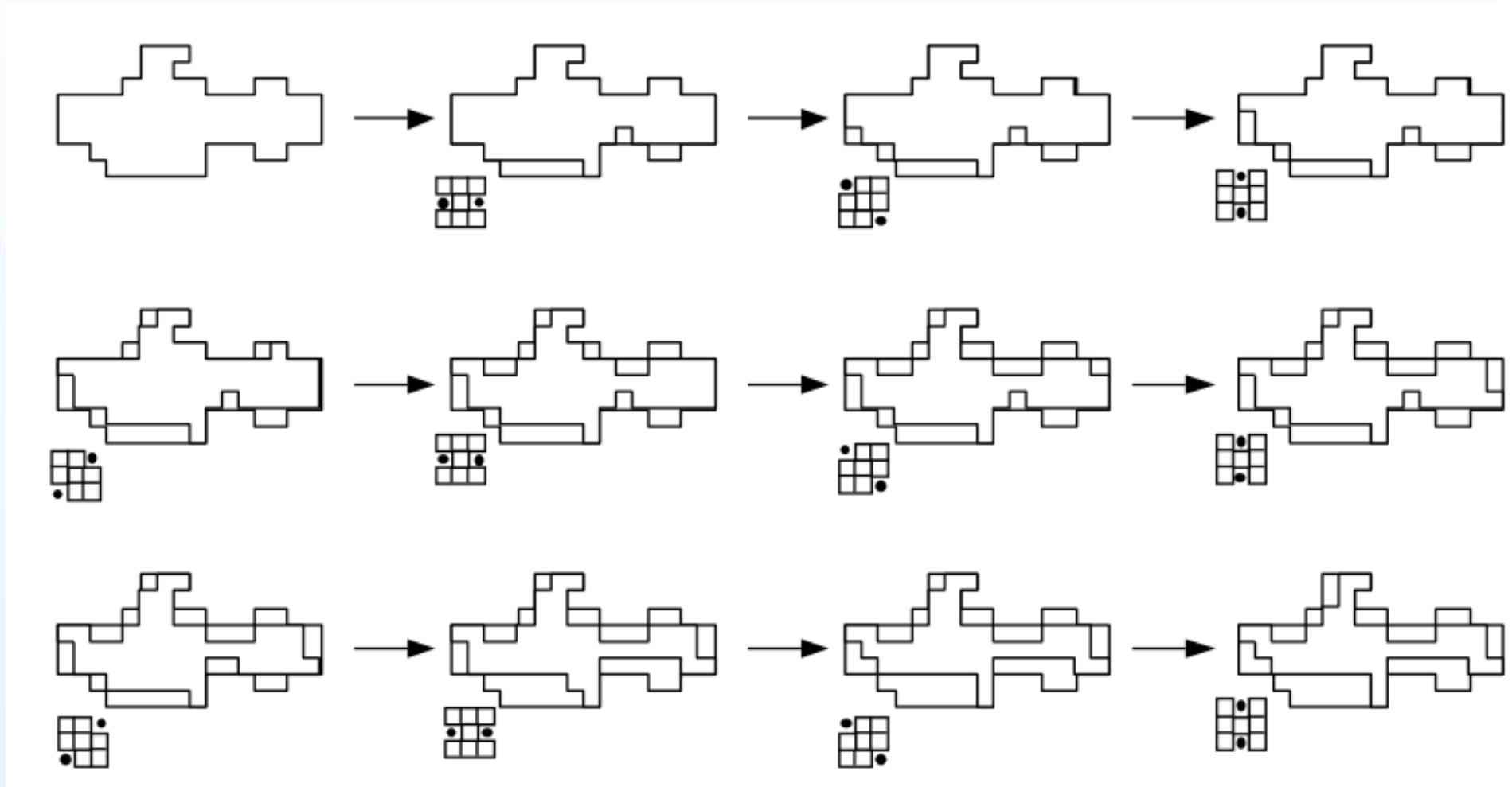
- Pour les fonctions, on définit l'homotopie à partir de leurs sections planes.
- Deux fonctions sont homotopes si toutes leur sections à même niveau sont homotopes entre elles.



Amincissement homotopique

- Un amincissement ou un épaississement sont homotopiques s'ils utilisent un couple d'éléments structurants T' , T'' qui préserve l'homotopie.
- Exemple en 8-connexité ?
- En utilisant ce couple et ses rotations de façon séquentielle on génère un *amincissement limite* qui est homotope à l'ensemble de départ et qui ressemble à un squelette:
 - Il est mince
 - Il est homotope à l'ensemble de départ
 - Il est “centré” dans l'ensemble de départ
 - La transformée est idempotente et anti-extensive (Q: est-ce une ouverture ?)

Amincissement séquentiel



Exercice (TD)

- Amincissement d'un rectangle 9×5
- Amincissement d'un rectangle 9×7 auquel on enlève le pixel du milieu.

segmentation

Qu'est-ce que la segmentation ?

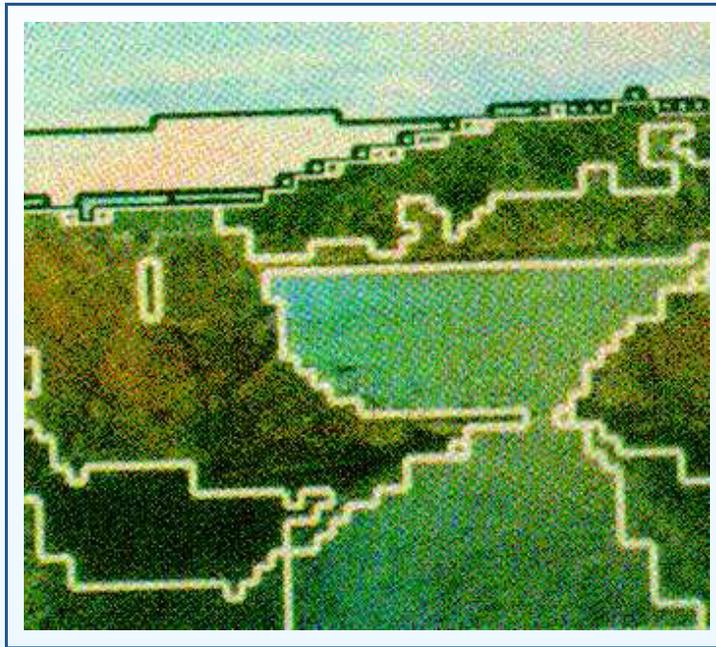
- Découper une image en régions de contenu sémantique similaire.
- Normalement la frontière d'une région devrait définir la frontière d'un objet.
- En fait les régions segmentées sont des aires de l'image avec des propriétés mesurables similaires.
- La segmentation d'objets requiert une connaissance de haut niveau, qui peut être soit incluse dans la méthode elle-même ou utilisée après la segmentation.

