

# Chapitre X : Segmentation

## Paradigme de Segmentation Morphologique

### Contraintes sur les Minima : Swamping

*(Exemple des électrophorèses)*

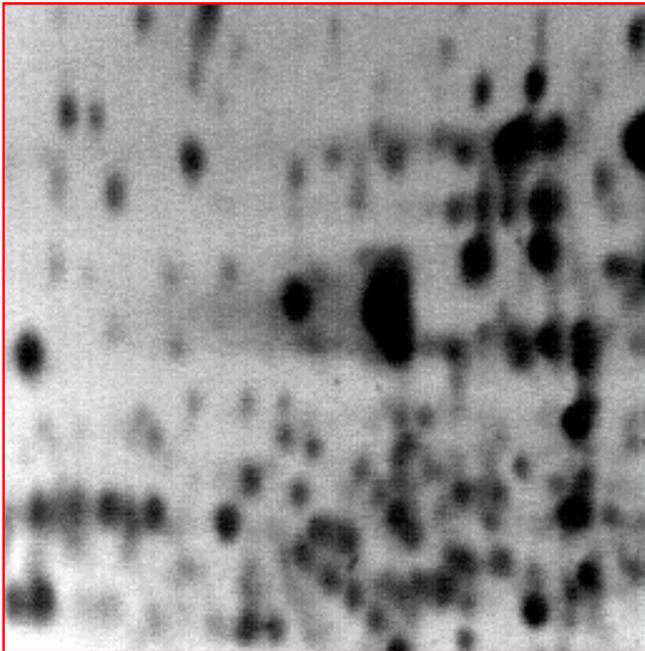
### Contraintes sur les Maxima : conditionnalisation

*(Exemple du trafic urbain)*

### Images Mosaïques et Hiérarchie

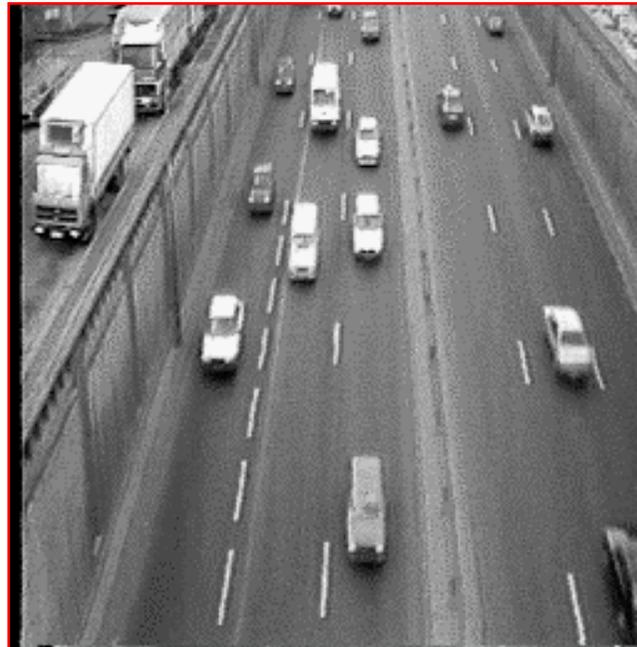
*(Exemple du Brûleur)*

# Trois Exemples



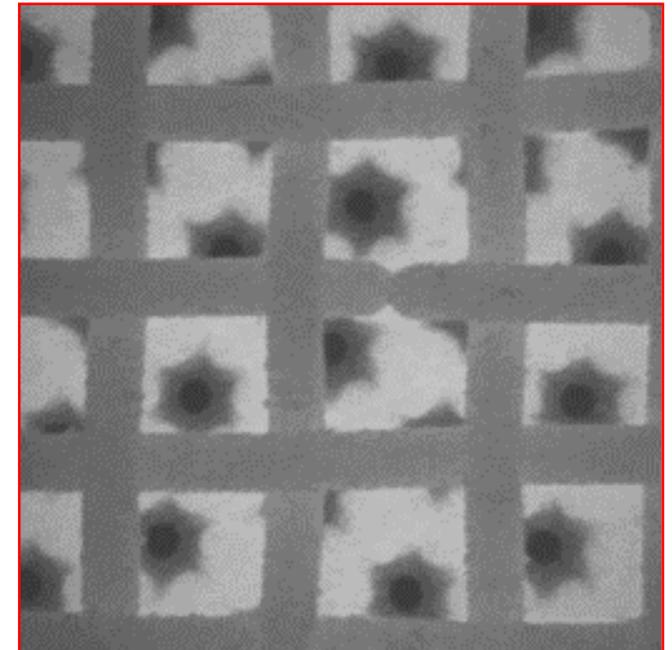
***Electrophorèse:***  
*( S. Beucher )*

***1-Délimiter les taches,***  
***2- Déterminer les voisins.***



***Chaussée du Périf :***  
*( S. Beucher )*

***Délimiter les voies de roulement.***



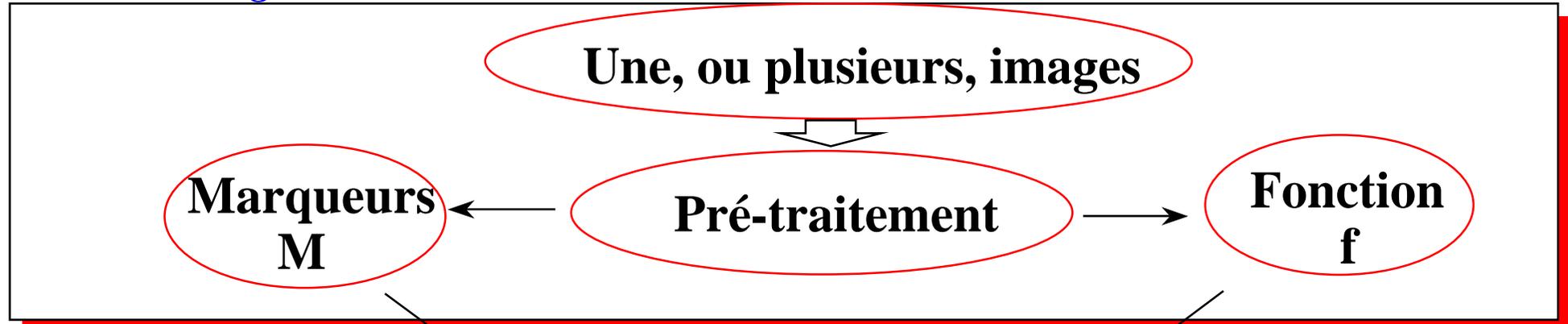
***Brûleur :***

***Proposer une hiérarchie de segmentations plus ou moins fines.***

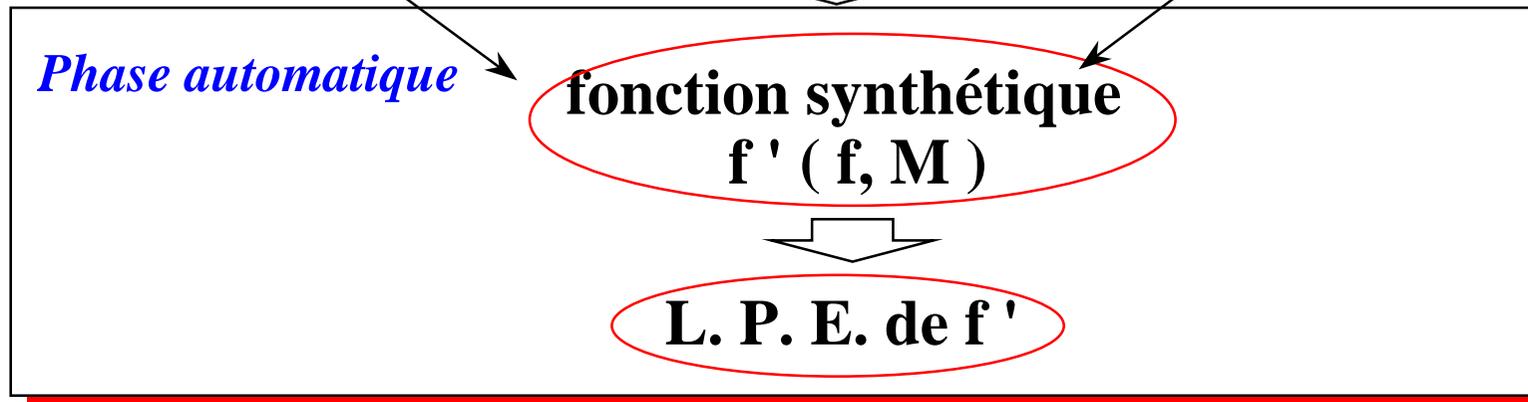
# Paradigme de Segmentation Morphologique

( S. Beucher, F. Meyer )

## Phase intelligente



## Phase automatique



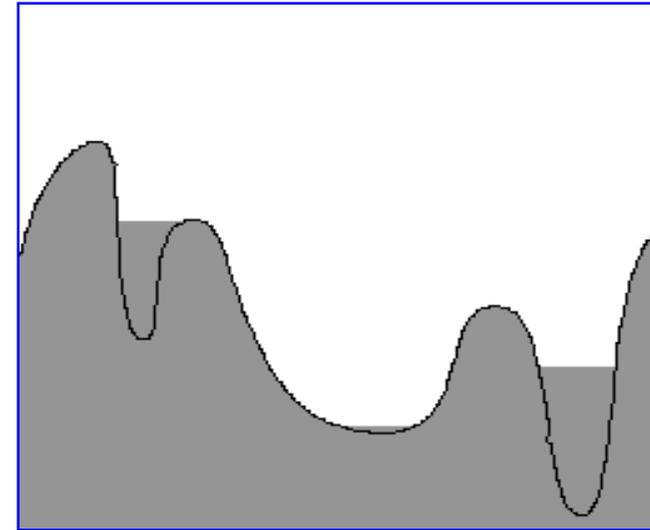
Eventuelle Hiérarchie  
( avec marquage endogène ou exogène )

# Variables d' Entrée

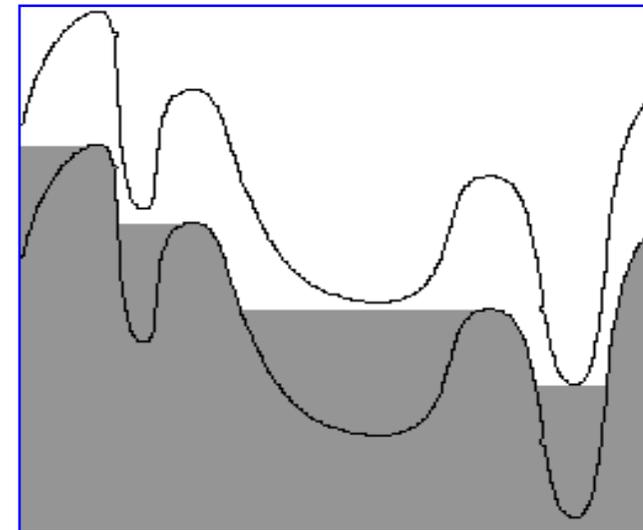
- La LPE étend le plus possible les minima d' une image conformément à sa topographie. On peut agir sur ces minima de deux manières
  - Par **filtrage**, ce qui essentiellement supprime certains d'entre eux,
  - Par **swamping**, ce qui remplace les minima par un nouvel ensemble, dit de marqueurs.
- On peut aussi imposer à la segmentation de passer par des portions de contours connues ( ex: pointillés ) . On **conditionne** alors la LPE en construisant une image d' entrée où ces portions sont des maxima.
- Enfin, une première LPE peut servir de marqueur pour une seconde, et la zones qu' elle délimite donner lieu à une **image mosaïque**. Cette nouvelle image n' est plus construite par pixels, mais comme **graphe planaire**. Elle est susceptible à son tour de LPE, de swampings, de versions conditionnelles, etc..

