

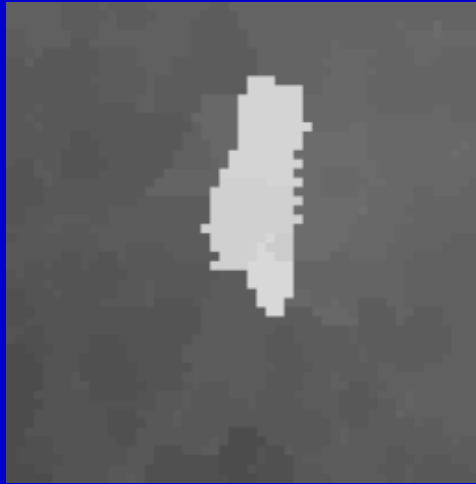
L'algorithme P, une amélioration de la segmentation hiérarchique par l'algorithme des cascades

Serge BEUCHER, Beatriz MARCOTEGUI
Centre de Morphologie Mathématique
Mines ParisTech

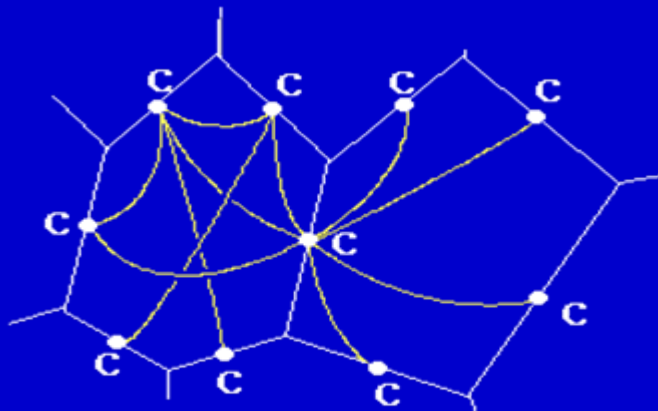


L'algorithme des cascades - Rappel

Le but de l'algorithme des cascades est d'éliminer la sur-segmentation engendrée par la LPE sans marqueurs. Il met en œuvre un critère simple de perception. Une illustration simple utilisant une image mosaïque...



La tache comme le fond sont marqués par des frontières avec un contraste minimal.