Méthodes de segmentation

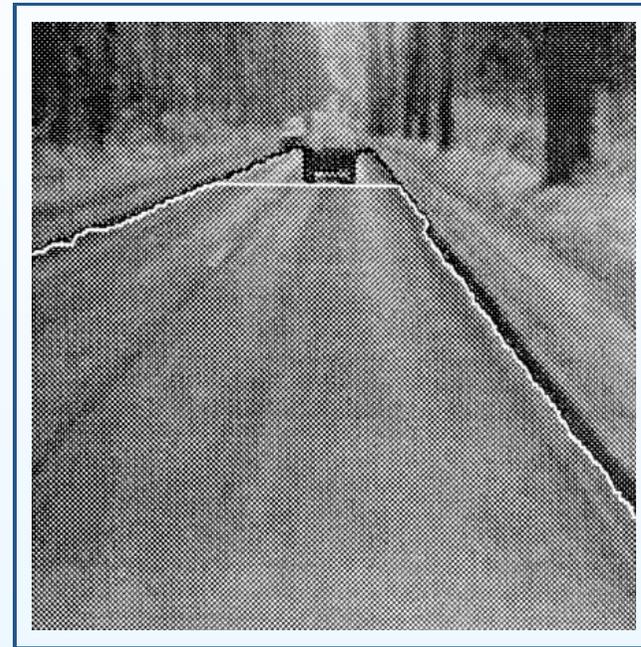
Il existe de nombreuses méthodes:

- Seuillage
- Méthodes à partir de l'histogramme d'une image
- Clustering spatial
- Découpage et unions de régions
- Contours actifs
- Lignes de niveaux
- À base de connaissance (IA)
- Méthodes morphologiques