# Sélection des minima : Filtrage

- En règle générale, les images ont **trop de minima**, et le calcul sans précautions de la LPE conduit à une **sur-segmentation** désastreuse.
- Pour avoir des minima significatifs, on peut procéder par filtrage :
  - soit "*horizontal*" par filtres alternés plans, avec reconstruction ou non
  - soit "*vertical*" par les fermetures  $\varphi^{\text{rec}}(f;f+h)$  de dynamique  $h$ . En particulier, pour  $h=1$  on extrait **tous** les minima.
- S'il s'agit de **maxima**, on prend  $\gamma^{\text{rec}}(f;f-h)$



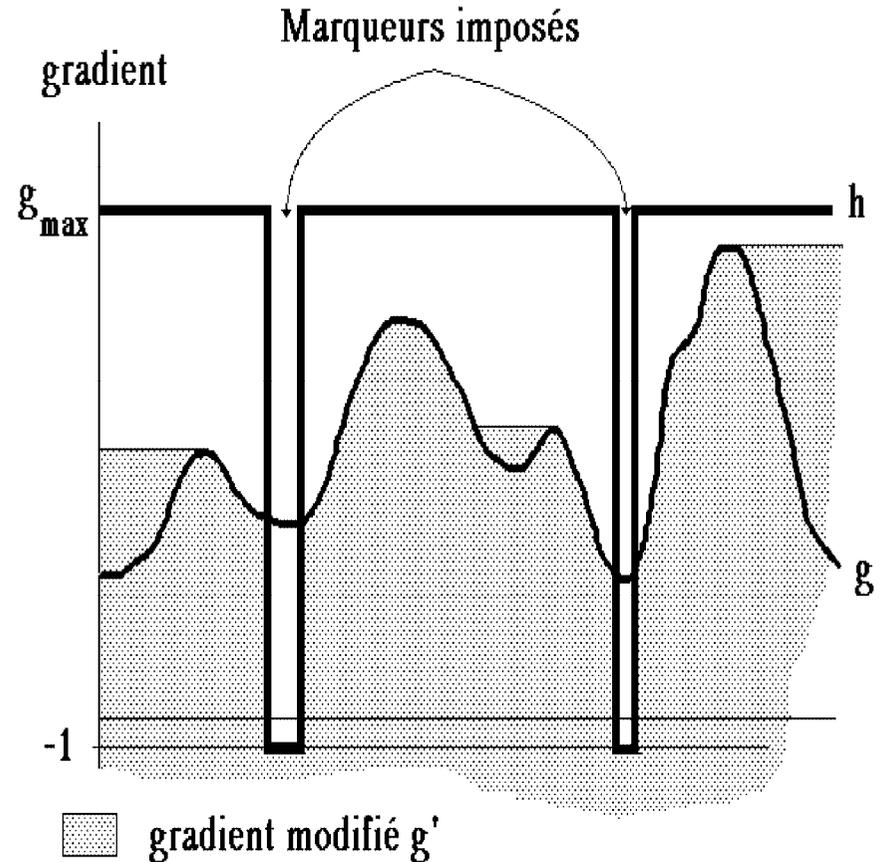
*Filtrage  
"horizontal"*



*Filtrage  
"vertical"*

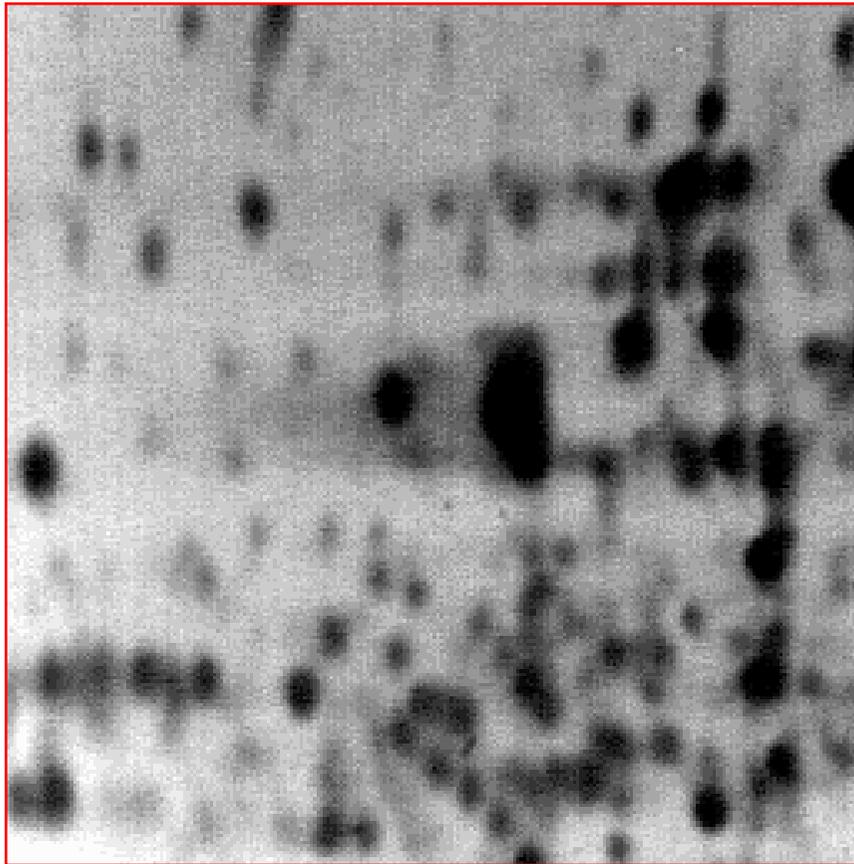
# Changement de minima : Swamping

- Les marqueurs n'ont souvent aucune raison de coïncider avec des minima de  $f$ . La notion de **swamping** permet de dissocier complètement ces deux aspects.
- **But** : étant donnée une fonction  $f \geq 0$ , et un jeu  $M$  de marqueurs, trouver l'inf des fonctions
  - qui admettent pour minima les seules composantes connexes de  $M$
  - qui valent zéro sur  $M$  et sont  $\geq f$  sur  $M^c$ .
- **Moyen**: prendre la fonction  $g(x) = 0$  si  $x \in M$  ;  $g(x) = \max$  si  $x \notin M$ . Alors, la fonction  $g \varphi^{\text{rec}}(f;g)$  est l'inf recherché. On la nomme **Swamping de  $f$  par  $M$** .

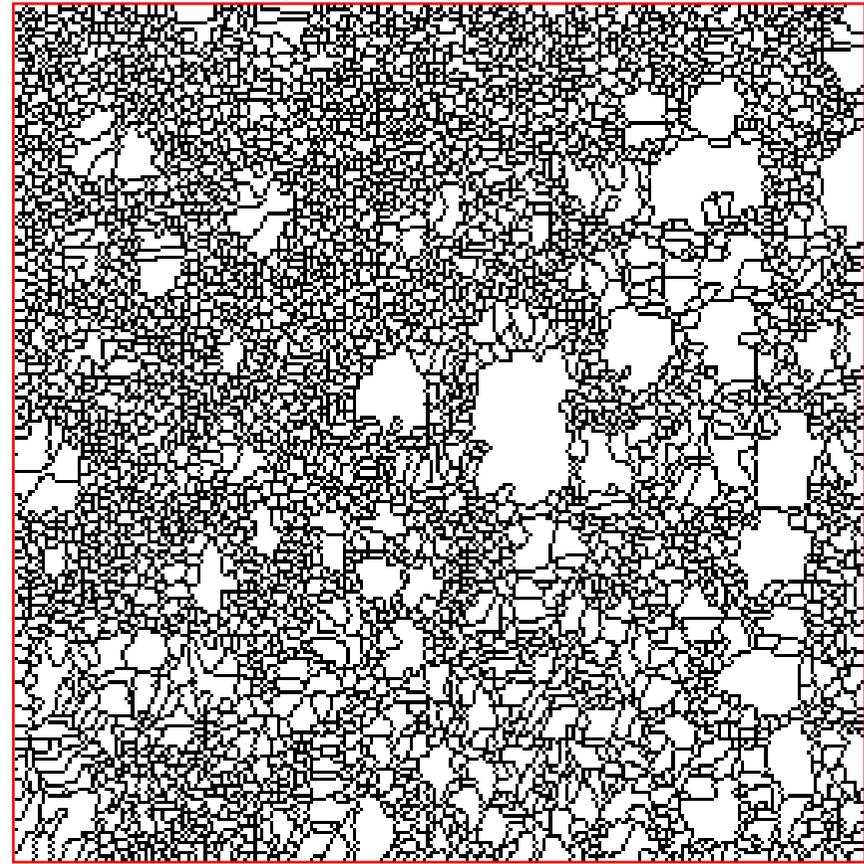


# Exemple critique des Electrophorèses

**Problème :** *segmenter les taches, et caractériser leurs relations d'adjacences*  
*La solution de ce grand classique est due à S.Beucher et à F. Meyer.*



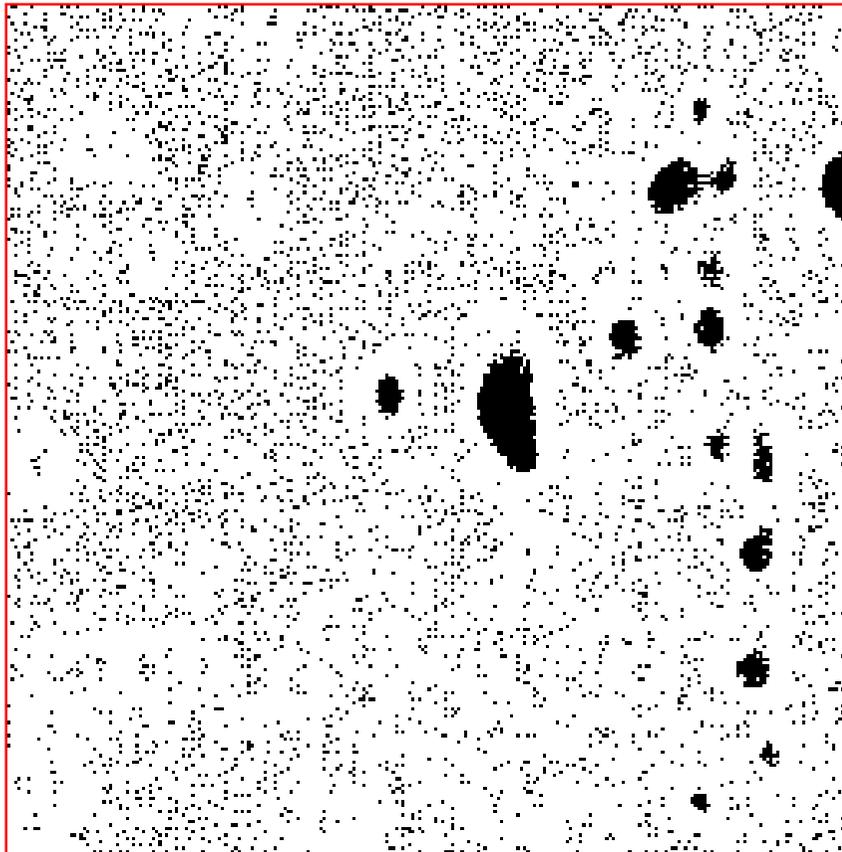
*(a): image initiale d'électrophorèse*



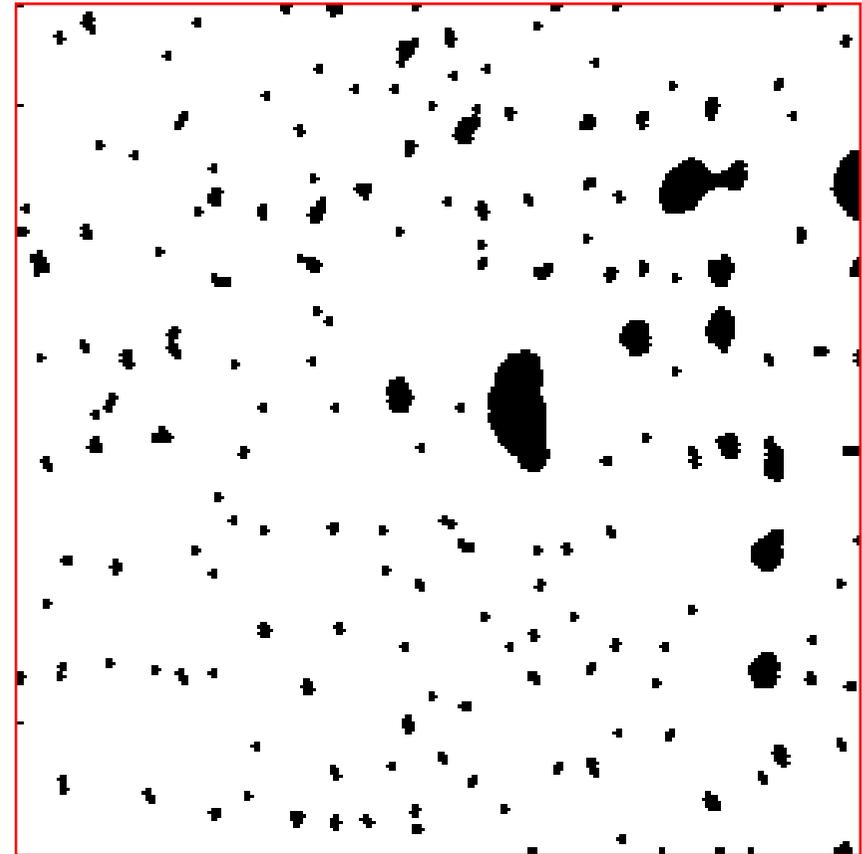
*(b) : L. P. E. de l'image initiale*

# Electrophorèses : Minima

**Critique :** *La sur-segmentation vient de ce qu'il ya trop de minima; on va donc filtrer l' image initiale par un  $\phi\gamma$  de taille 1 avant d' en prendre la LPE.*