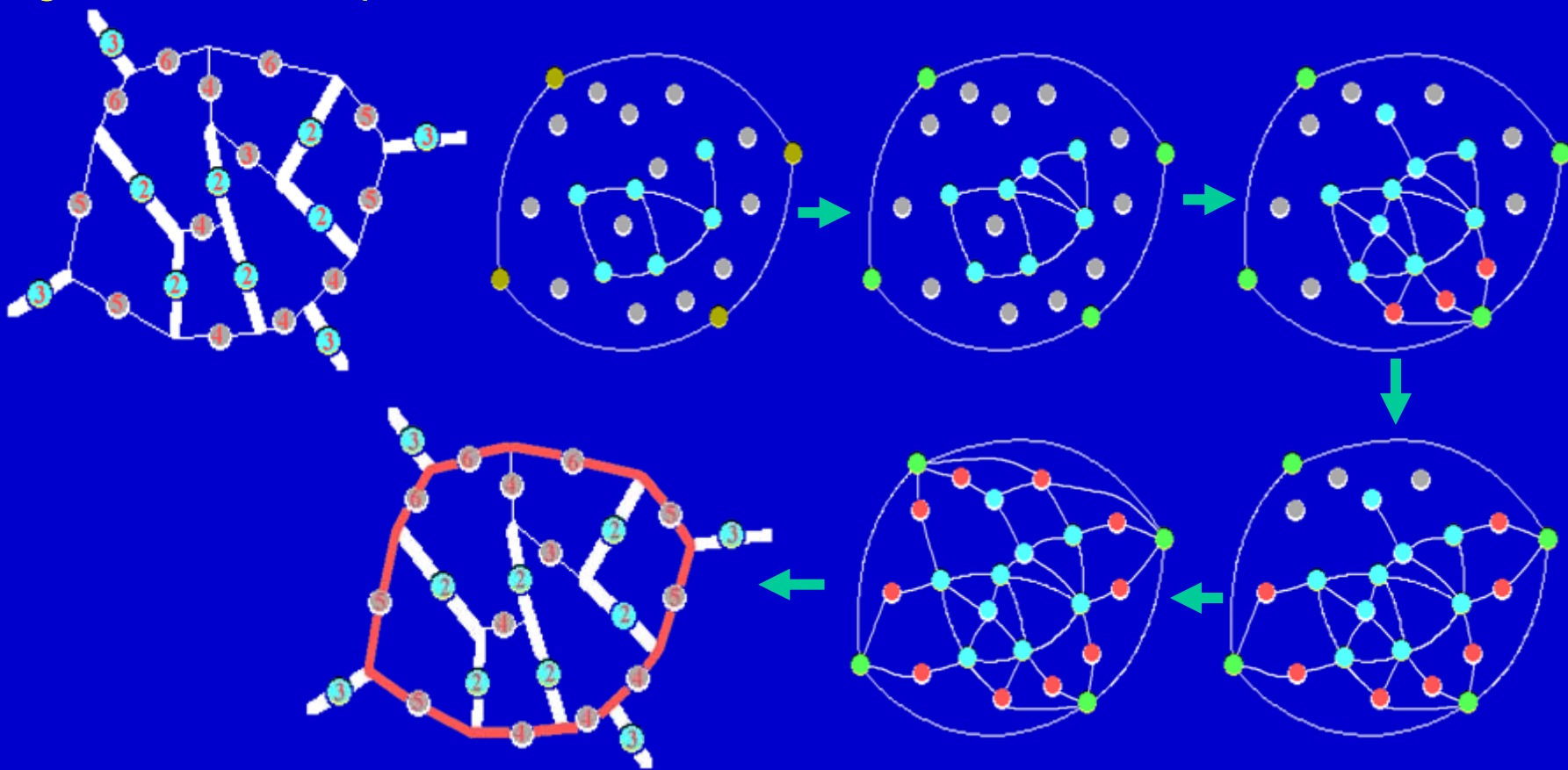


Définition d'un nouveau graphe

- sommets valués : arcs du gradient mosaïque
- arêtes joignant tous les arcs entourant le même bassin versant

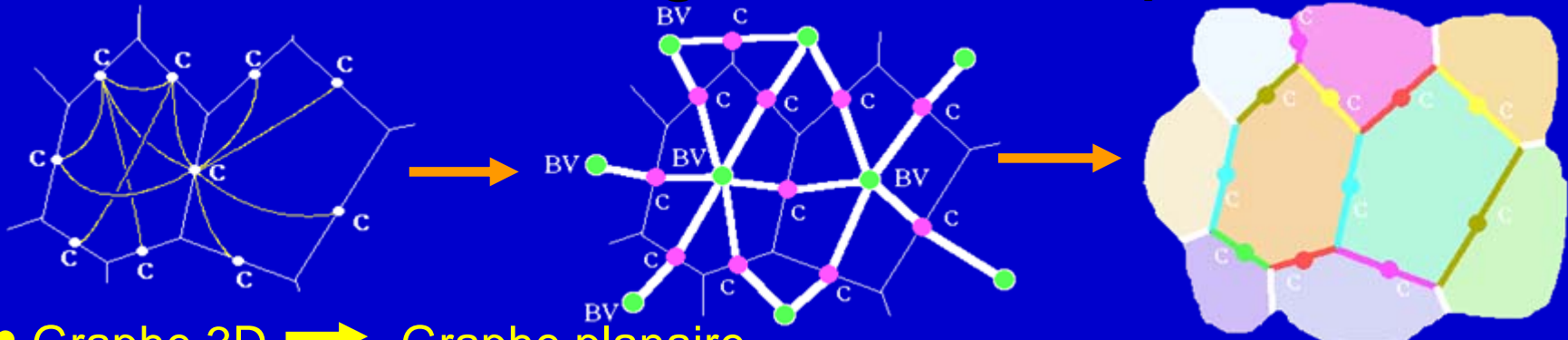
Définition d'un graphe et LPE associée

Des arcs minimaux peuvent être connectés bien que ce ne soit pas le cas dans le gradient mosaïque.



Les contours les plus significatifs de l'image mosaïque correspondent à ceux séparant des régions marquées par des arcs minimaux. Ils sont les lignes de partage des eaux de la LPE définie sur le graphe précédent.

L'image hiérarchique

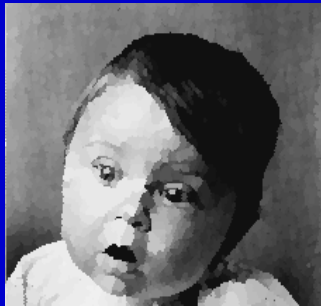
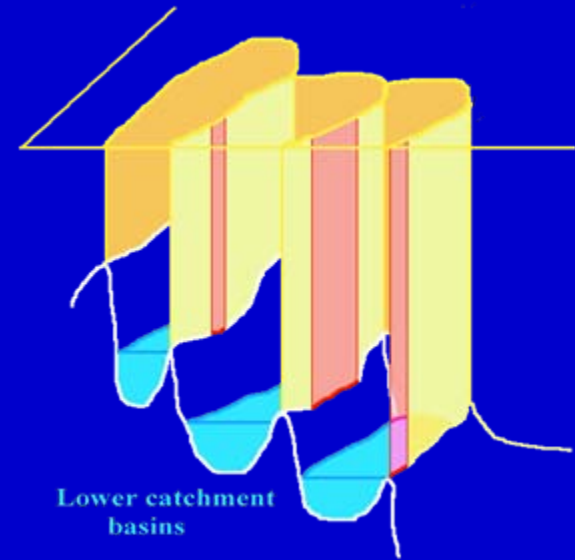


- Graphe 3D \rightarrow Graphe planaire
- Graphe planaire \rightarrow Image hiérarchique

L'image hiérarchique h associée à une fonction f peut s'obtenir par une reconstruction géodésique duale:

$$h(f) = R_f^*(g)$$

$$(g(x) = f(x) \text{ ssi } x \in \text{LPE}(f), g(x) = \max \text{ sinon})$$



mosaïque



gradient mosaïque



image hiérarchique

La LPE de l'image hiérarchique fournit le niveau de hiérarchie supérieur.