Top-down ou bottom-up

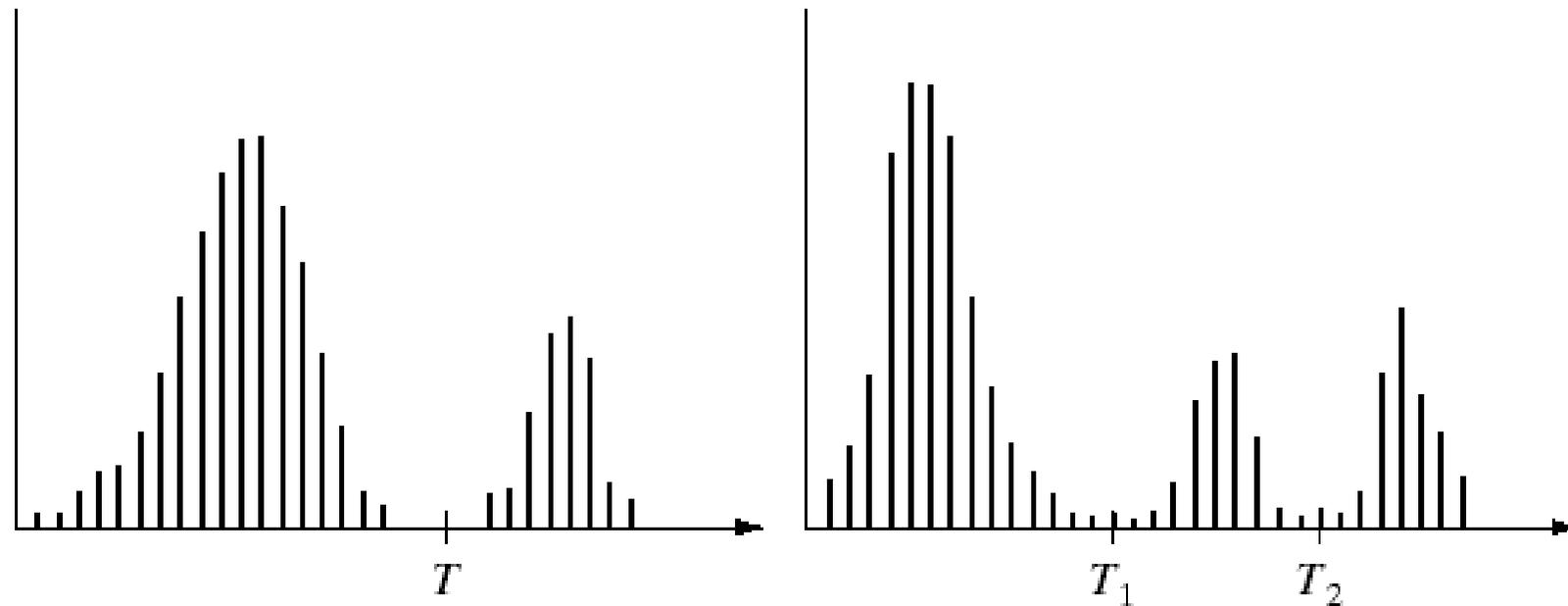


Top-down



Bottom-up

Segmentation au niveau du pixel

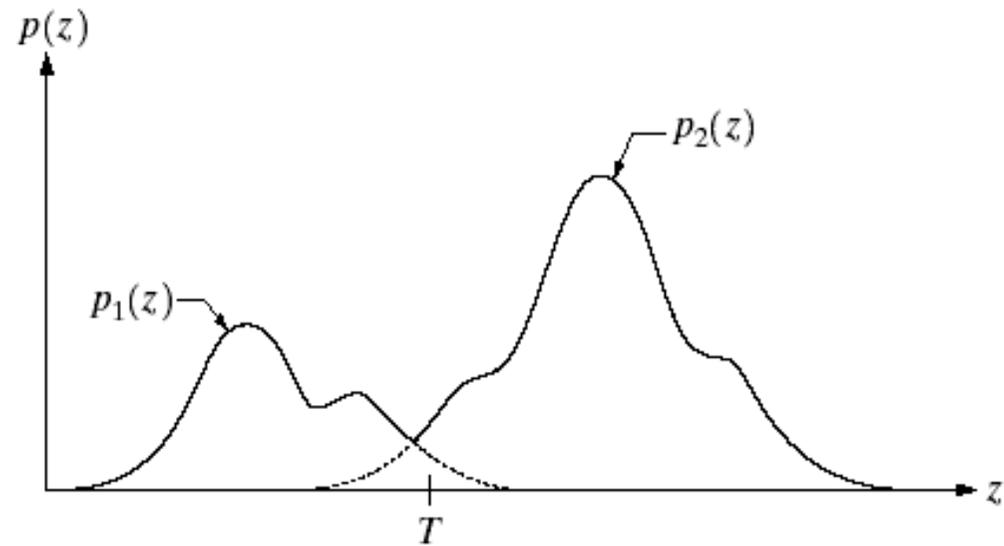


a b

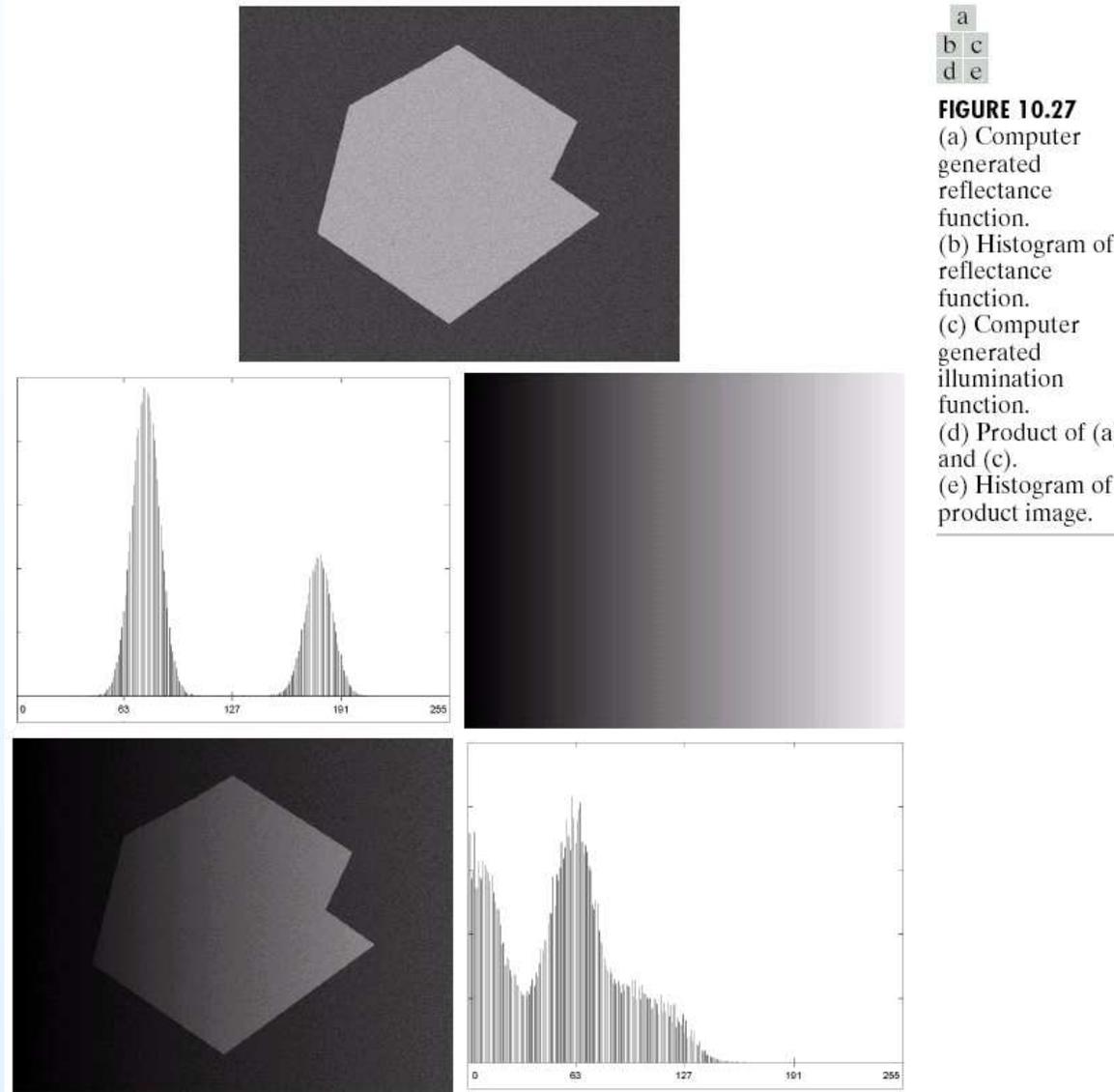
FIGURE 10.26 (a) Gray-level histograms that can be partitioned by (a) a single threshold, and (b) multiple thresholds.

Modèle

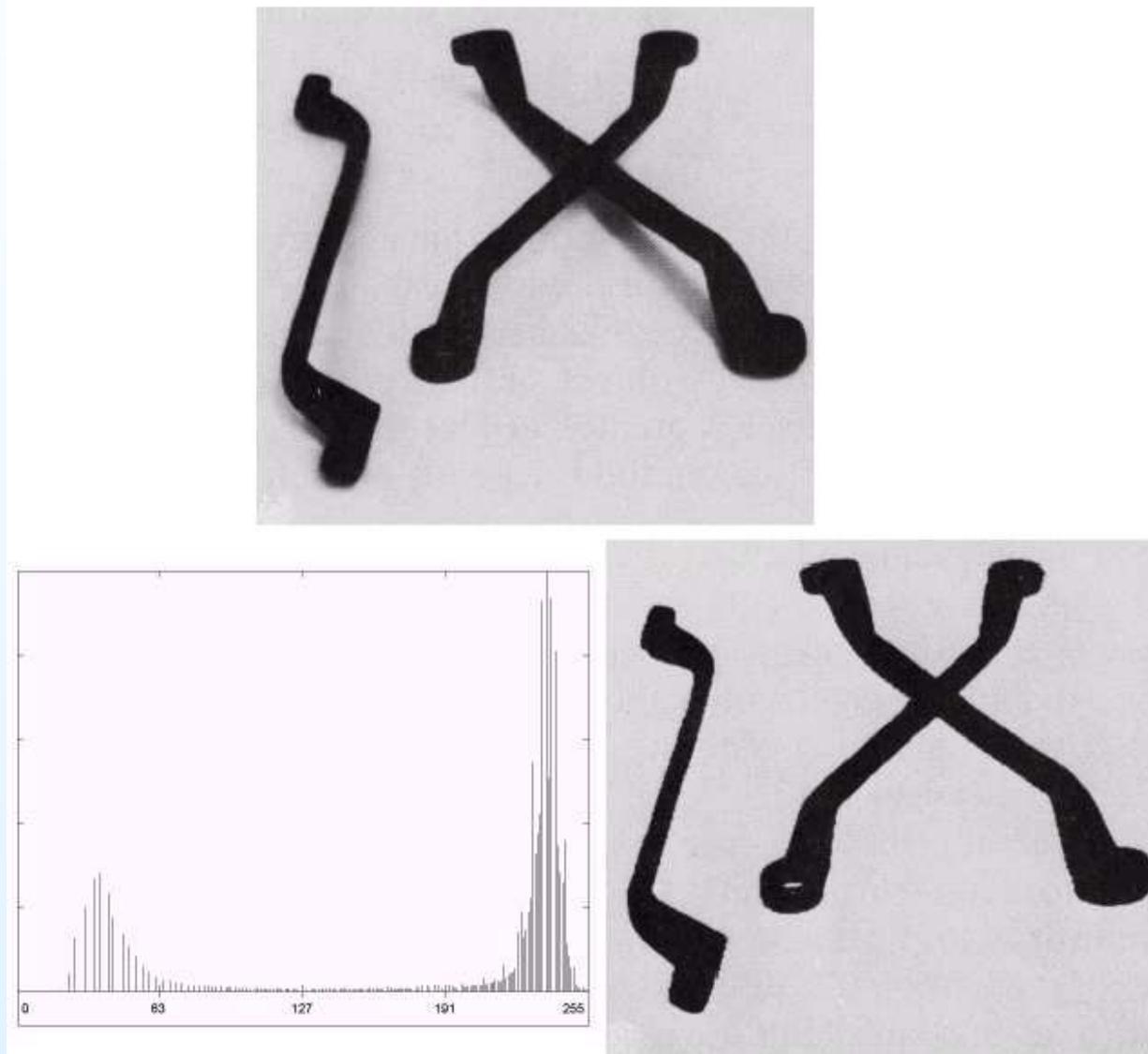
FIGURE 10.32
Gray-level
probability
density functions
of two regions in
an image.