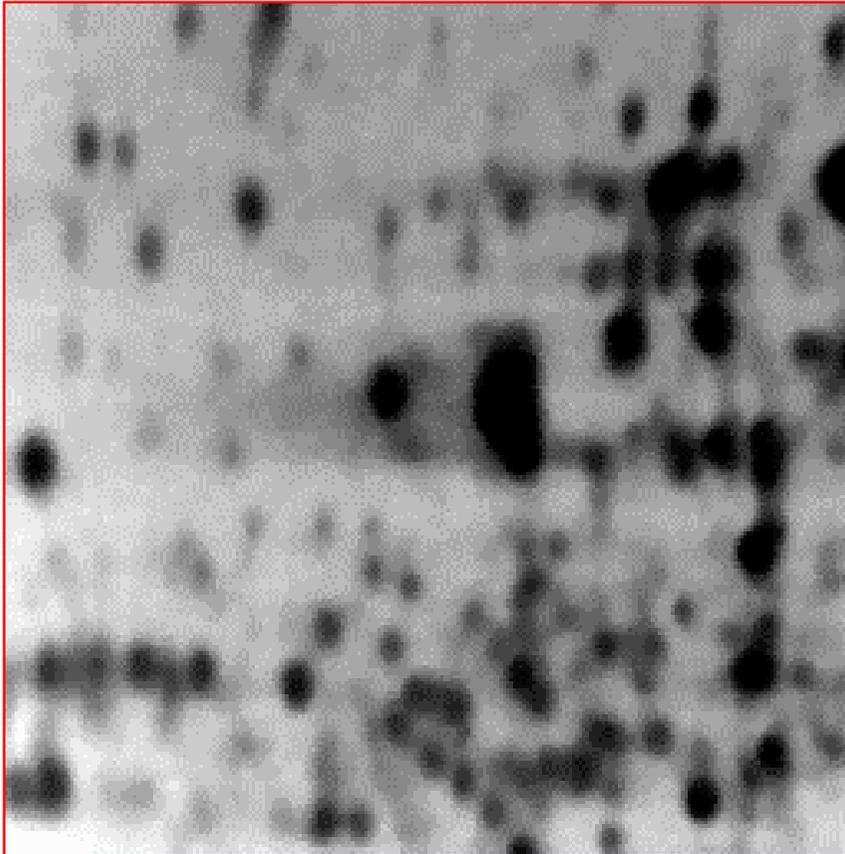
*(c) : minima de l'image initiale*



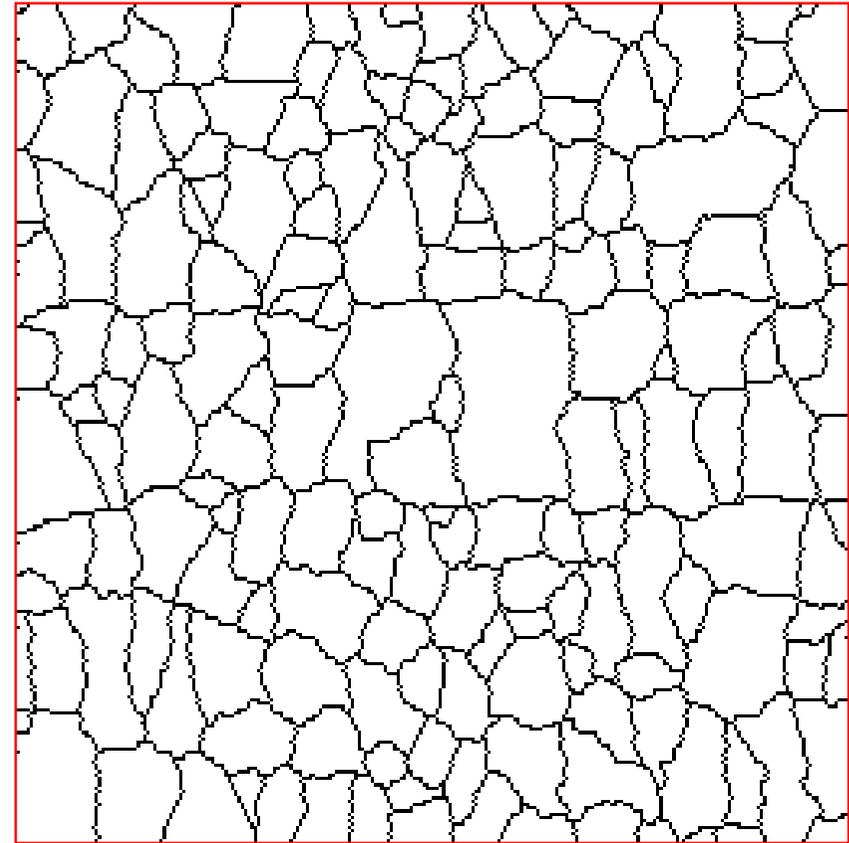
*(d) : minima de l'image filtrée (e)*

# Electrophorèses : zones d'influence

*Critique: La segmentation, maintenant correcte, fournit les zones d'influence des taches, mais pas leurs contours. Ces derniers relèvent de la LPE du  $|\text{gradient}|$ .*



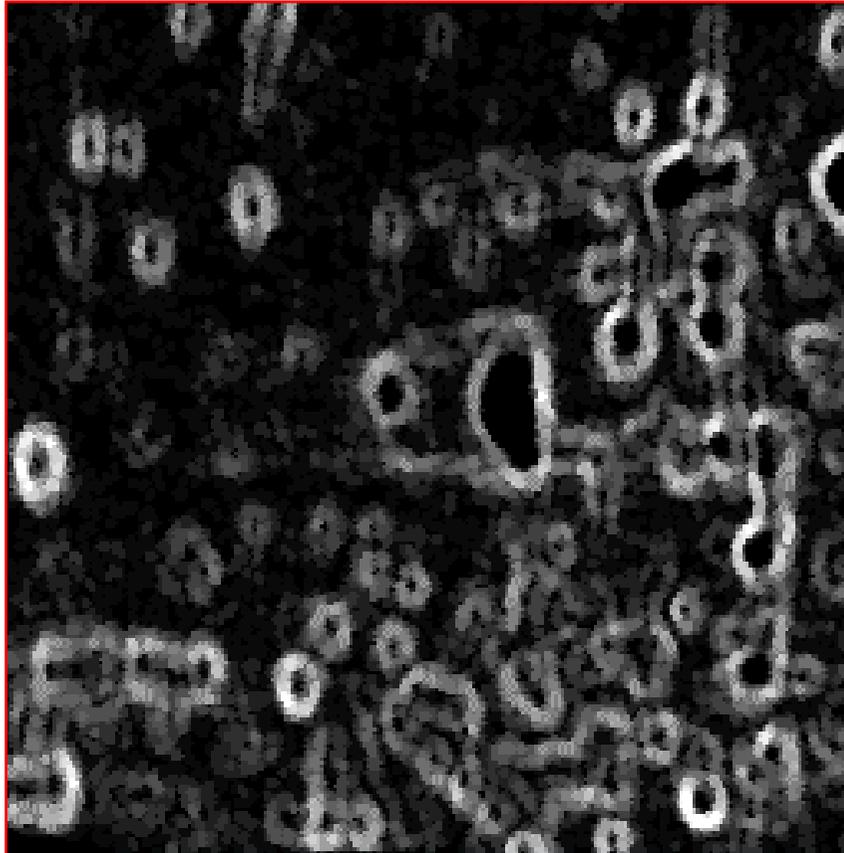
*(e) : filtrage alterné hexagonal de (a)*



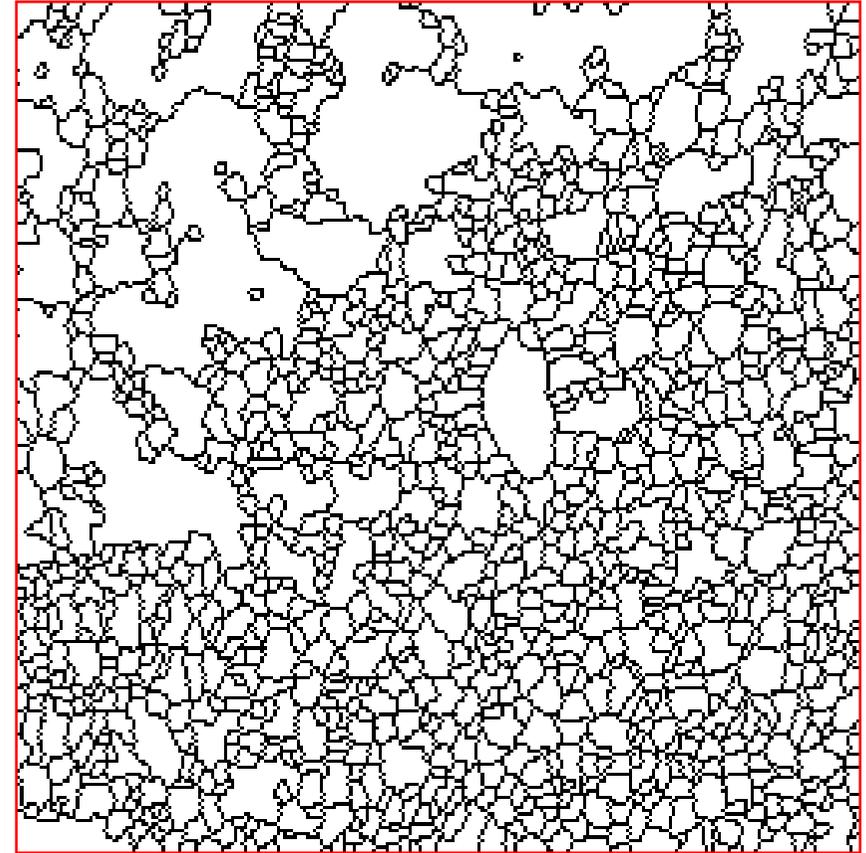
*(f) : L. P. E. de l' image filtrée (e)*

# Electrophorèses : LPE du Gradient (I)

**Critique** : *on trouve quelques contours, perdus dans une sur segmentation. Puisque nous disposons des minima de (e), introduisons les, par swamping, comme marqueurs dans l'image gradient (g);*