Utilisation des cascades

Protocole

- On part d'une LPE valuée initiale s_0
- Génération des segmentations hiérarchiques s_i successives:
 $s_i = w(h_{i-1})$, h_{i-1} image hiérarchique associée à s_{i-1}

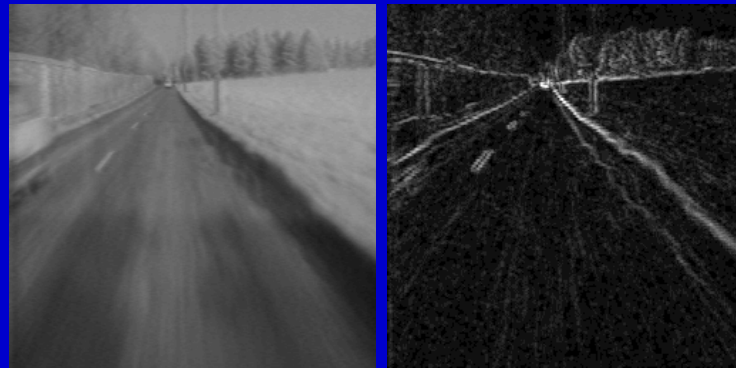
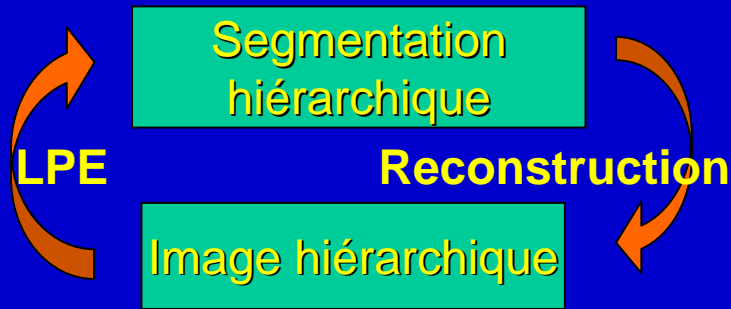
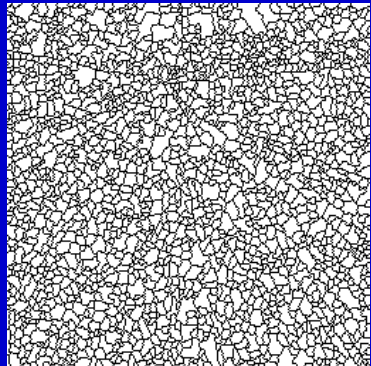
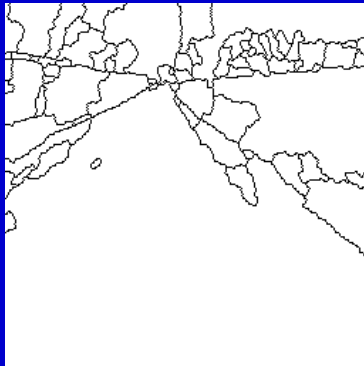


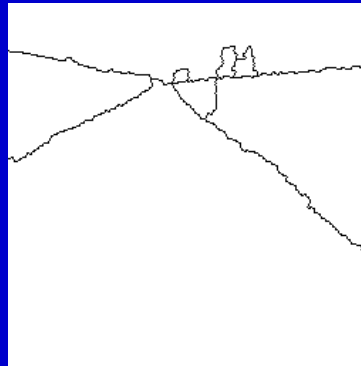
Image initiale
et son gradient



$S_0 = W(g)$



S_1



S_2

N niveaux de hiérarchie,
avec $S_N = \emptyset$

- Difficile de repérer un « bon » niveau de hiérarchie
- D'autres problèmes cruciaux apparaissent...

« Myopie » des cascades

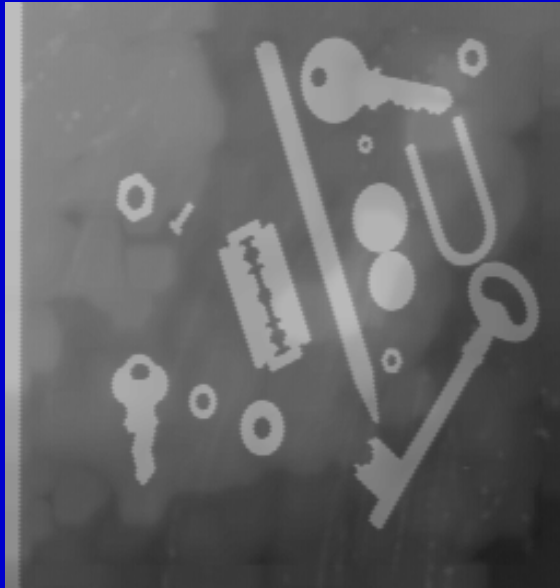
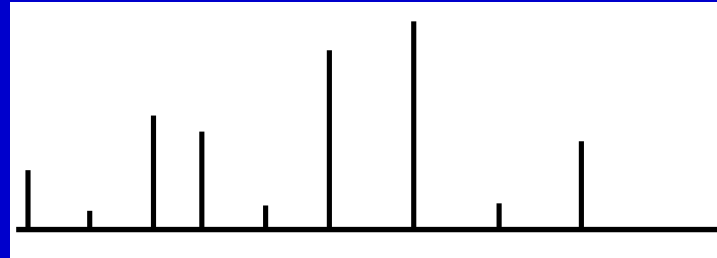