Modèle (suite)



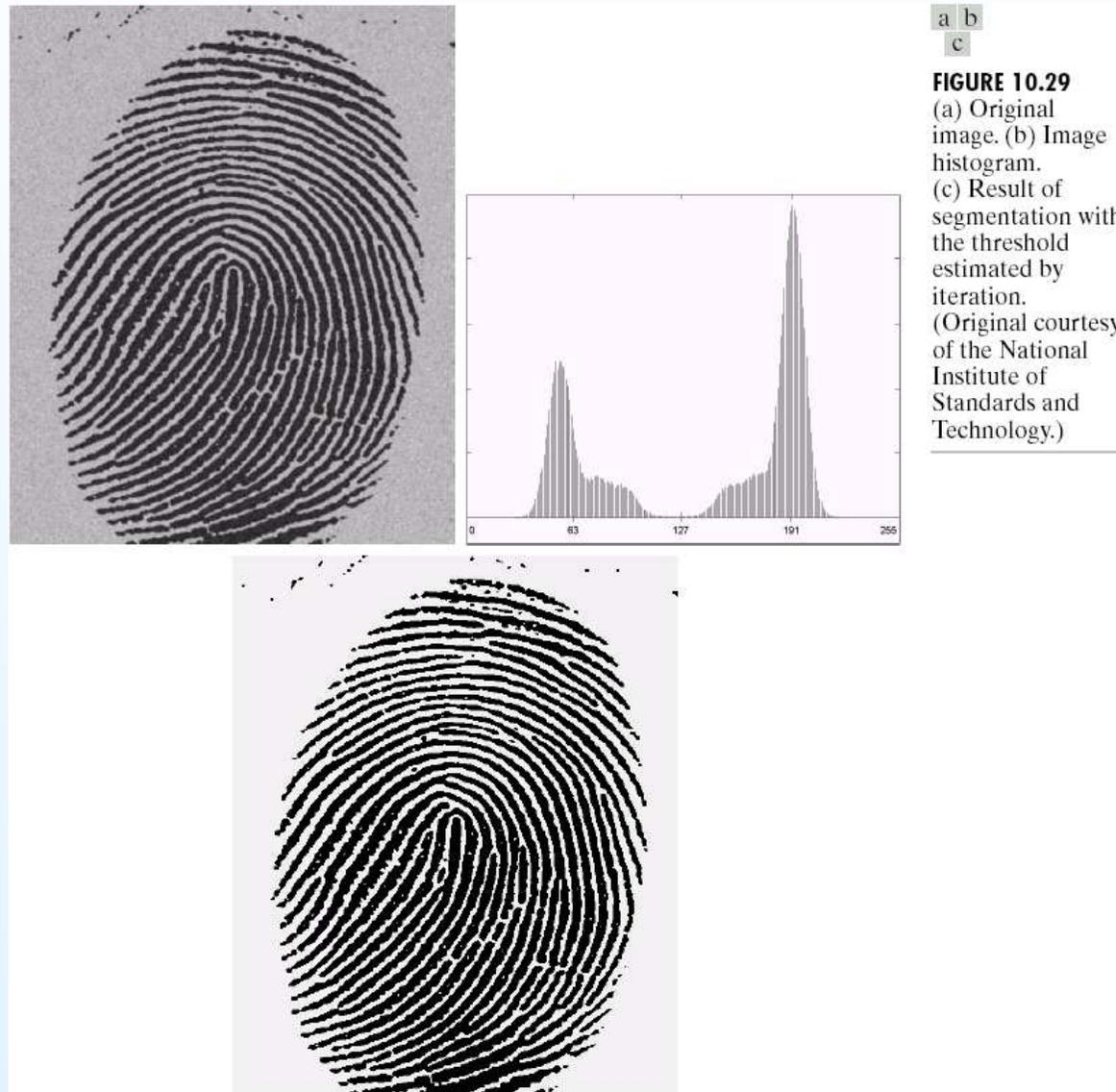
Seuillage



a
b c

FIGURE 10.28
(a) Original image. (b) Image histogram. (c) Result of global thresholding with T midway between the maximum and minimum gray levels.