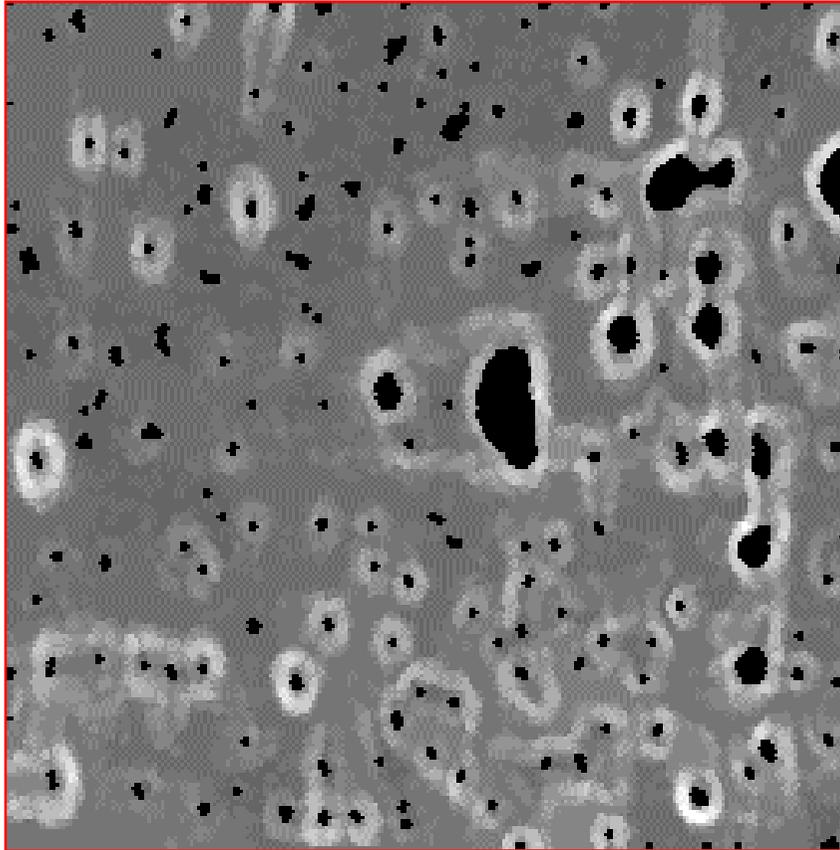
*(g): module du gradient de l'image filtrée*



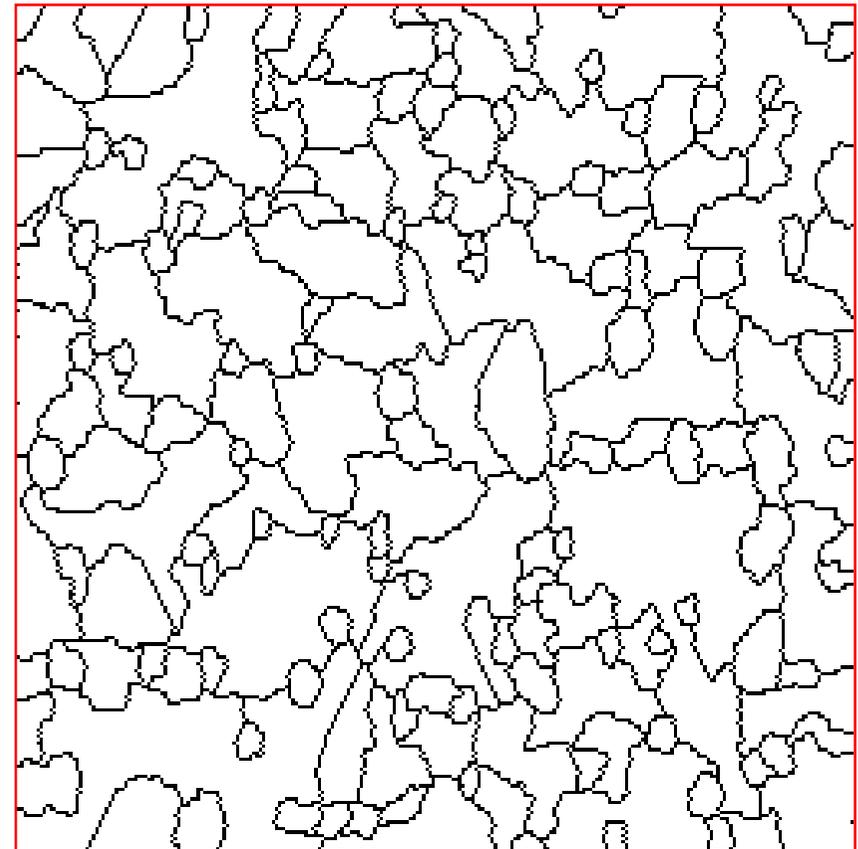
*(h) : L. P. E. du gradient (g)*

## Electrophorèses : LPE du Gradient (II)

**Critique :** *On a oublié de marquer que le gradient est nul non seulement au centre des taches, mais aussi dans le fond. Il faut swamper (g) par la LPE (f).*



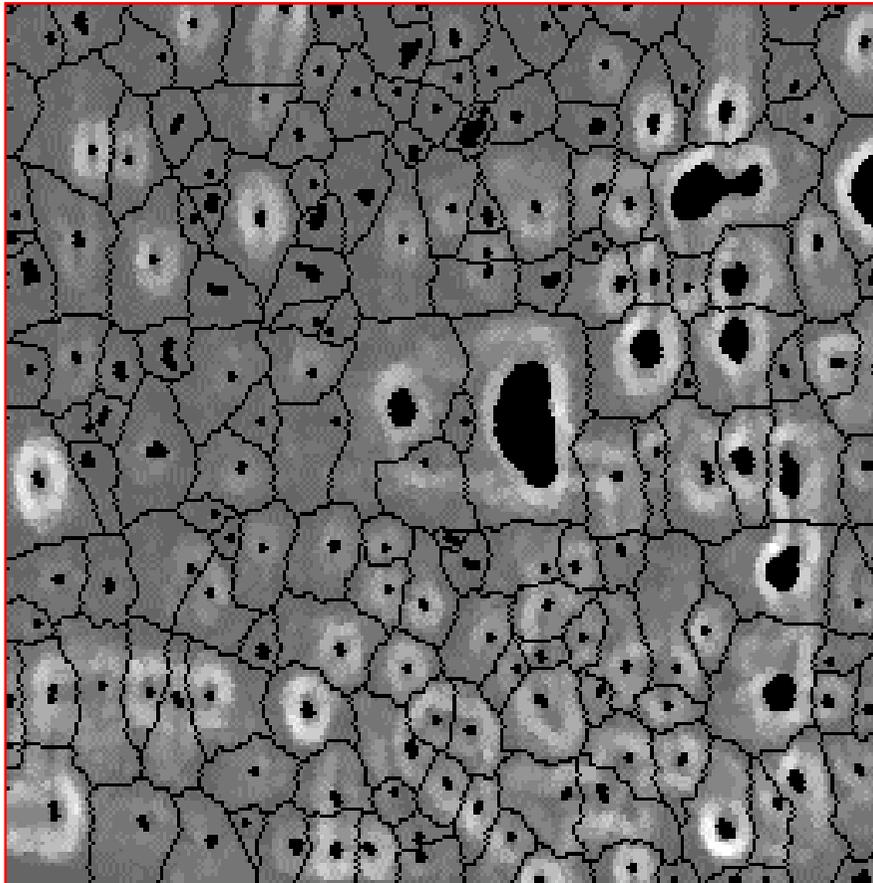
*(i): gradient (g) swampé par les minima (d)*



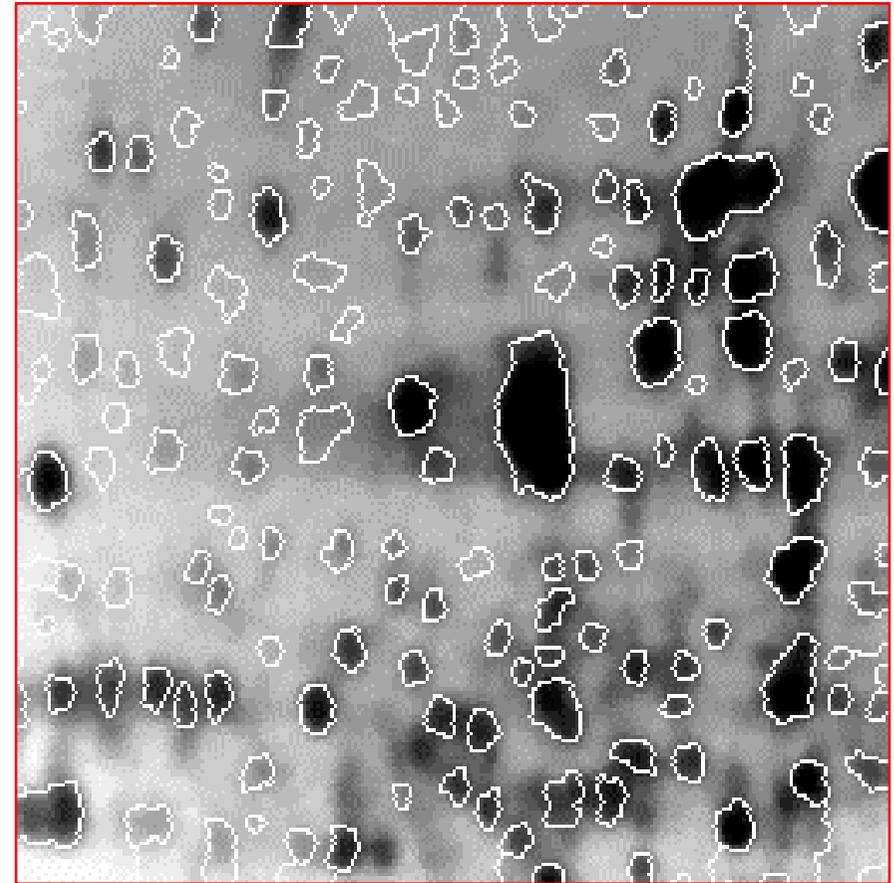
*(j) : L. P. E. de (i)*

# Electrophorèses : Contours

Critique : *BRAVO !*



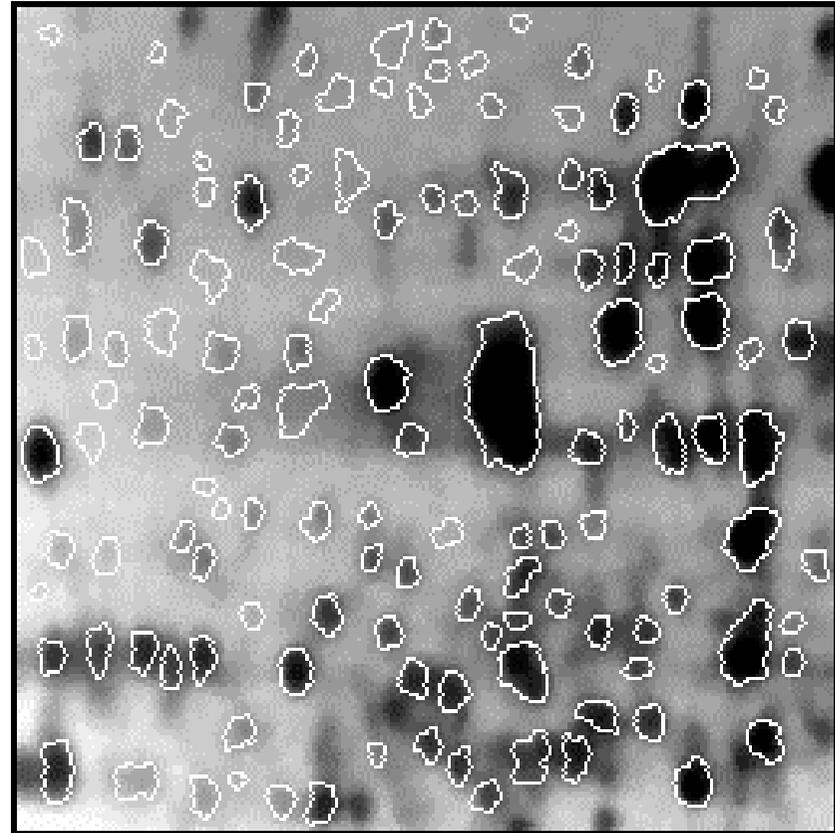
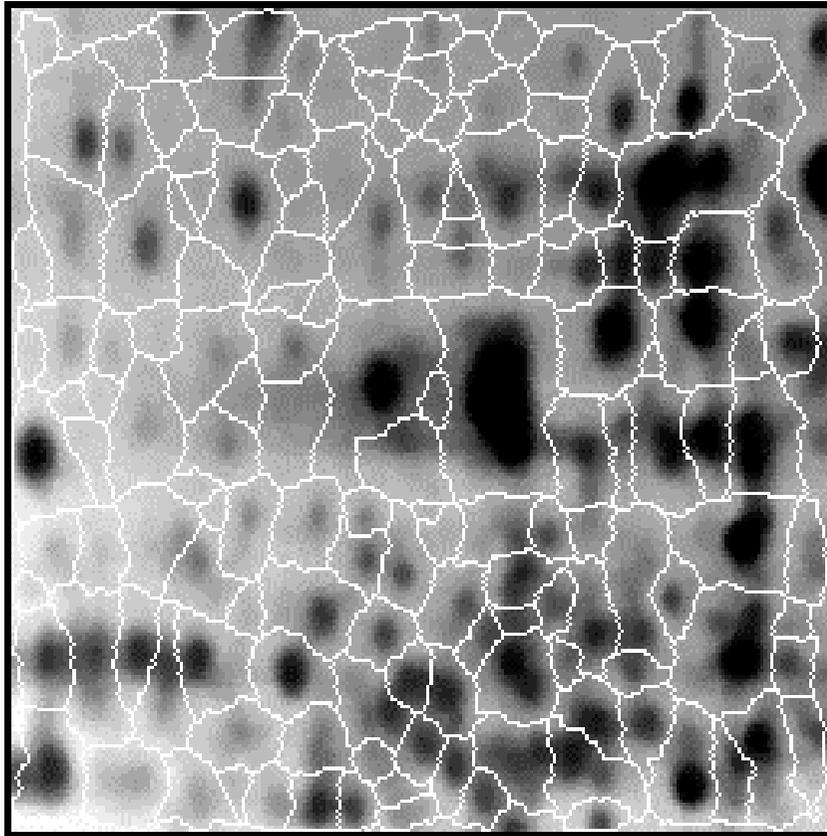
*(k) : (g) swampé par la réunion des minima (d) et de la LPE (f)*