Illustration du problème à-travers un exemple simple



Segmentation hiérarchique s_i

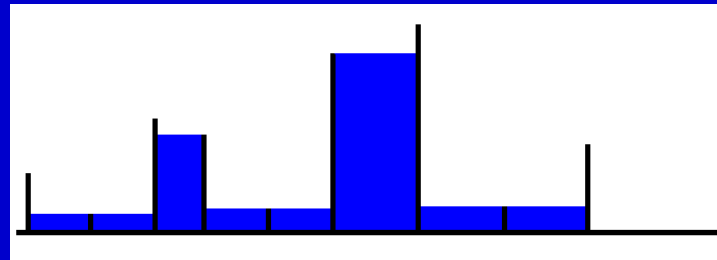
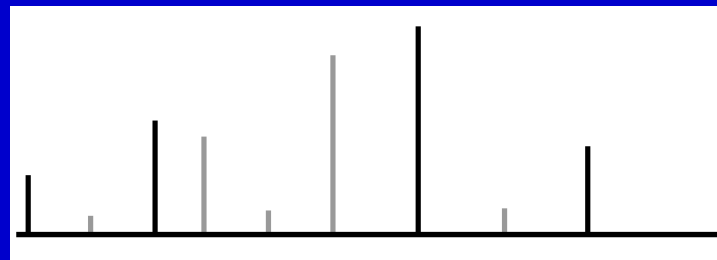


Image hiérarchique h_i



Segmentation hiérarchique $s_{i+1} = w(h_i)$

En grisé, les contours éliminés

« Myopie » des cascades (2)

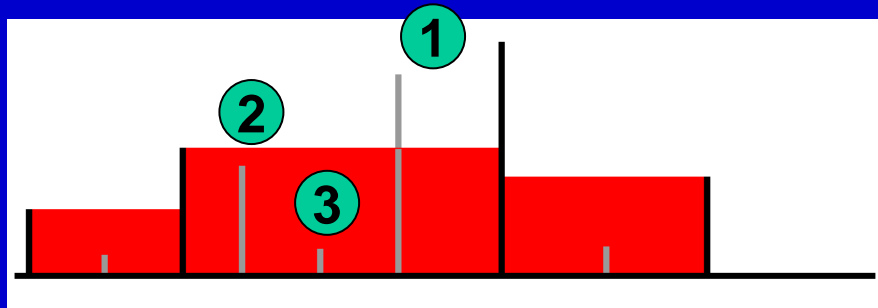


Image hiérarchique h_{i+1}

Parmi les contours supprimés, 3 types apparaissent:

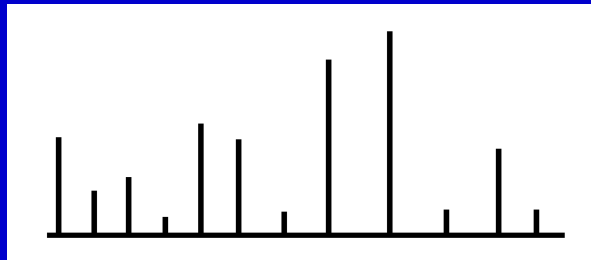
1. Les contours d'altitude supérieure ou égale à h_{i+1}
2. Les contours d'altitude inférieure à h_{i+1} mais plus proches de l'image hiérarchique h_{i+1} que de 0
3. Les contours d'altitude proche de 0

La hauteur initiale des contours de s_i est comparée à h_{i+1}

1. Contour **1** conservé et ajouté à s_{i+1}
2. Contour **2** conservé mais hauteur égale à h_{i+1} (sinon blocage)
3. Contour **3** supprimé

Cette procédure est encore appelée « *remontée élastique* » car les contours de type 2 sont « étirés » au maximum jusqu'à 2 fois leur hauteur initiale

Un premier algorithme



LPE initiale s_0

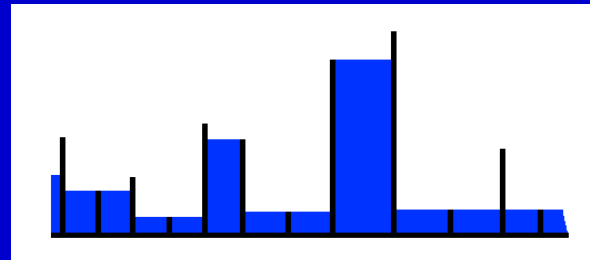
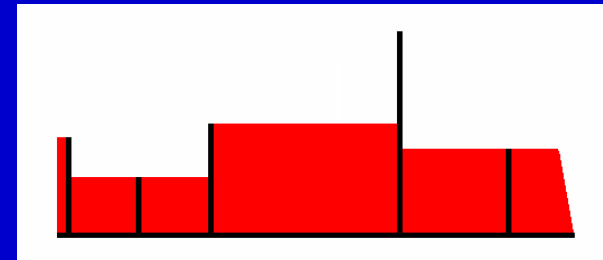
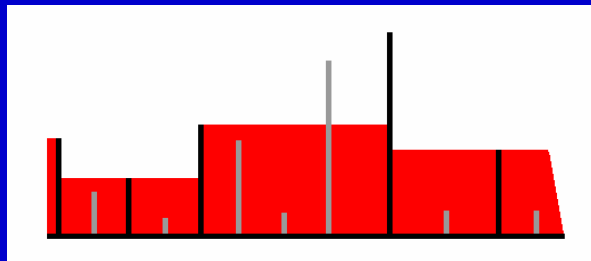