Exemple de seuillage



Seuillage adaptatif

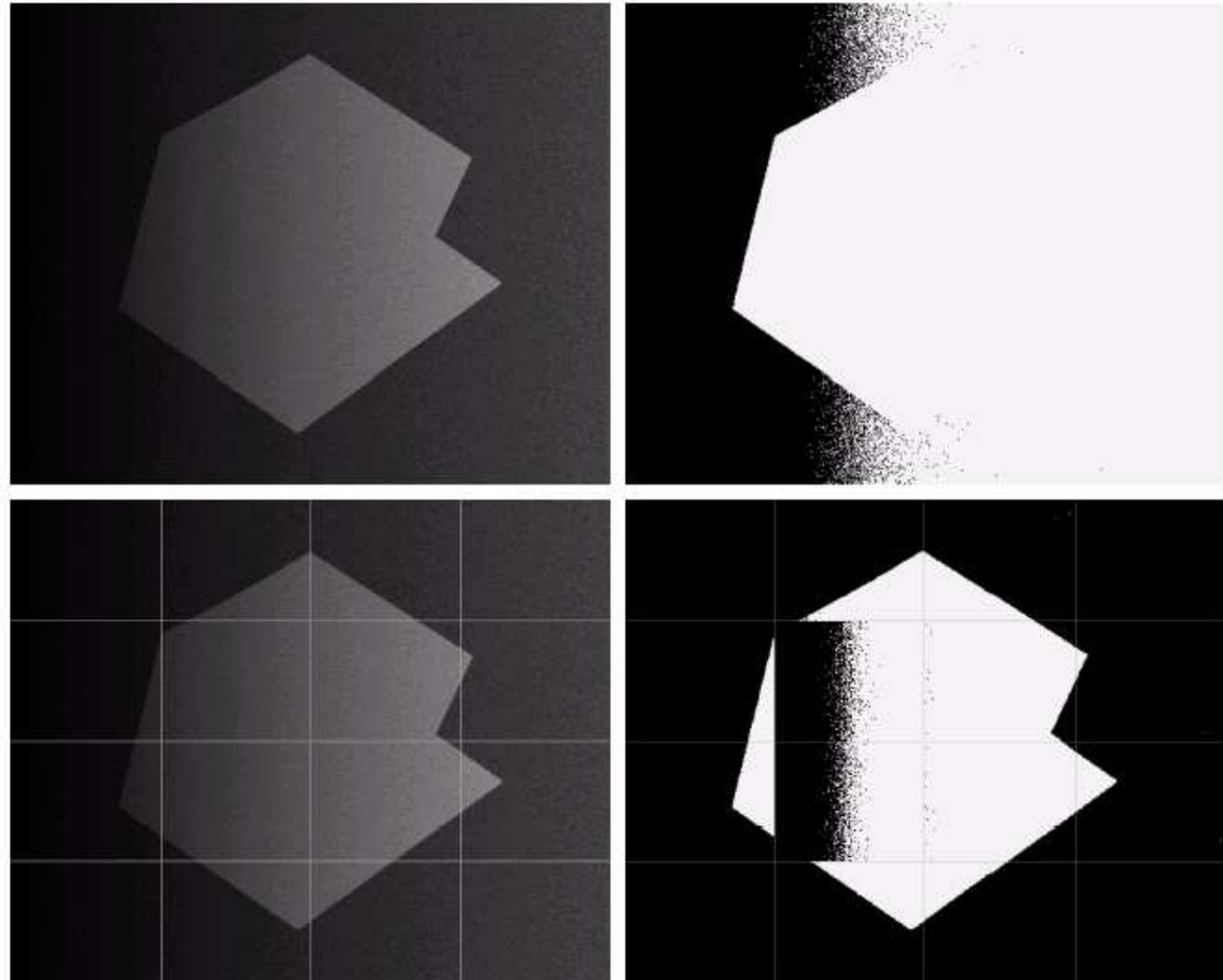
a b
c d

FIGURE 10.30

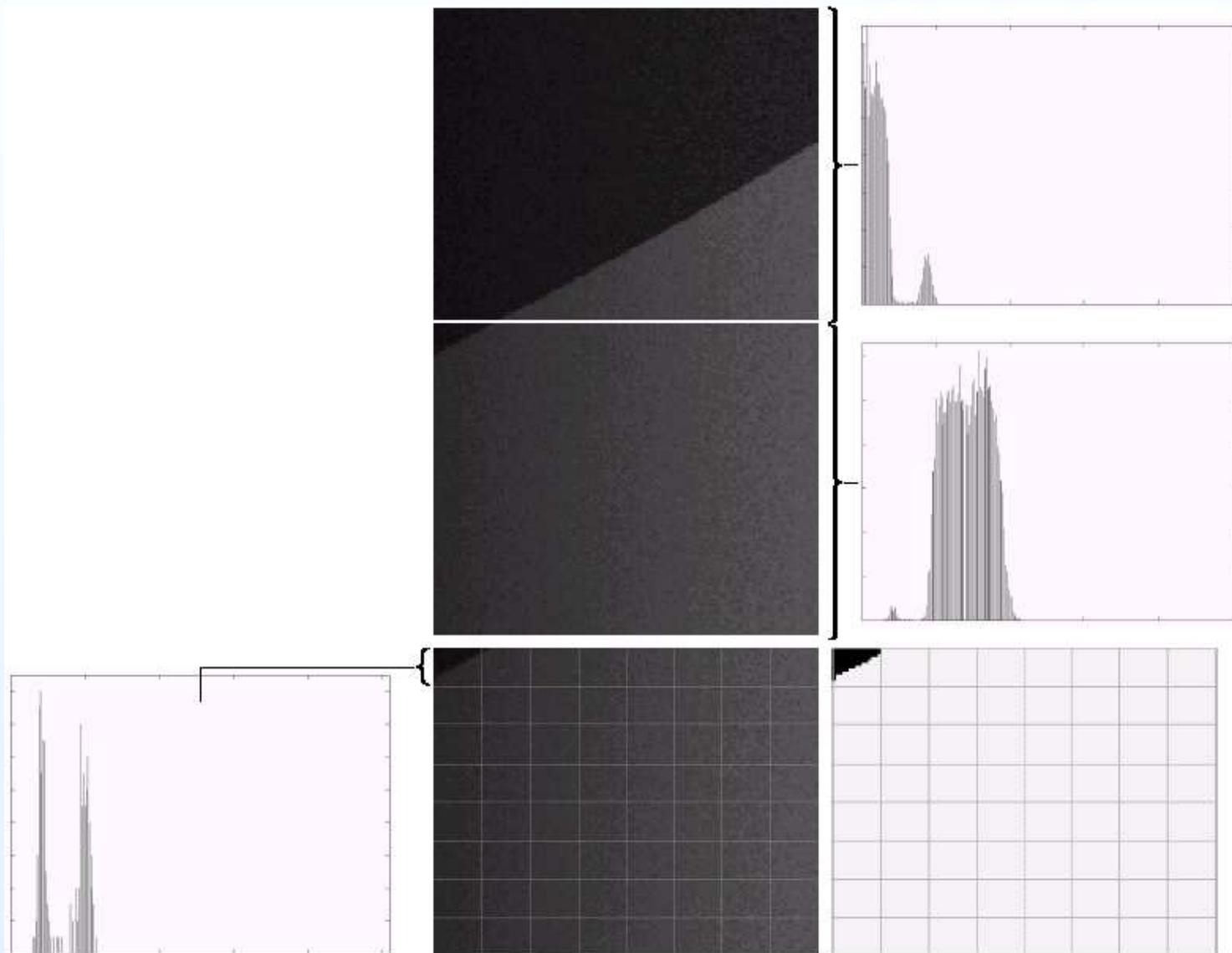
(a) Original image. (b) Result of global thresholding.