*(l) : L. P. E. de (k) superposée à l'image initiale*

# Electrophorèses : Effets de Bord

**Commentaire :** *Il faut bien faire une hypothèse sur l'extérieur du champ. Jusqu'ici on l'a supposé blanc, i.e. plus clair que tous les points de l'image. Si au contraire on le prend noir ( "imsetedge 0 " ) les graphes se re-bouclent à l'intérieur du champ.*



## Enseignements tirées de l' exemple

- En première analyse, la sur-segmentation se corrige par filtrage, *i.e.* par une opération qui ne fait que **supprimer des minima**. Si l'on veut en **ajouter** de nouveaux, ou en déplacer, il faut faire appel au swamping.
- Un objet est **individualisé** quand il possède un unique minimum. La LPE d'objets individualisés délimite leurs zones d'influence. Elle se situe donc exclusivement dans le fond, dont elle constitue un marqueur idéal.
- Pour obtenir les **contours** d'objets individualisés, il faut considérer la LPE de leurs **gradients**.
- L'on doit toujours décider si l'**extérieur** est entièrement minimum ou pas du tout.  
....Enfin, les situations ne sont pas toutes du type précédent, loin s'en faut, comme va le montrer notre prochain exemple.

# Segmentation d' une Chaussée (I)

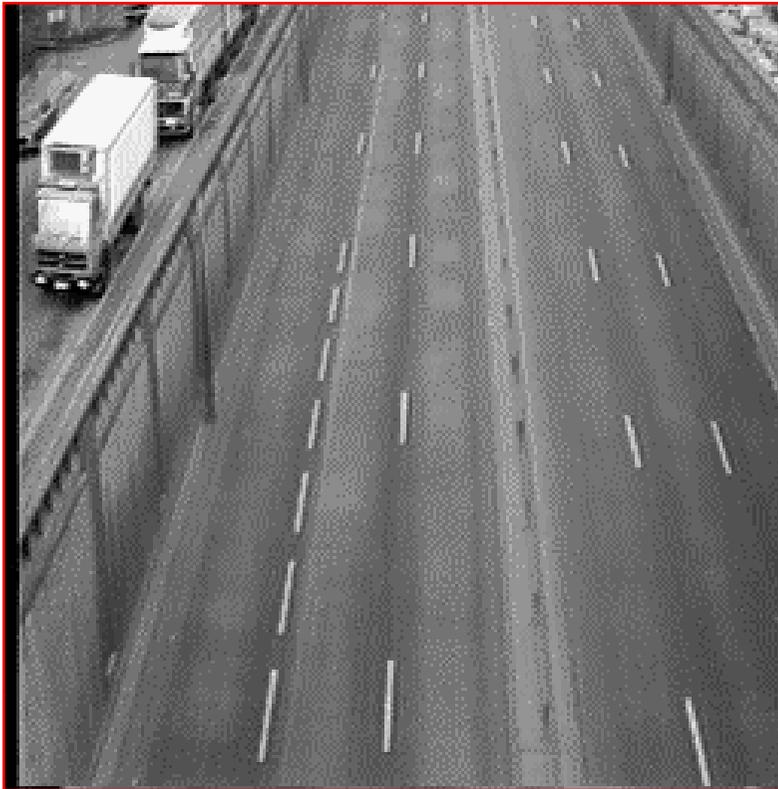
- **Problème** : Délimiter les voies de circulation d'une chaussée, à partir d'une séquence de 450 vues prises en plongée, depuis une camera fixe
- **Différences** : Par rapport au cas précédent,
  - on part ici d'une **séquence** d'images. Comment synthétiser l'information?
  - La segmentation porte sur la chaussée seule, sans distinction figure-fond . Comment construire les **marqueurs**?
  - Il faut que la LPE passe par les traits blancs du marquage au sol. Comment la **conditionner**?



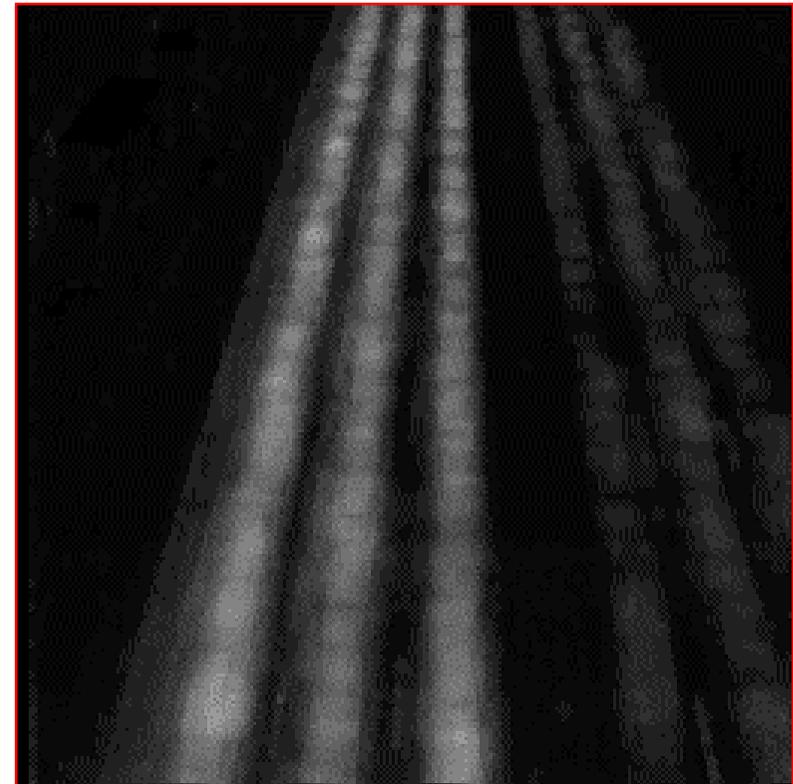
*(a) : Image extraite de la séquence de départ .*

## Chaussée (II) : Images Synthétiques

**Commentaire :** *On a résumé toute l'information utile en deux images (au lieu de 450), qui mettent en évidence, l'une les parties fixes, l'autre celles en mouvement. Ici encore, c'est à S.Beucher que l'on doit la solution*



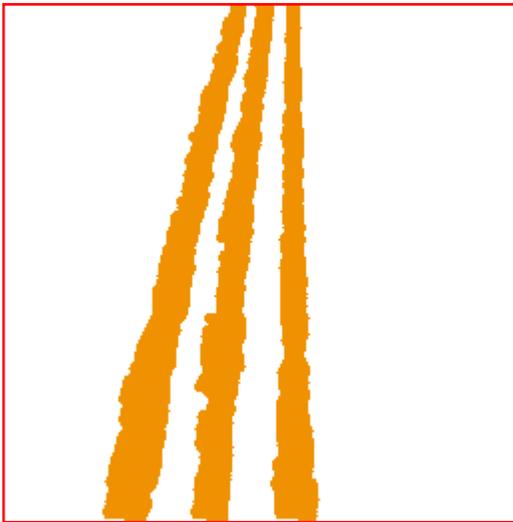
(a) : Somme  $\Sigma(f_i, 1 \leq i \leq 450) / 450$



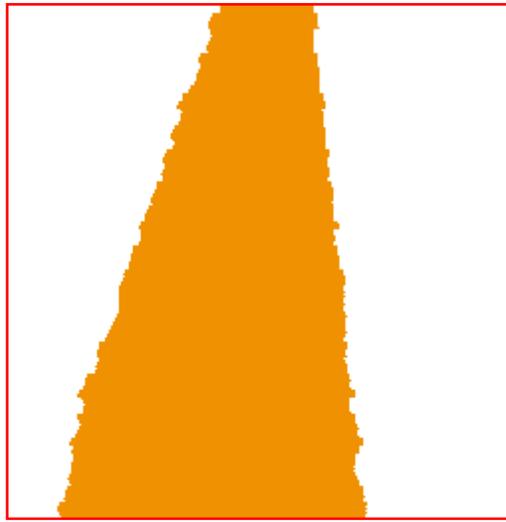
(b) : Somme  $\Sigma(|f_{i+1} - f_i|, 1 \leq i \leq 449) / 449$

## Chaussée (III) : Marqueurs

**Commentaire :** *l' image (b), seuillée, fournit un premier jeu de marqueurs (c) ; il est complété par le complément de la chaussée (d), qui marque l' extérieur (e) .*



*(c) : seuillage de (b)*



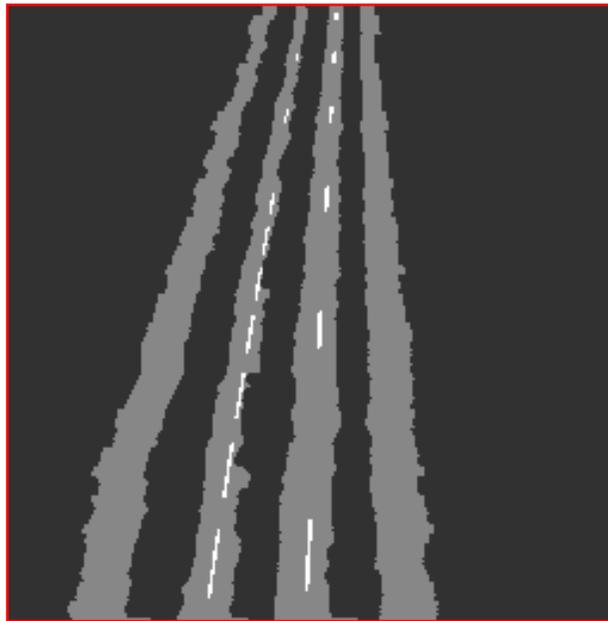
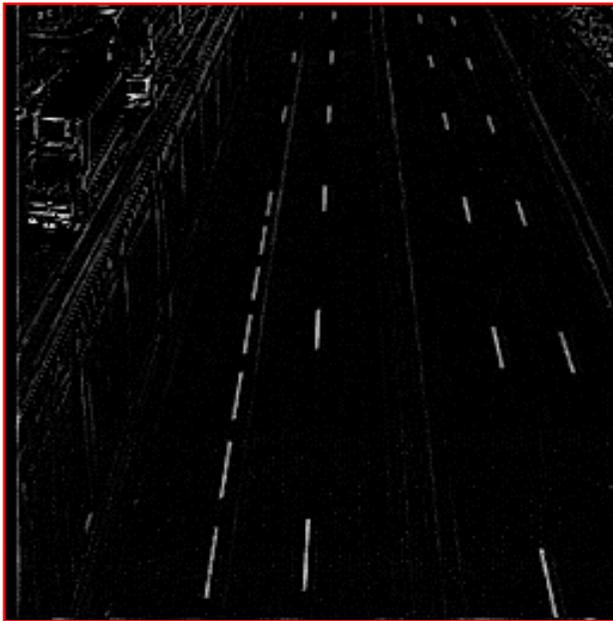
*(d) : dilatation de (c) selon un segment horizontal dont la longueur augmente quand on descend.*