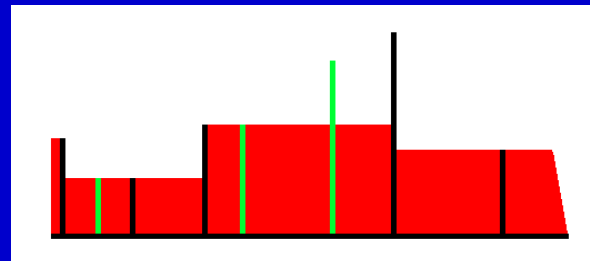
Image hiérarchique h_0



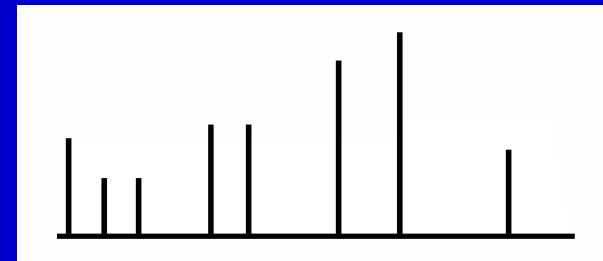
h_1 et $s_1 = w(h_0)$



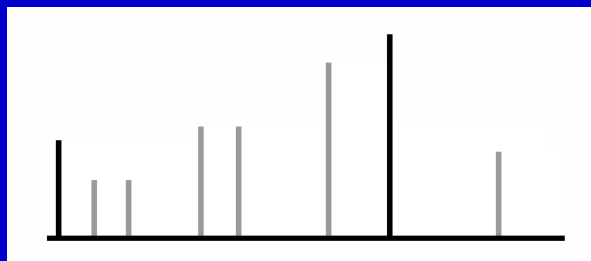
Contours à analyser



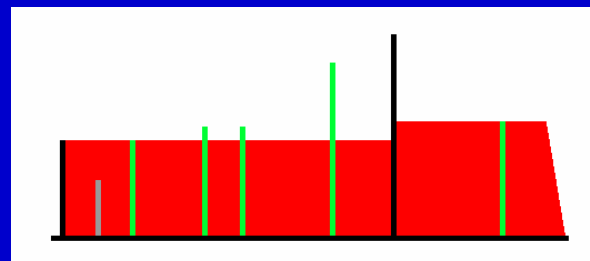
Contours restitués



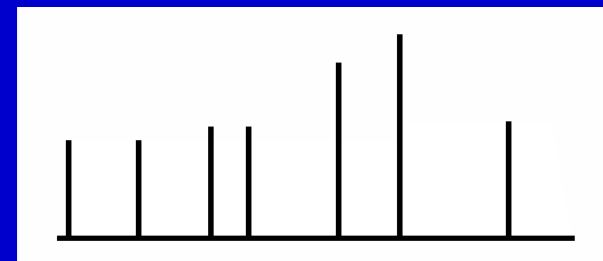
Segmentation finale s'_1



Segmentation s_2 initiale
et contours à analyser



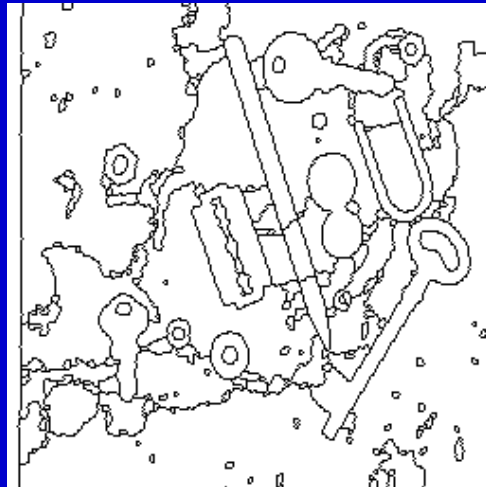
Contours restitués et
contour supprimé



Segmentation finale s'_2

Limitations et algorithme P

Le dernier niveau n'est JAMAIS vide. La procédure est auto-bloquante



Lorsque des maxima de l'image hiérarchique apparaissent, la LPE les fait disparaître (transformation semi-homotopique). Ils ne contribuent plus à la genèse des hiérarchies

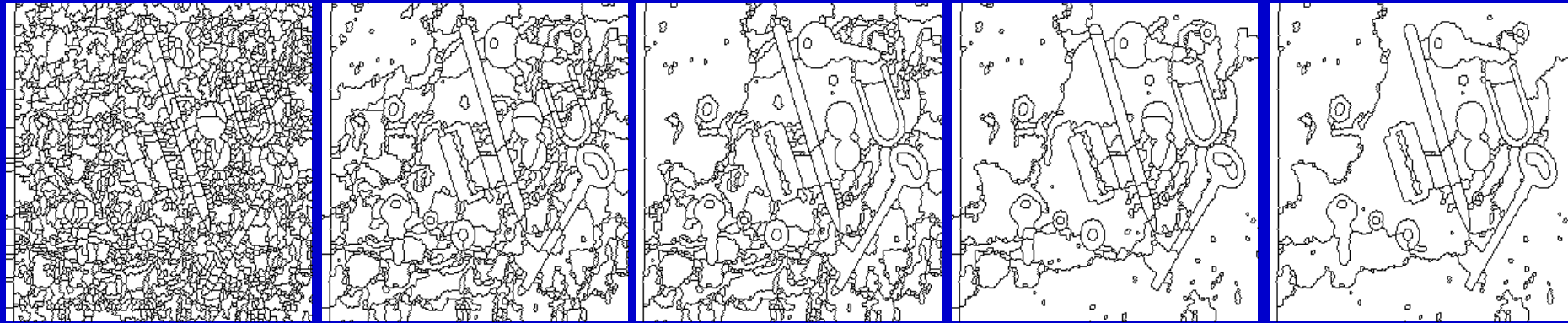
Résultat final de l'algorithme standard

L'algorithme P

Une variante (initialement un bogue...) de l'algorithme standard consiste à comparer la hauteur des contours **de s_0** [au lieu de s_i] à $h_{i+1} \dots$