(c) Image subdivided into individual subimages.

(d) Result of adaptive thresholding.



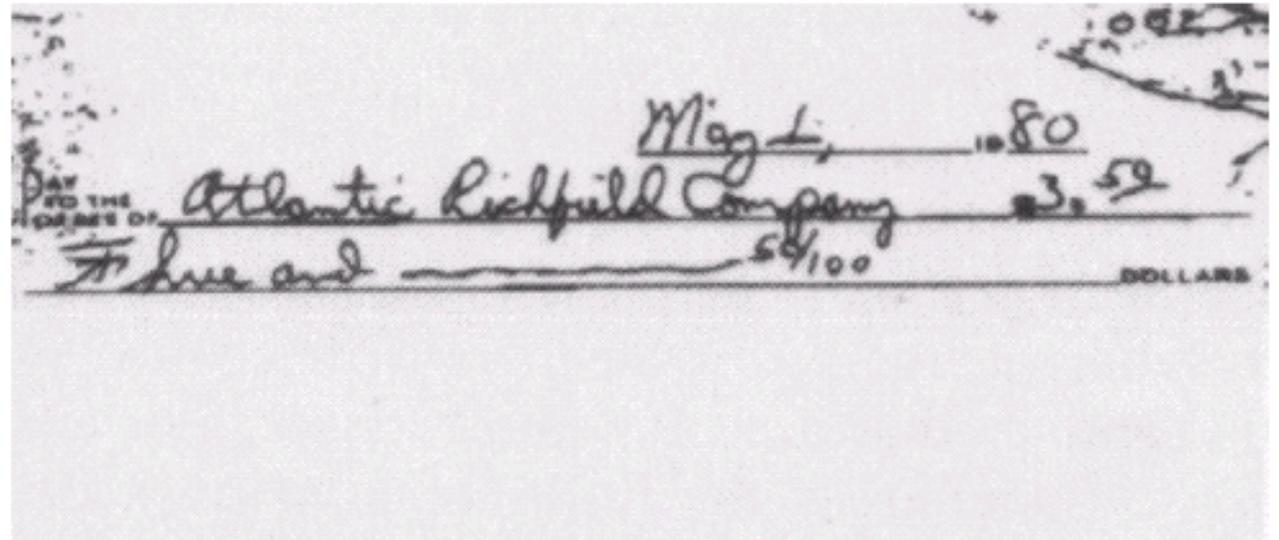
Seuillage adaptatif (suite)



Seuillage adaptatif (suite)

a
b

FIGURE 10.37
(a) Original image. (b) Image segmented by local thresholding. (Courtesy of IBM Corporation.)



