

# Détection et classification d'arbres à partir d'imagerie haute résolution de forêts

Augustin Albert

20 mai 2021

Dans quelle mesure la recherche d'extremums permet-elle de détecter simultanément des espèces variées d'arbres à partir d'imagerie haute résolution. Et est-il possible de les classifier à l'aide d'un réseau de neurones entraîné avec peu d'images ou des images de faible résolution ?

- ① Détection des houppiers
- ② Identification des espèces
- ③ Évaluation des résultats et prolongements envisageables

## Modélisation des houppiers



Figure – Modélisation d'un houppier

Une approche élégante : la théorie de l'Espace d'échelle de Lindbergh



Différentes approches :

- ✗ seuillage de la luminosité
- ✗ détection simple de contours
- ✓ détection de blob

Figure – Exemple de pyramide d'image,  
Original, CC BY-SA 1.0

# Principe de la théorie de l'Espace d'échelle

Générer une famille d'image dont les détails fins disparaissent progressivement : **la pyramide d'échelle**

⚠ Aucune génération d'artefacts supplémentaires  
⇒ filtre gaussien

$$G_\sigma(x, y) := \frac{1}{2\pi\sigma^2} \exp\left(-\frac{x^2 + y^2}{2\sigma^2}\right)$$

À chaque étape,  $\sigma$  est multiplié par un ratio.

3 paramètres :

- $\sigma$
- le nombre d'octave o
- le nombre d'intervalle i

## Application de l'opérateur laplacien normalisé : pyramide d'échelle du LoG

$$\text{LoG}_\sigma(x, y) := -\frac{1}{\pi\sigma^4} \left(1 - \frac{x^2 + y^2}{2\sigma^2}\right) \exp\left(-\frac{x^2 + y^2}{2\sigma^2}\right)$$

On recherche dans la pyramide :

- minimum local relativement à l'espace
- minimum global relativement à l'échelle

On obtient :

- centre des houppiers
- rayons caractéristiques  $r$  :

$$\sqrt{2}\sigma = r$$

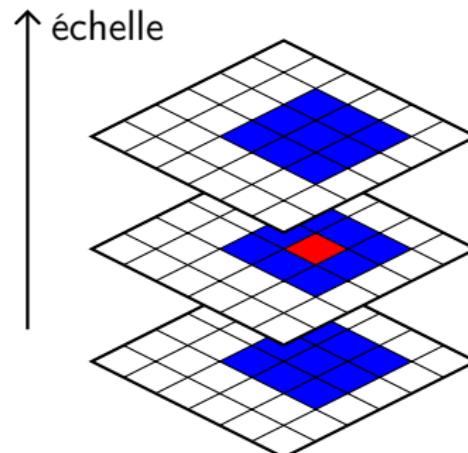


Figure – Calcul des minimums dans la pyramide d'échelle de l'opérateur DoG

# Comportement du LoG



(a) Réponse à une marche

(b) Réponse à un créneau pour  
 $\sigma = 1$ ,  $\sigma = 2$  et  $\sigma = 3$ 

Figure – Réponse de l'opérateur LoG à différents signaux

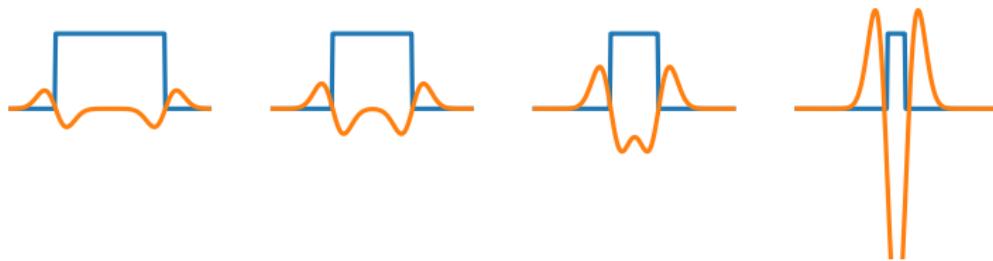
(a) Réponses à des créneaux pour  $\sigma = 1$ 

Figure – Réponse de l'opérateur LoG à différents signaux

# Convolution et séparabilité du filtre gaussien

Filtrage = Produit de convolution discrète Nombre d'opérations élémentaires :  $\simeq NM \times h^2$

Réduction du nombre d'opérations :

- Approximation du LoG par la différence des gaussiennes ("DoG")
- Taille du noyau gaussien :  $1 + 3 \times E(\sigma)$
- Noyau gaussien séparable  $\Rightarrow NM \times 2h$   
 $G_\sigma(x, y) = G_{1D, \sigma}(x) \times G_{1D, \sigma}(y)$  où  $G_{1D, \sigma}(y) := \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} \exp(-\frac{y^2}{2\sigma^2})$
- Sous-échantillonnage (théorème de Shannon)

# Mise en place de l'algorithme

① Conversion en nuance de gris

② Génération de la pyramide d'échelle :

- création du noyau gaussien
- convolution de l'image
- stockage dans un tableau Numpy 3D

③ Détection des minimums :

- parcours du tableau par échelle décroissante
- comparaison des cases aux 26 voisins
- élimination des chevauchements et des petits rayons

④ Extraction des houppiers

## Application au parc naturel régional du Morvan

- forêt historique de feuillus
- remplacement par de la monoculture intensive de pin de Douglas
- 50 % du parc est aujourd'hui constitué de conifères

Imagerie aérienne via Géoportail ©IGN :

- haute résolution : < 0,1m/pixels
- échelle : 1 :1000

Paramètres retenus :

- rayons Douglas : 1-5m
- rayons feuillus : 5-15m
- 5 octaves, 5 intervalles et  $\sigma = 0.5$