- Réintroduction de contours déjà éliminés
- Ces contours sont à l'intérieur de maxima de l'image hiérarchique
- Ces maxima sont alors eux-même réintroduits
- Ils peuvent alors intervenir dans le classement des hiérarchies

Alternance de contours dans l'algorithme P



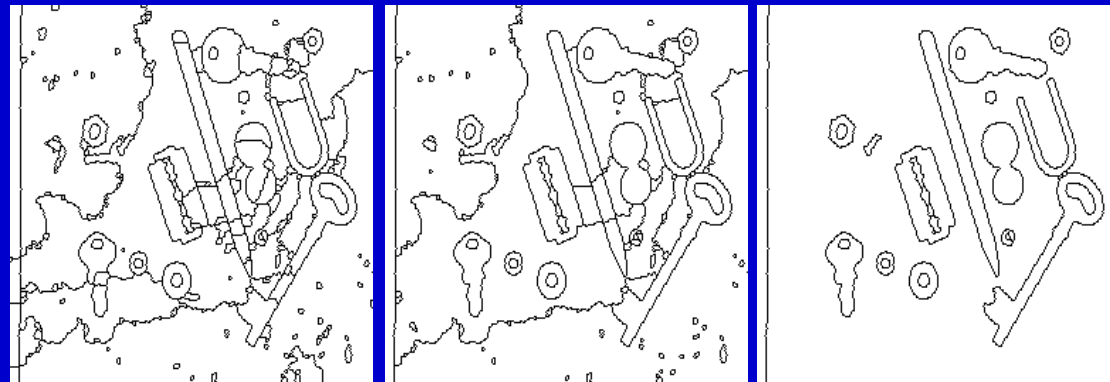
S_0

S_1

S_2

S_3

S_4

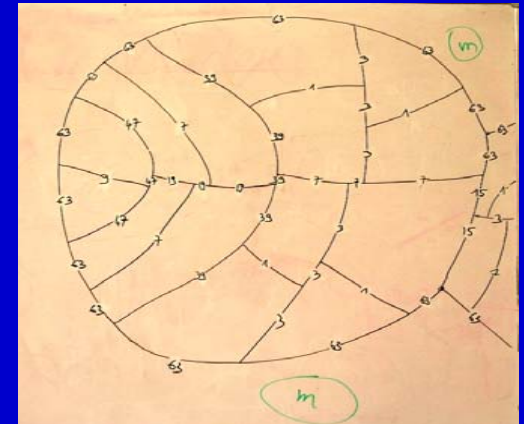


S_5

S_6

S_7

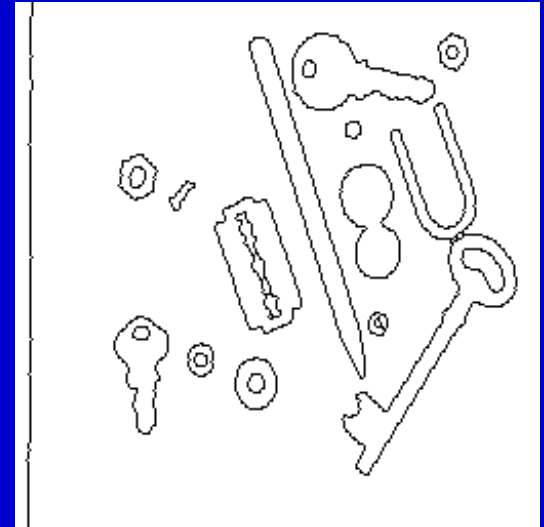
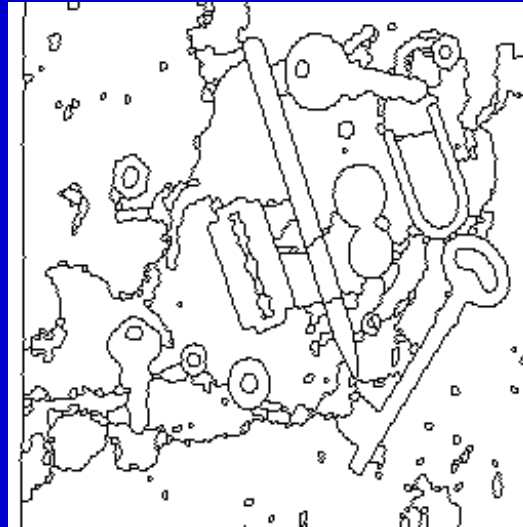
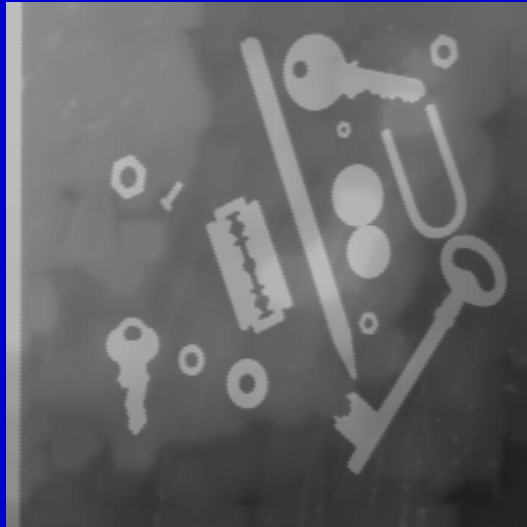
La réintroduction des contours synchronise les hiérarchies