*(e) : différence entre (c) et (d). En blanc, les 4 zones à affiner*

## Chaussée (IV) : conditionnalisation

**Commentaire** : *la condition de segmenter en passant par le marquage au sol impose de construire une fonction dont ces pointillés soient maxima. D'où les variantes (g) et (h).*



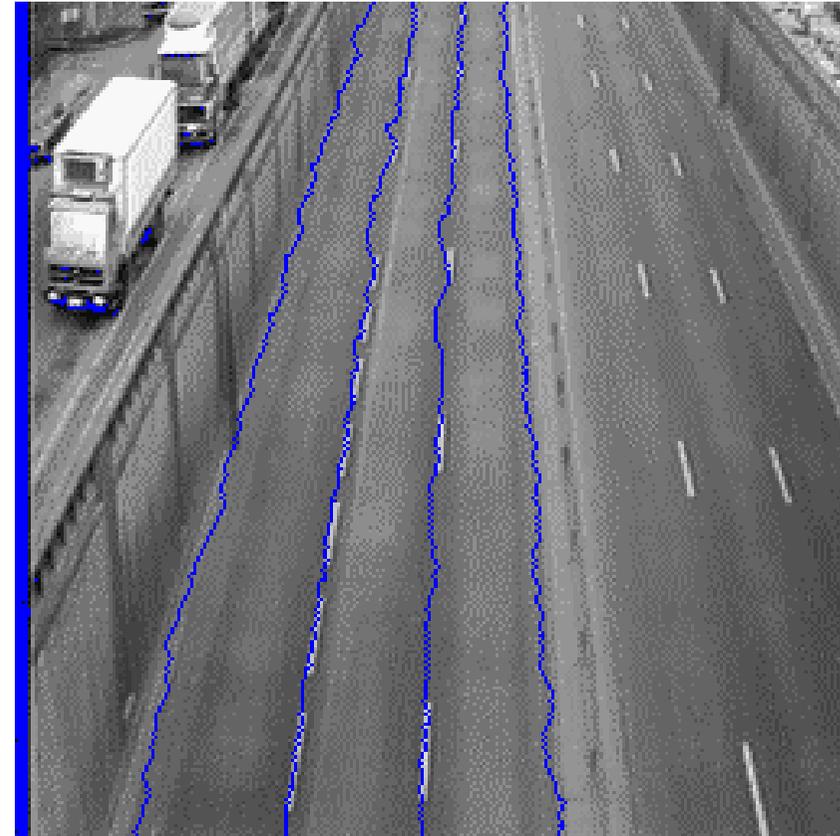
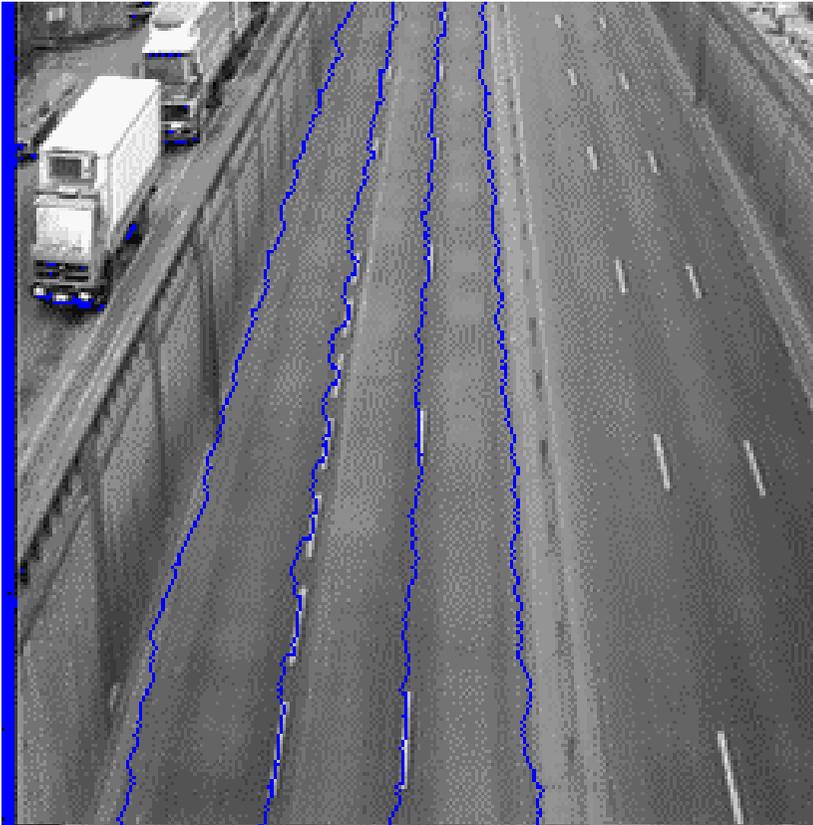
*(f) : top hat relatif à l'image (a).*

*(g) : fonction à 3 niveaux, à partir de (e) et de la restriction, filtrée, de (f) aux bandes centrales de (c)*

*(h) : fonction distance géodésique (inversée) du niveau haut de (g) dans son niveau médian. On y a ajouté les deux bandes non marquées par des pointillés blancs.*

## Chaussée (V) : Résultats

**Commentaire** : *OK pour (j). La fonction à trois niveaux n'est pas si mauvaise non plus. Les deux fois, la digitalisation de la LPE crée de légers écarts par rapport aux pointillés.*



(i) : *LPE de la fonction à trois niveaux (g)*

(j) : *LPE de la fonction distance géodésique*

## Enseignements tirées de l' Exemple

- Pour **forcer la LPE** à passer par certains points ou lignes, il faut les introduire comme **maxima** dans l'image source. D 'où l' idée de prendre leur fonction distance géodésique relative à une zone significative de l'image. Cette synthèse d'image est en un sens complémentaire du swamping, qui porte sur les minima.
- A la limite on en vient à synthétiser une **image à trois niveaux** à partir des deux ensembles conditionnants :
  - niveau bas : les marqueurs des minima,
  - niveau haut : les arcs de passage forcé de la LPE

Le niveau médian est une valeur constante affectée au reste de la fonction.

A noter qu' en l'absence de niveau haut, la LPE se ramène au skiz des minima

- Dans les **séquences** prises par camera fixe et sans zoom, les deux premiers résumés sont la moyenne des images et celle de leurs gradients temporels

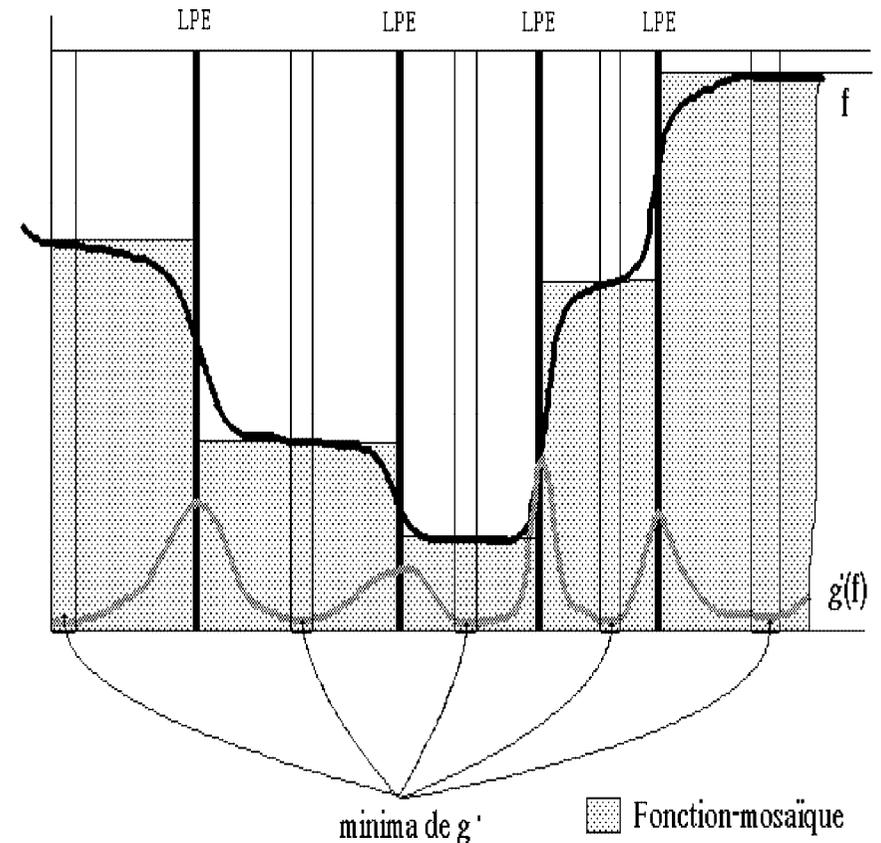
# Image Mosaïque : Principe

- **But :**

Créer une mosaïque de zones plates qui ressemble à l' image de départ.

- **Moyen (S.Beucher) :**

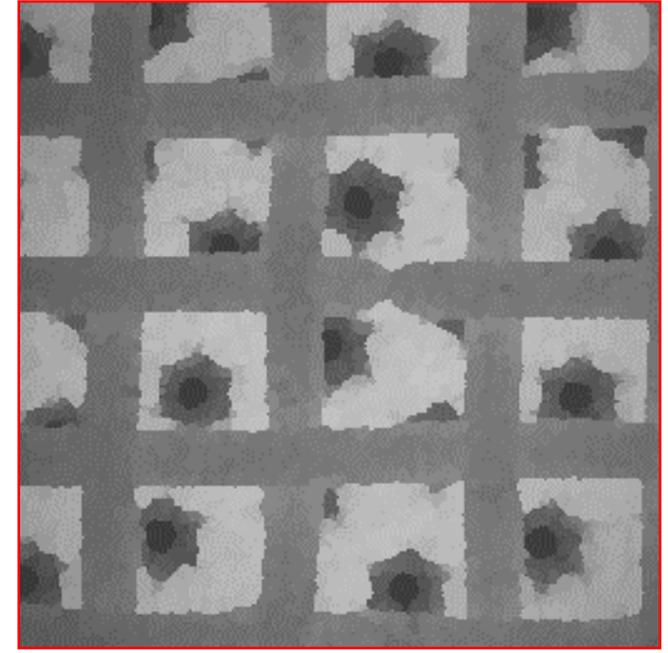
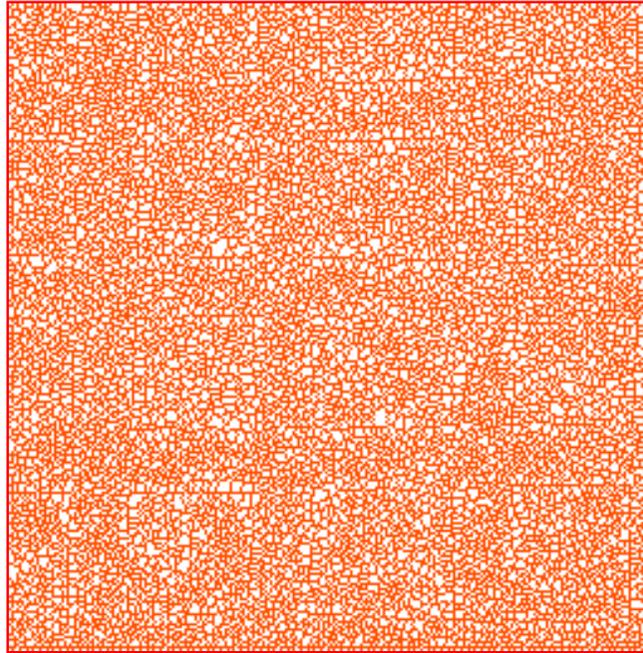
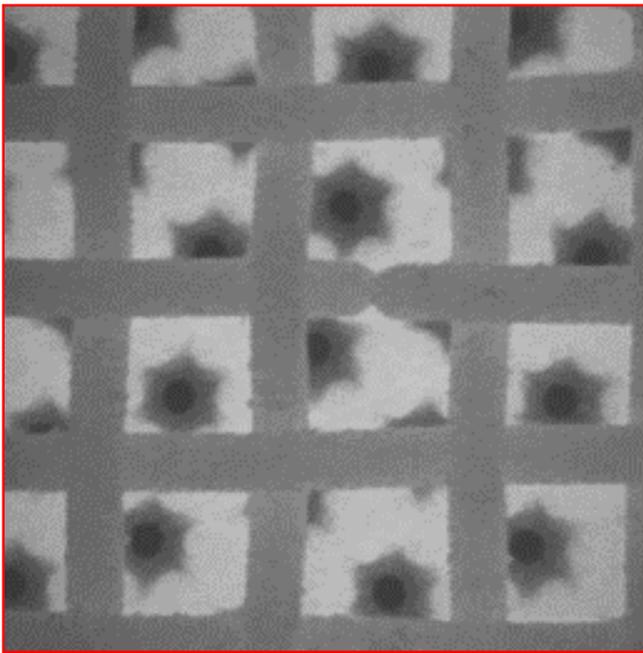
- Construire le gradient  $g(f)$  de l' image initiale  $f$ .
- Déterminer la LPE de  $g$ .
- Attribuer à chaque bassin versant de  $g$ , de minimum  $m_i$  la valeur  $f(x)$  que prend l' **image initiale**  $f$  en  $x \in m_i$  .
- Affecter chaque arc séparant deux bassins versants à l'un d'eux, de façon à joindre les zones plates de la mosaïque.



