

# Super-Pixels Compte Rendu 5

Souvignet Nathan, Vaillant Hugo

Mars 2025

## Contents

<b>1</b>	<b>Waterpixel</b>	<b>2</b>
1.1	Implémentation . . . . .	2
1.1.1	Création de l'image de gradient . . . . .	3
1.1.2	Génération des marqueurs . . . . .	3
1.1.3	Réaffectation des pixels et calcul des distances . . . . .	3
1.1.4	Création de l'image de gradient régularisé . . . . .	3
1.1.5	Application de la transformation watershed . . . . .	3
1.1.6	Reconstruction de l'image finale . . . . .	4

# 1 Waterpixel

## 1.1 Implémentation

Pour implémenter l'algorithme de Waterpixel, nous nous sommes basés sur deux références : d'une part, la thèse de Vaïa Machairas [1] qui aborde les waterpixels aux pages 65 à 77, et d'autre part un article traitant plus spécifiquement des waterpixels (*Waterpixels: Superpixels based on the watershed transformation* [2]).

Cet algorithme peut être découpé en plusieurs étapes que nous détaillons ci-dessous :

- **Création de l'image de gradient**
- **Génération des marqueurs**
  - Génération d'une grille régulière en plaçant les centres.
  - Affectation de chaque pixel au centre le plus proche, à l'aide d'une marge **rho** définissant une zone d'influence.
  - Extraction, au sein de chaque cellule de la grille, des marqueurs en sélectionnant le pixel correspondant à un minimum local du gradient (ou, en l'absence de minimum local, le pixel de valeur minimale ou le plus proche du centre de la cellule).
- **Réaffectation des pixels** : chaque pixel est à nouveau affecté au marqueur (centroïde) le plus proche, en mémorisant la distance à ce marqueur.
- **Création de l'image de gradient régularisé** : à partir de l'image de gradient initiale et des distances précédemment calculées, on génère une image où le gradient est ajusté par un terme de régularisation. La formule utilisée est :

$$g_{reg}(p) = g(p) + reg \times d(p, q)$$

où le paramètre **reg** contrôle le compromis entre le respect des contours et la régularité de la grille.

- **Application de la transformation watershed** :
  - D'abord, les marqueurs (les centroïdes des superpixels initiaux) sont insérés dans une file de priorité, triée en fonction de la valeur du gradient régularisé (les plus faibles valeurs en priorité).
  - Ensuite, un algorithme d'inondation (watershed) parcourt l'image pour propager les labels des marqueurs vers l'ensemble des pixels.
- **Création des superpixels finaux** : à partir de la propagation obtenue, chaque pixel se voit assigner un label correspondant à son superpixel, puis on calcule la couleur moyenne de chaque superpixel pour reconstituer l'image finale.

### 1.1.1 Création de l'image de gradient

Pour créer l'image de gradient, l'algorithme parcourt l'image pixel par pixel. Pour chaque pixel (sauf aux bords), il calcule la somme des différences en valeurs Lab avec ses voisins de droite et du bas. Cette somme, limitée à 255, est stockée dans une image de gradient ainsi que dans un vecteur de pixels servant pour les traitements ultérieurs.

### 1.1.2 Génération des marqueurs

- **Génération de la grille** : À partir du nombre souhaité de superpixels ( $k$ ), une taille caractéristique **sigma** est calculée (proportionnelle à l'inverse de la densité de superpixels) pour espacer les centres. Une marge **rho** est alors utilisée pour définir une zone d'influence autour de chaque centre.
- **Affectation initiale** : Chaque pixel de l'image est affecté au centre le plus proche, à condition que celui-ci se trouve dans la zone définie par **rho**. Cette affectation permet de constituer des cellules sur la grille.
- **Extraction des marqueurs** : Dans chaque cellule, le pixel qui présente un minimum local du gradient (en d'absence de minimum, le pixel de valeur minimale et en cas de plusieurs minimum le plus centré) est sélectionné comme marqueur. Ces marqueurs servent de centres initiaux pour les superpixels.

### 1.1.3 Réaffectation des pixels et calcul des distances

Une fois les marqueurs extraits, l'algorithme réaffecte chaque pixel au superpixel dont le marqueur est le plus proche. Chaque pixel garde en mémoire sa distance au marqueur, information qui sera utilisée pour la régularisation du gradient.

### 1.1.4 Création de l'image de gradient régularisé

En combinant l'image de gradient initiale et les distances des pixels à leurs marqueurs, on crée une image de gradient régularisé. La formule appliquée est :

$$g_{reg}(p) = g(p) + reg \times d(p, q)$$

Le paramètre **reg** permet ici de contrôler le niveau de régularisation : une valeur élevée favorise une segmentation en grille régulière, tandis qu'une valeur faible permet de mieux suivre les contours de l'image.

### 1.1.5 Application de la transformation watershed

Pour finaliser la segmentation, l'algorithme utilise une approche type watershed :

- Les marqueurs (centroïdes des superpixels) sont ajoutés dans une file de priorité, triée en fonction de la valeur du gradient régularisé (les plus faibles en priorité).

- Un processus d'inondation parcourt ensuite l'image, en assignant à chaque pixel le label du marqueur voisin le plus proche, tout en gérant les cas de convergence entre différentes régions (potentiellement marqués comme frontières).

#### **1.1.6 Reconstruction de l'image finale**

À partir du vecteur final de labels, chaque pixel se voit attribuer un superpixel. Pour chaque superpixel, la couleur moyenne (calculée en espace Lab puis convertie en RGB) est utilisée pour reconstituer l'image finale. Les pixels non assignés ou identifiés comme frontières sont gérés spécifiquement (par exemple, affichés en blanc ou en noir).

## References

- [1] Vaïa Machairas (2018). *Waterpixels et Leur Application à l'Apprentissage Statistique de la Segmentation* (pages 65–77). <https://theses.hal.science/tel-01537814/>
- [2] Vaïa Machairas, Etienne Decenci re, Thomas Walter (2015). *Waterpixels: Superpixels based on the watershed transformation*. <https://projet.liris.cnrs.fr/imagine/pub/proceedings/ICIP-2014/Papers/1569914047.pdf>