Une configuration monstrueuse

- L'alternance peut être de période quelconque
- L'oscillation est toujours amortie (stabilité)

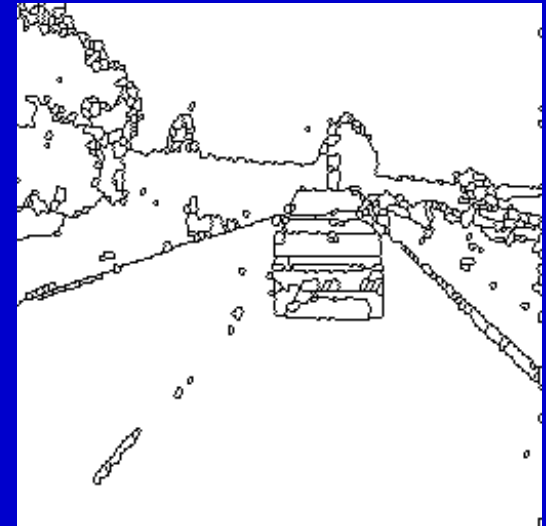
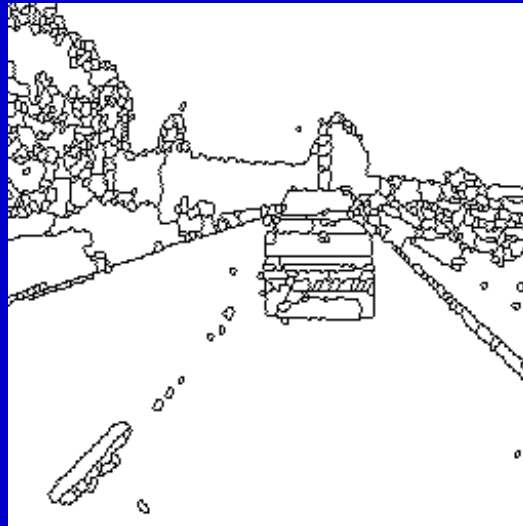
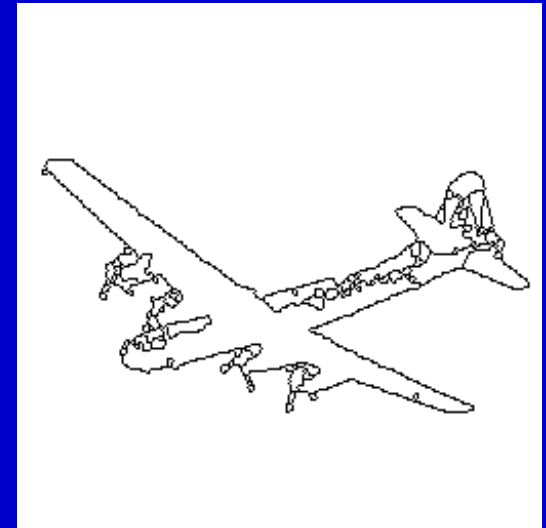
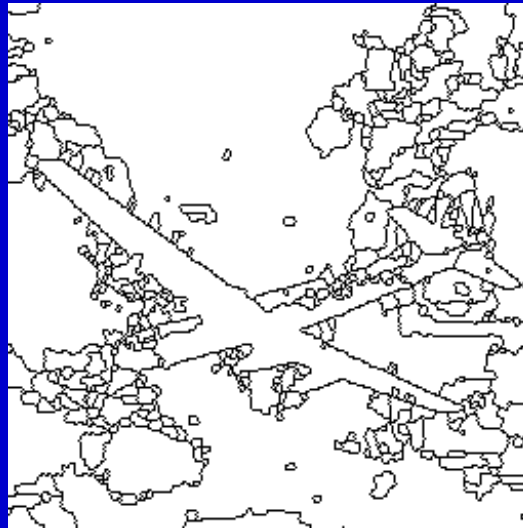
Exemples comparatifs