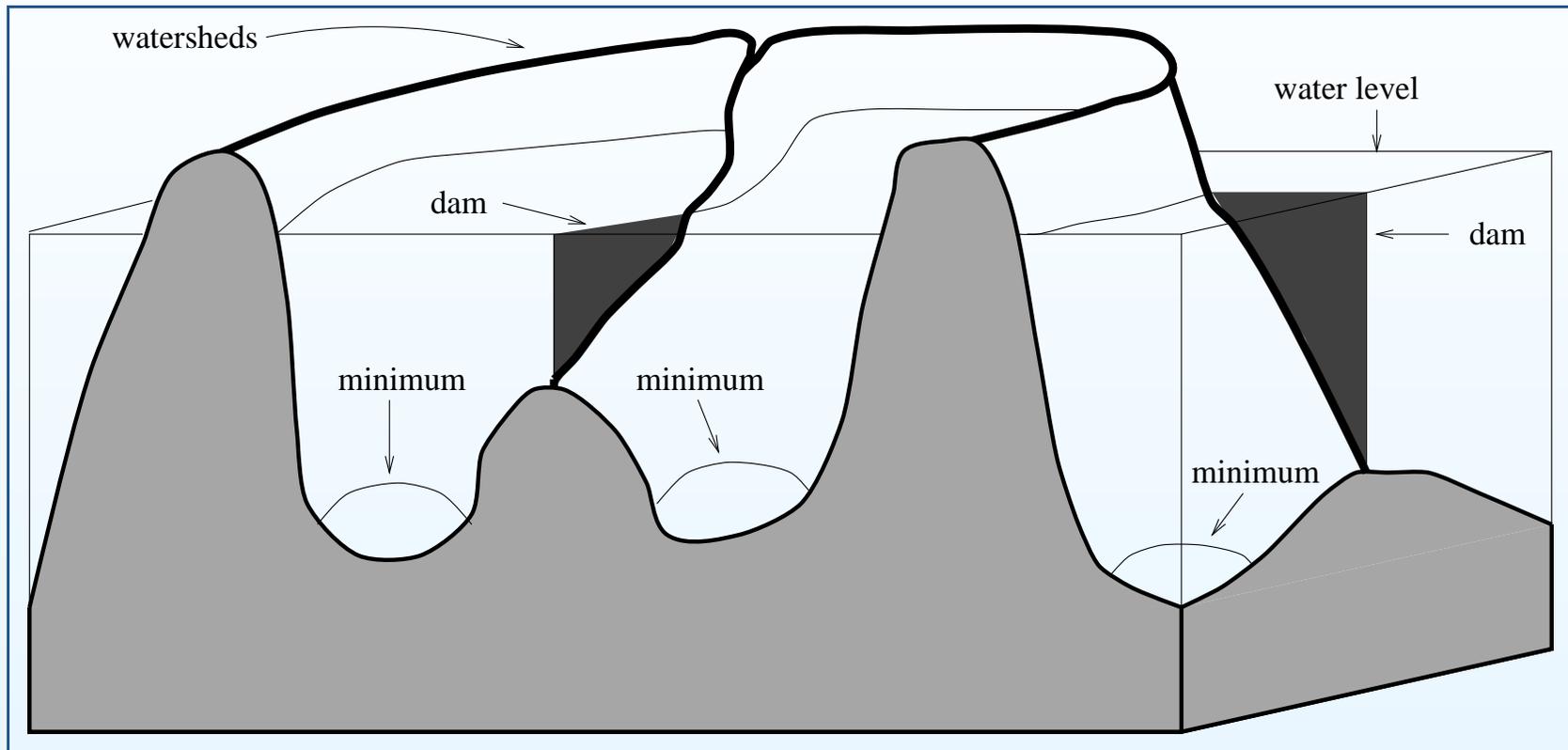
Seuillage multispectral



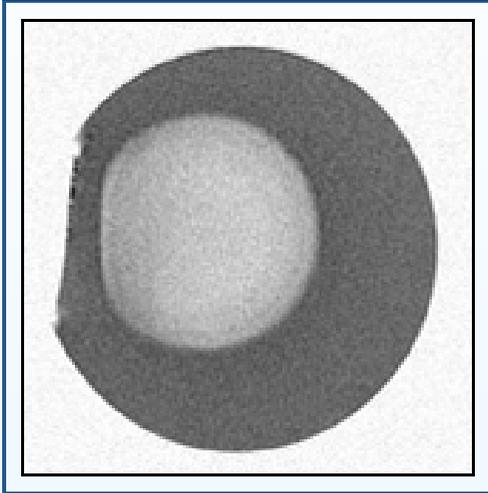
a b c

FIGURE 10.39 (a) Original color image shown as a monochrome picture. (b) Segmentation of pixels with colors close to facial tones. (c) Segmentation of red components.

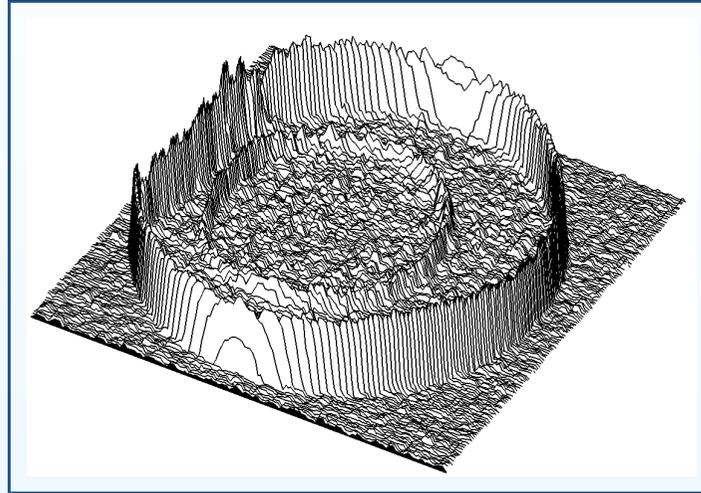
La ligne de partage des eaux



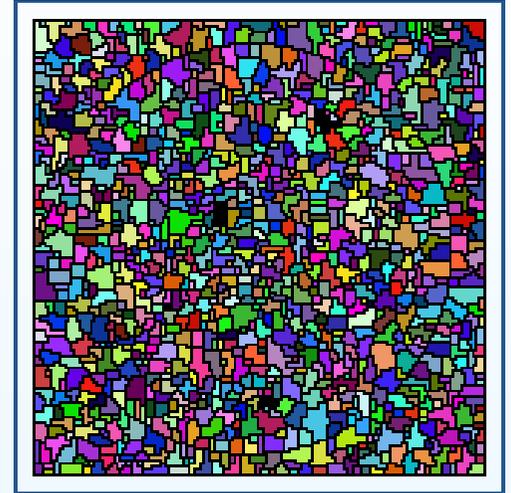
The watershed line 2



Original

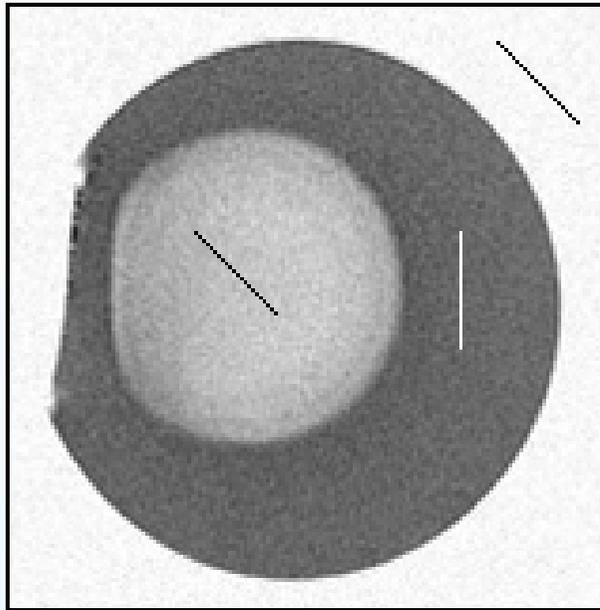


Gradient

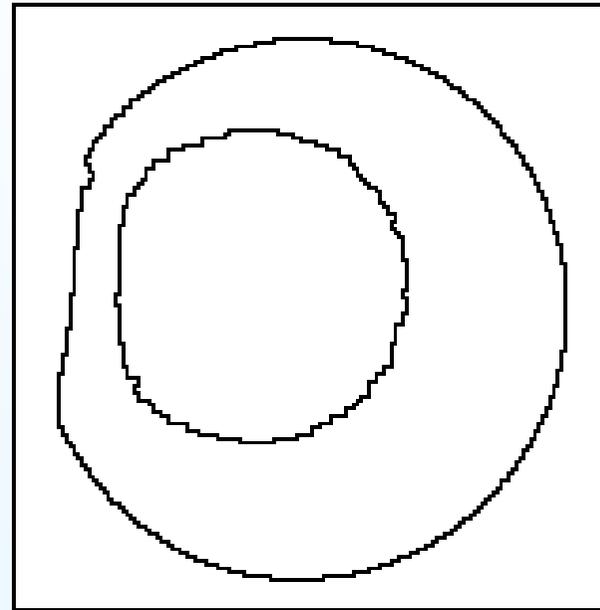


First result

The watershed line 3



Orig. + Markers



Final

How to use the watershed line?