*Obtention de l' image mosaïque*

# Image Mosaïque : Exemple

**Commentaires :** 1- Une LPE totalement illisible engendre cependant une mosaïque bien plus "sage".  
2- De (a) à (c) on est passé d'une représentation par pixels à une autre de type graphe .



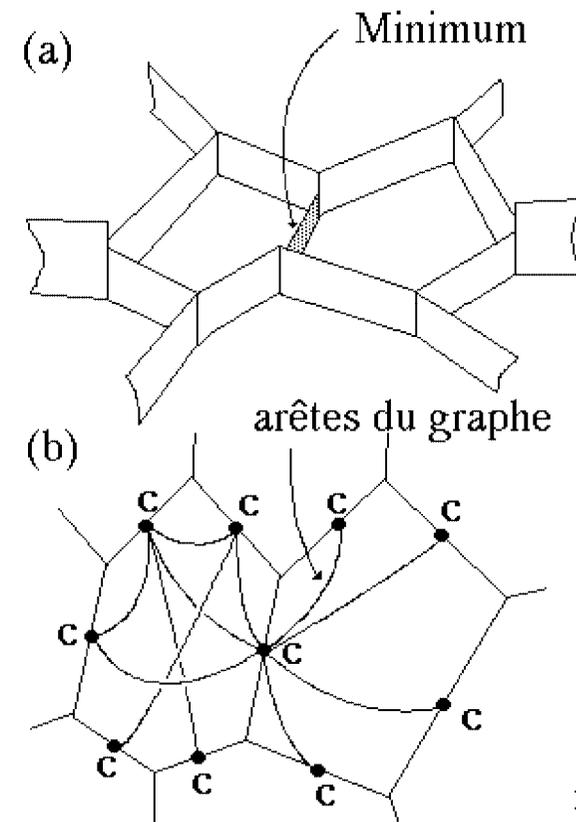
(a): Image initiale de brûleur (b): LPE du gradient de (a) (c): Image mosaïque de (a)

# LPE d'une Image Mosaïque

- **Principe (S. Beucher)** : Le gradient de l' image mosaïque est formé de minces parois verticales, dont la hauteur est la valeur du gradient-mosaïque. On supprime tout mur plus bas que tous ceux qui l' entourent.
- **Interprétation** : Considérons le graphe dont
  - les sommets sont les arcs  $C_{ij}$  de la LPE,
  - les arêtes sont les couples de d'arcs  $(C_{ij}, C_{ik})$  et  $(C_{ji}, C_{jk})$  de la LPE.

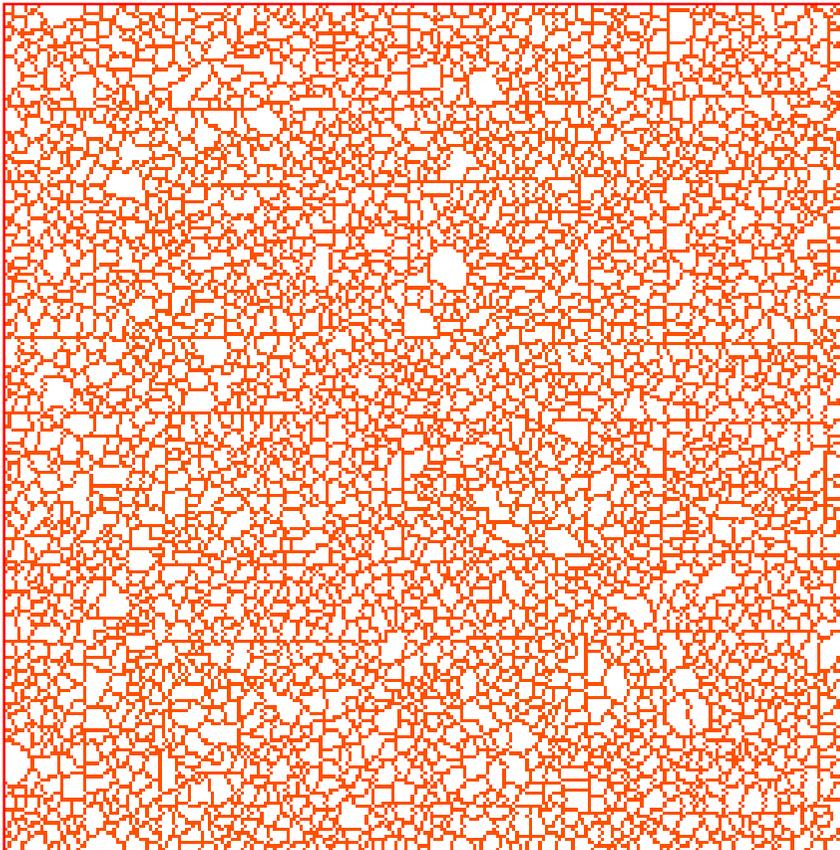
L'opération de suppression des murs bas s'interprète comme une **LPE** dans ce graphe non planaire et valué. En itérant l' opération, on engendre une **pyramide hiérarchique**