Algorithme standard

Algorithme P

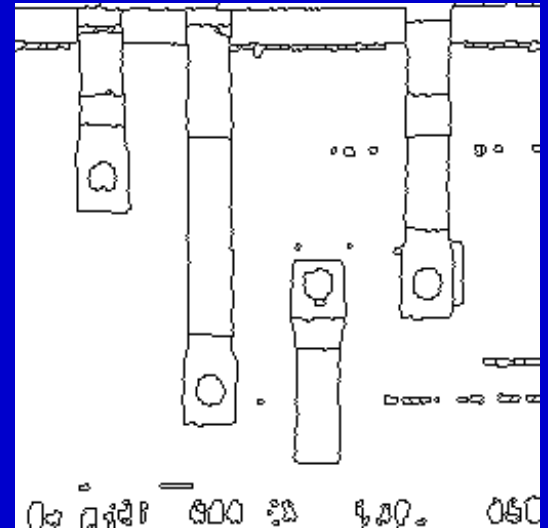
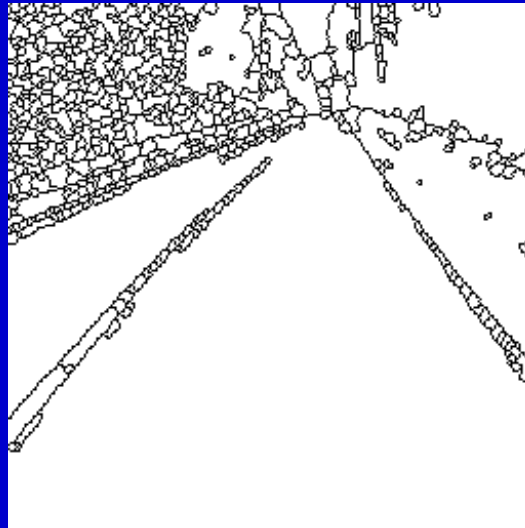
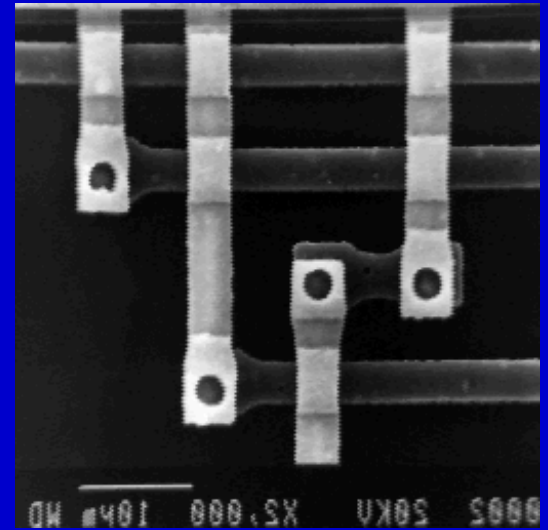
Exemples comparatifs (2)



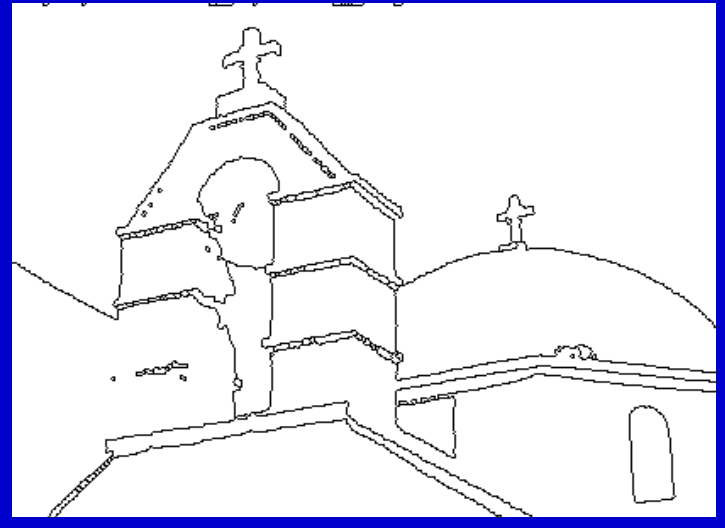
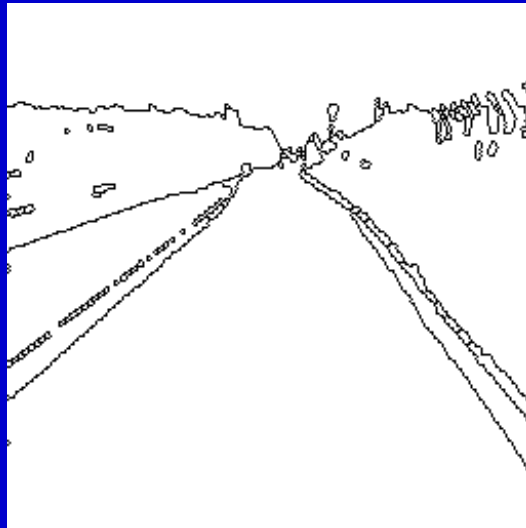
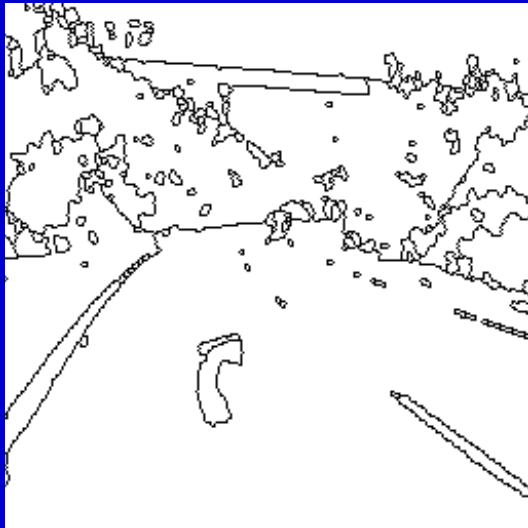
Algorithme standard

Algorithme P

Autres exemples



Autres exemples (2)



Discussion et perspectives

- L'algorithme P est un algorithme auto-bloquant et non paramétrique
- Une caractéristique remarquable de l'algorithme P est sa capacité à séparer les formes du fond. Cette caractéristique fait de l'algorithme un outil puissant de perception de structures (« gestalt »)

Travaux actuels (entre autres):

- Explication du rôle de l'algorithme P en relation avec certains mécanismes de perception (ancrage, articulation)
- Problème de la comparaison des résultats (pour le moment, elle reste très subjective) → Utilisation de la base de segmentation d'images de Berkeley