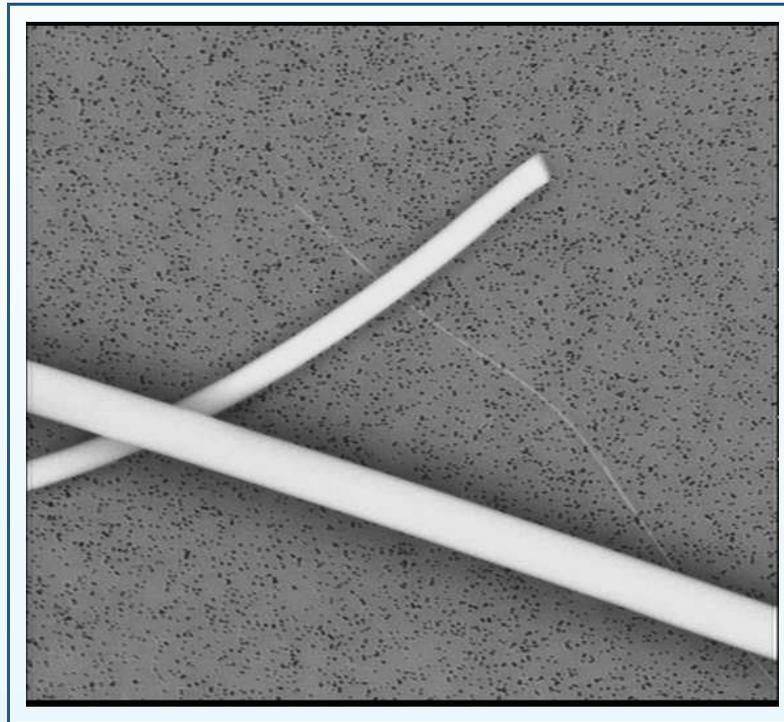
The classical CMM approach:

- Find a good gradient
- Find good external markers
- Find good internal markers

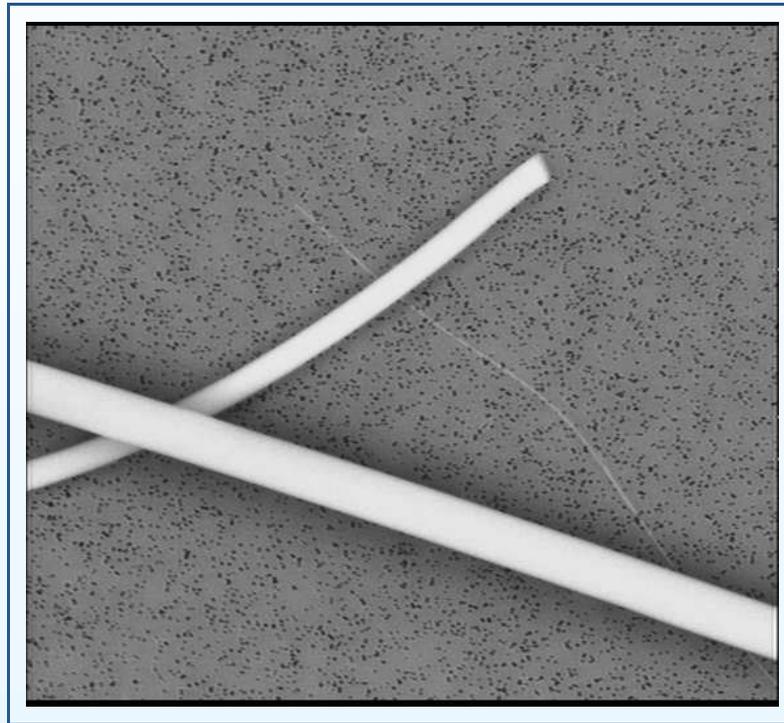
Other approaches:

- Merge catchment basins afterwards (graph approach f.e.)
- Constrain the watershed

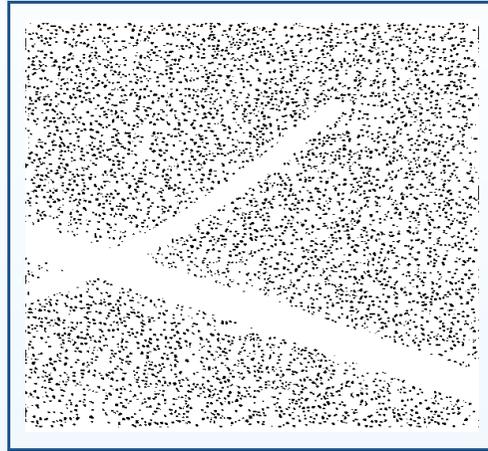
Example of the classical approach (1)



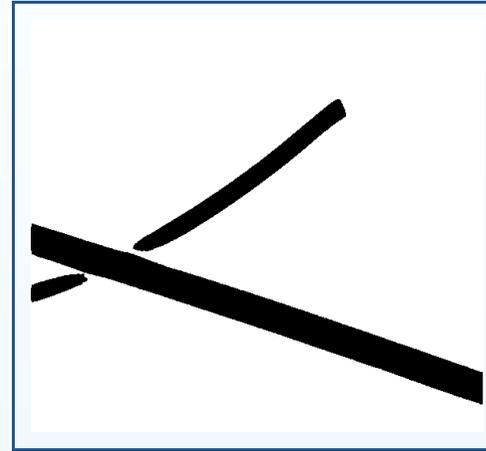
Example of the classical approach (1)



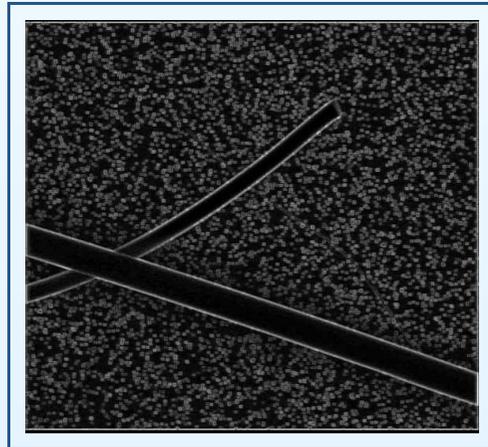
Examples of the classical approach (2)



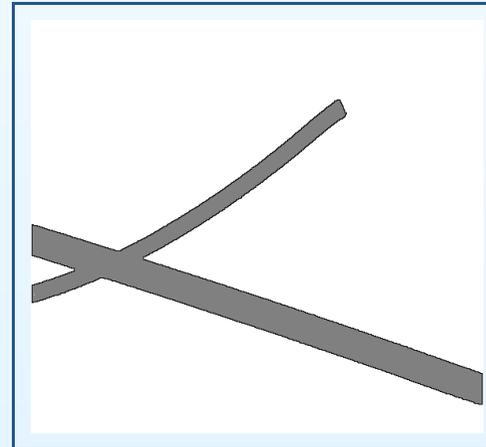
internal



external



gradient



final