**N.B.** *Ce n'est pas la seule hiérarchie possible*

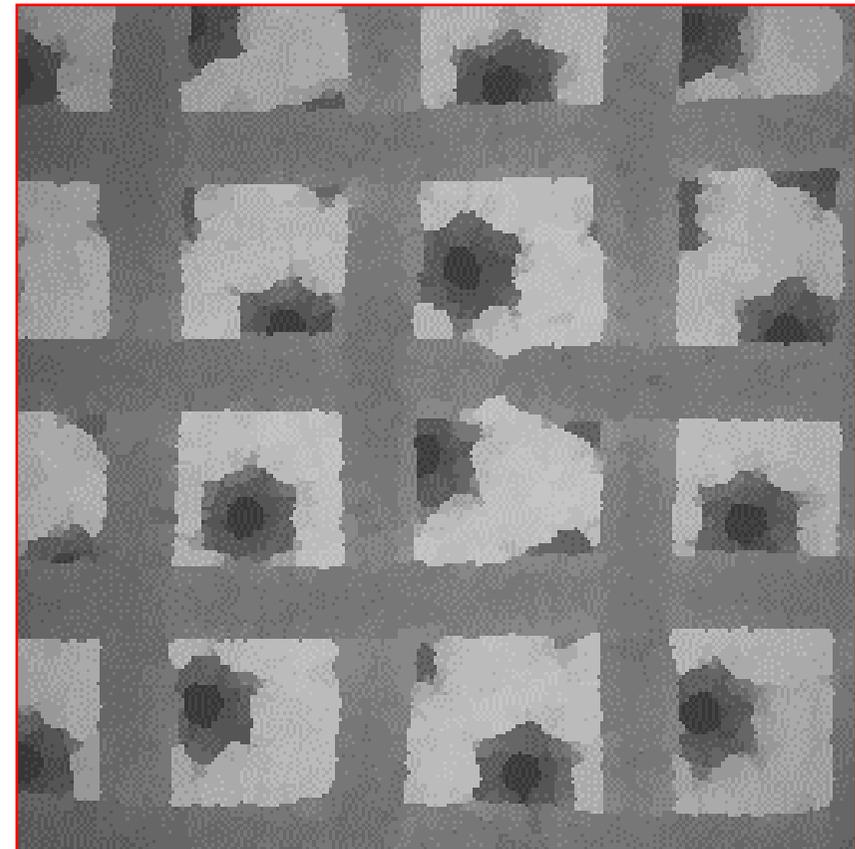


*Graphes et LPE*

# Pyramide de LPE et d' Image Mosaïque (I)

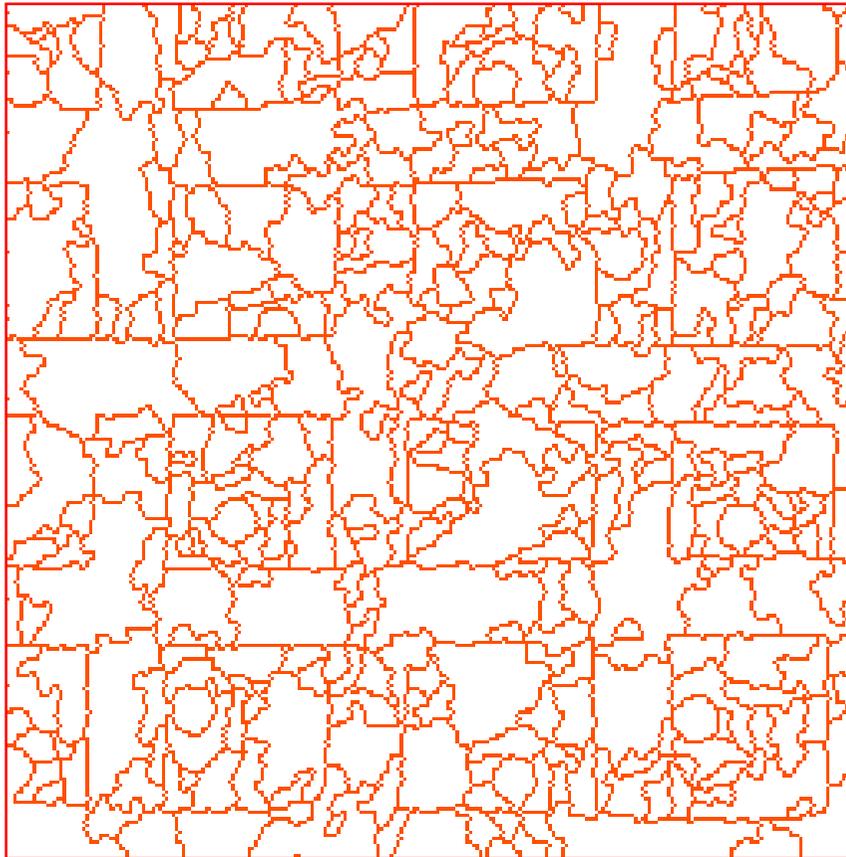


*(d): LPE de la mosaïque (c)*

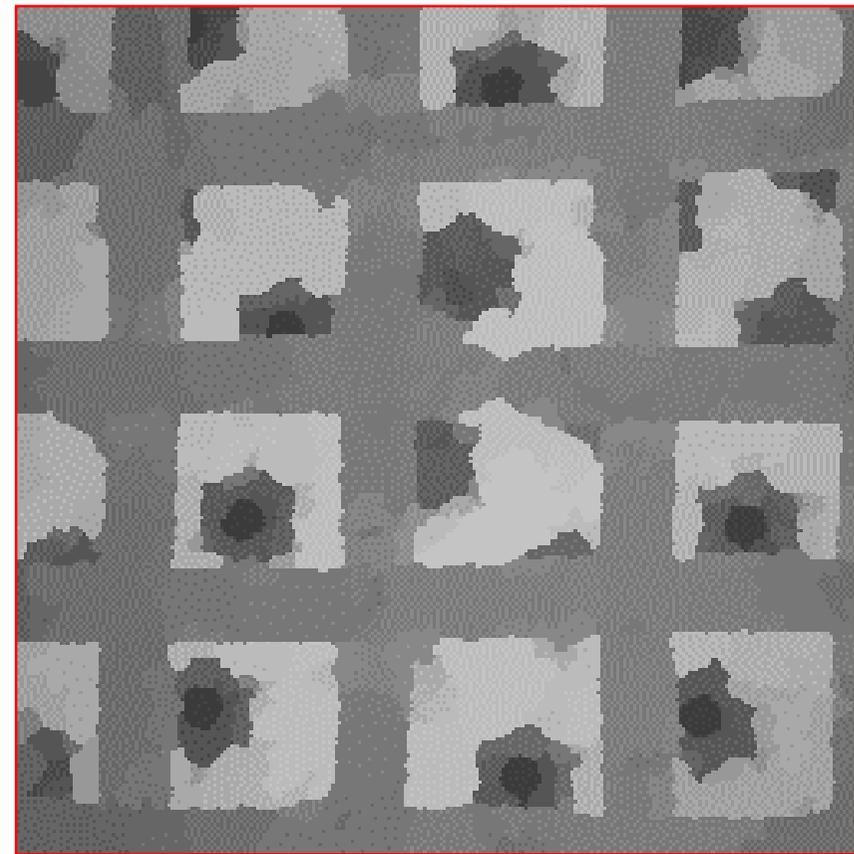


*(e): Mosaïque de (c) via la LPE (d)*

## Pyramide de LPE et d' Image Mosaïque (II)

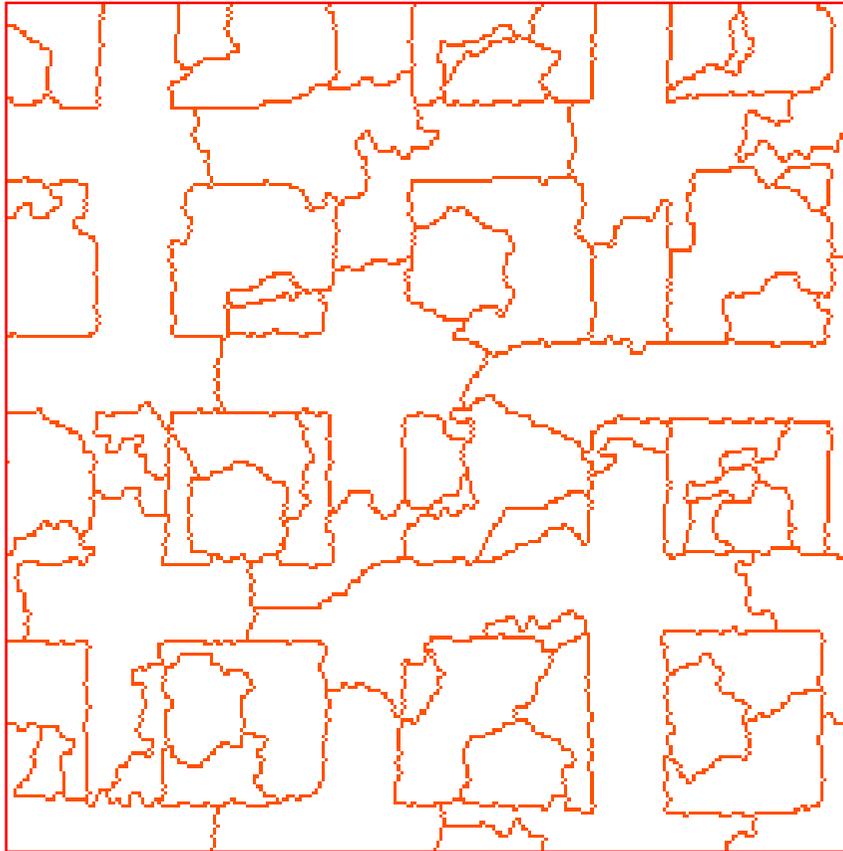


*(f): LPE de la mosaïque (e)*

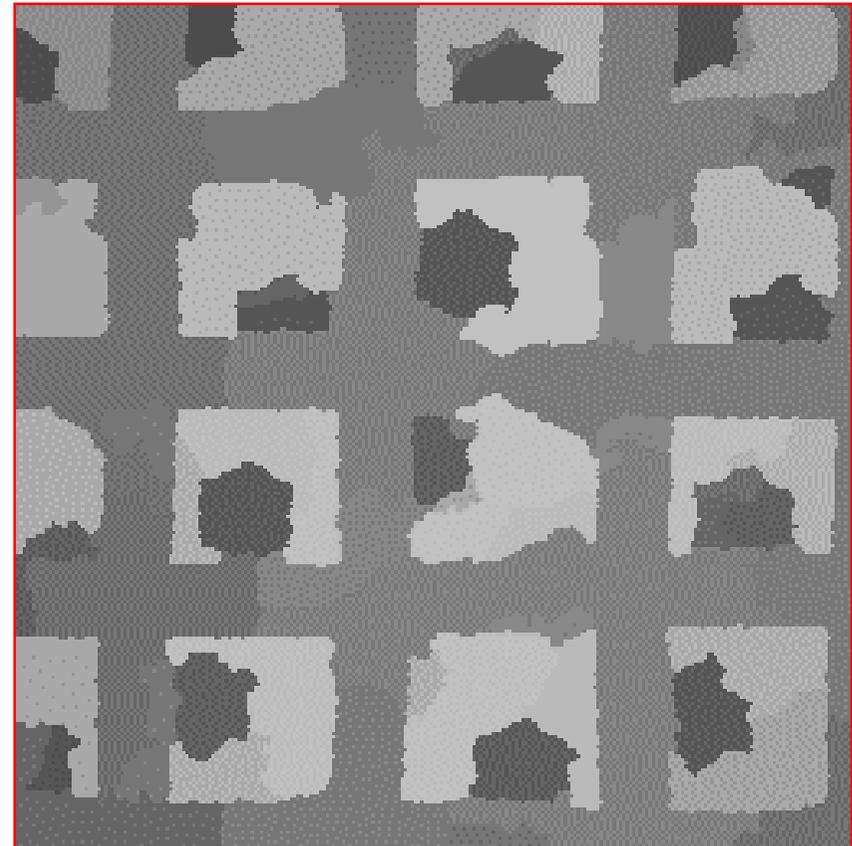


*(g): Mosaïque de (e) via la LPE (f)*

# Pyramide de LPE et d' Image Mosaïque (III)

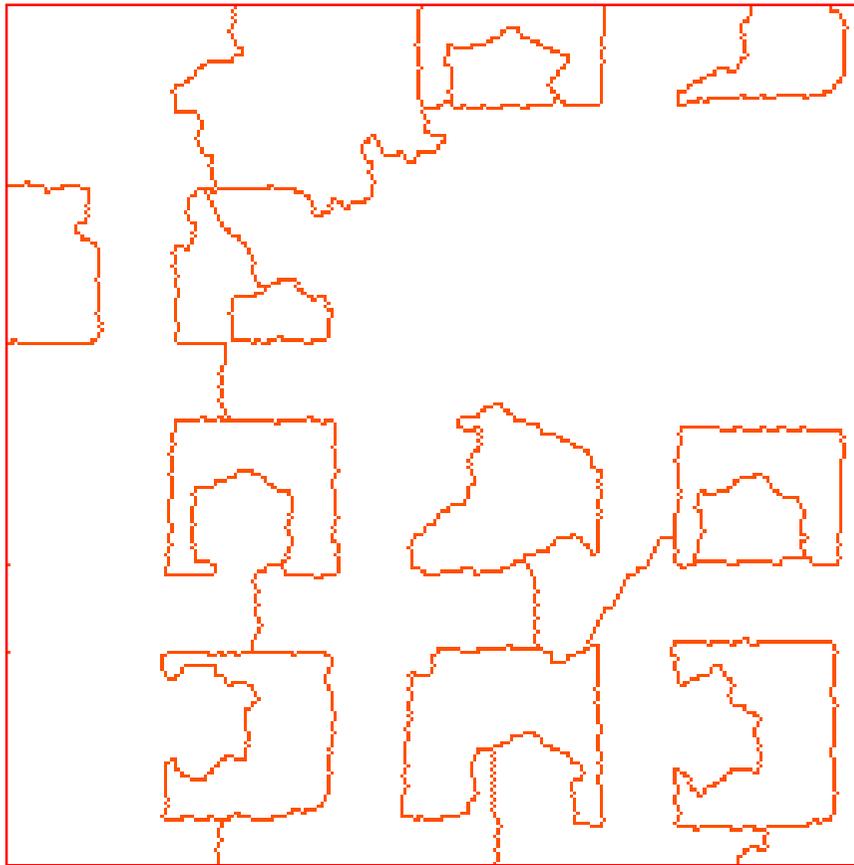


*(h): LPE de la mosaïque (g)*

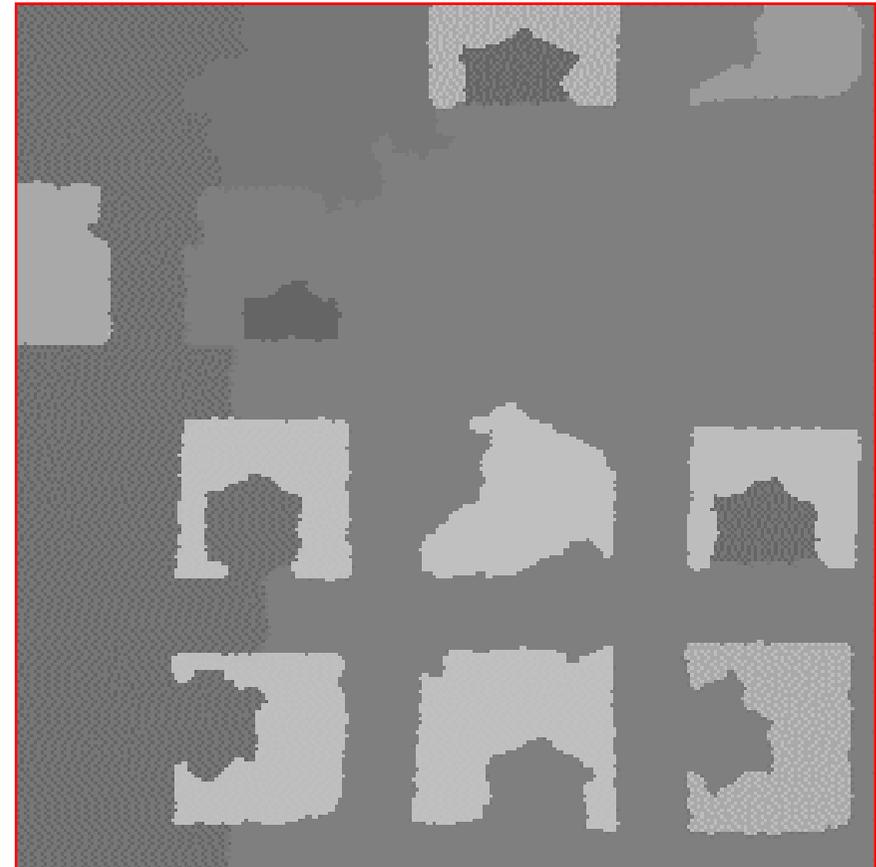


*(i): Mosaïque de (g) via la LPE (h)*

# Pyramide de LPE et d' Image Mosaïque (IV)



*(j): LPE de la mosaïque (i)*



*(k): Mosaïque de (i) via la LPE (j)*

# Références

## *Sur les exemples :*

- Les deux premiers exemples proviennent de la thèse de S. Beucher {BEU90}, ainsi que l'algorithme de pyramide utilisé dans le troisième.

## *Sur le traitement numérique :*

- Tout le matériel présenté ici, incluant traitements et figures, a été réalisé à l'aide du logiciel Micromorph {BEU97}, *Transvalor, Inc.1997.*