## Résultats de la détection

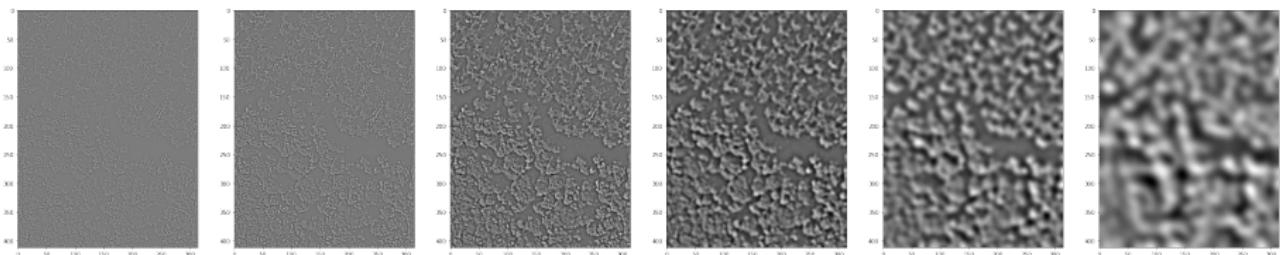


Figure – Pyramide d'échelle de l'opérateur LoG grossière ( 6 octaves sans intervalle ). Image originale ©IGN, 2021

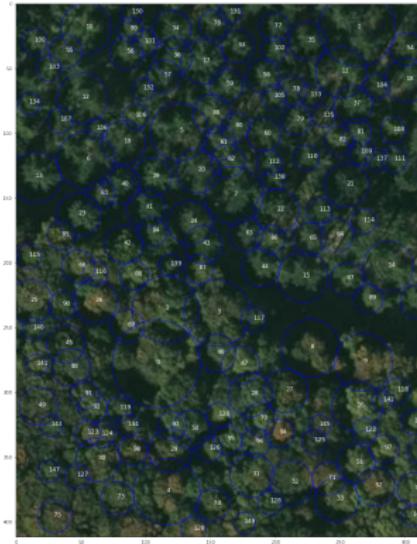
(a) Agencement désordonné de feuillus,  
©IGN, 2021(b) Feuillus désordonnés et  
Douglas semi-ordonné,  
©IGN, 2021

Figure – Résultats obtenus pour 5 octaves, 5 intervalles et  $\sigma = 0.5$

# Identification des espèces

Problème de reconnaissance de forme  
«pattern recognition»)

⇒ Entraînement supervisé d'un réseau de neurones

Base de donnée :

- Douglas × 173
- Feuillus × 199
- Non labellisées × 91
- + transformations (rotations)

Architecture inspirée de  
RESNET-BASED TREE SPECIES  
CLASSIFICATION USING UAV IMAGES



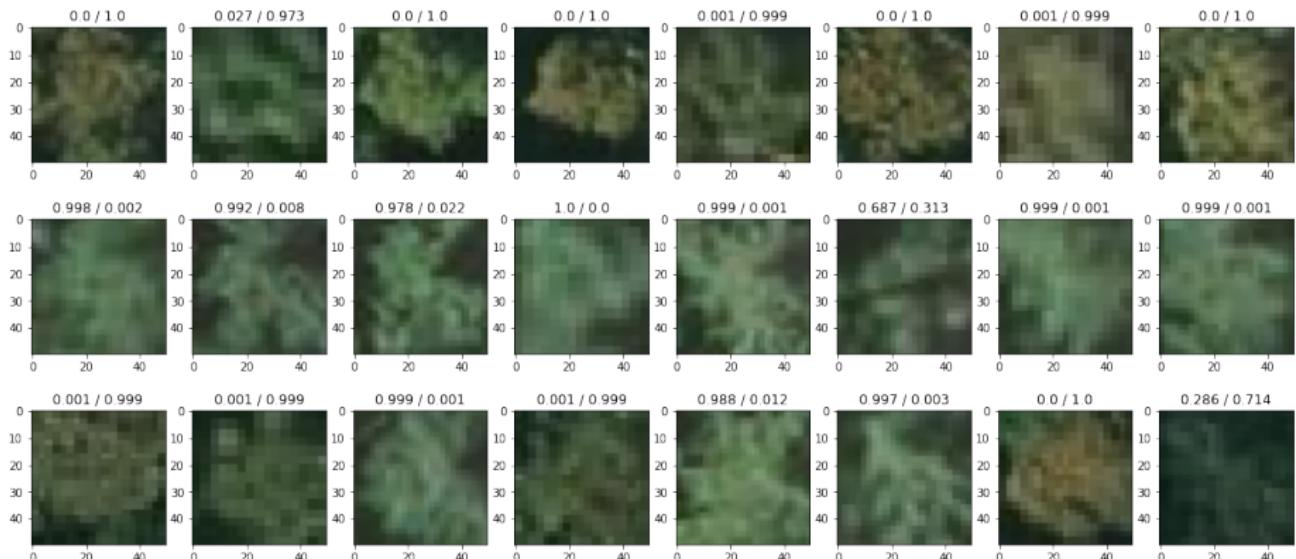


Figure – Test du modèle : Feuillus et Douglas étiquettés et arbres non étiquetés,  
©IGN, 2021 ( Légende : %Douglas/%Feuillus )

# Évaluation des résultats et prolongements envisageables

Prolongements envisageables :

- ① prise en compte des différents stades de la croissance du Douglas dans le modèle.
- ② méthode de délinéation fine : segmentation par ligne de partage des eaux avec marqueurs («watershed segmentation»)
- ③ séparation préalable des zones forestières des routes et zones aménagées.