



**IMT Mines Alès**  
École Mines-Télécom

**BERTHIER Louis**  
**PIE Marcel**  
**RUGGIERO Adrien**

Promotion 171, 2022

17 mars 2022

## **Développement d'un nouveau filtre de détection de contours étroits dans les images et utilisation du machine learning pour l'adaptation en multi-échelle**

### **Résumé**

La détection de contours est un problème récurrent en traitement d'images et en vision par ordinateur. Cela permet notamment de reconnaître et d'afficher différentes formes, ou encore d'extraire de nombreuses caractéristiques telles que les contours. Une telle application est vraiment répandue dans les domaines de l'imagerie médicale, de la cartographie ou encore pour la reconstruction, la classification et la reconnaissance d'objets au sein de diverses images.

Cette étude a pour but d'affiner la détection de contours, il faut à présent implémenter un nouveau filtre plus précisément pour améliorer la détection de contours étroits et resserrés. Une des problématiques principales en traitement d'images est l'ajustement du filtre à plusieurs échelles, soit l'adaptation du filtre aux différentes largeurs des crêtes pour le repérage des contours au sein d'une image.

Ainsi, pour permettre une optimisation du filtre et de l'adaptation multi-échelle, la mission portera également sur la mise en place de techniques d'apprentissage automatique afin d'optimiser le choix de multiples paramètres pour avoir les meilleurs résultats ainsi que la meilleure adaptabilité au multi-échelle.

### **Problématique**

Développement d'un nouveau filtre 2D afin de détecter les contours étroits, serrés et de pouvoir extraire les crêtes et les caractéristiques au sein d'une image. Les images sont plutôt issues du domaine médical.

Mise en place de techniques d'apprentissage automatique pour améliorer les performances à travers un ajustement des paramètres de notre filtre

## **Mots-clés/Keyword**

Apprentissage automatique et apprentissage profond pour la vision par ordinateur | noyau bi-Gaussien | noyau semi-Gaussien | crêtes et vallées au sein des images | détection de contours multi-échelle | extraction de caractéristiques linéaires multi-échelles | vision par ordinateur et traitement d'images pour la médecine | convolution de signaux | filtre orientable et isotrope | fonction de normalisation multi-échelle

Machine learning and deep learning for computer vision | bi-Gaussian kernel | semi-Gaussian kernel | ridges and valleys within images | multi-scale edge detection | multi-scale linear feature extraction | computer vision and image processing for medicine | signal convolution | steerable and isotropic filter | multi-scale normalization function

## **Données de base**

- Articles **[1][2][5][6][9]** donnés par le tuteur-école du projet
- Cours de « Vision par ordinateur » **[10]** donné par le tuteur-école du projet
- Cours « d'apprentissage automatique » **[11]** donné par un professeur de l'école

## **Glossaire**

[Source : Cours d'apprentissage automatique **[11]**, Cours de vision par ordinateur **[10]**, Wikipédia, CNRTL]

Apprentissage automatique : Branche de l'intelligence artificielle étudiant comment résoudre de manière automatique des problèmes complexes à partir d'analyses de données.

Apprentissage profond : Type d'intelligence artificielle dérivé de l'apprentissage automatique basé sur les réseaux de neurones

Détection de contours (dans une image) : Procédés permettant de repérer les points d'une image matricielle qui correspondent à un changement brutal de l'intensité lumineuse ; décrivant les éléments importants de structure d'un objet.

Échelle d'un filtre : Caractérisation locale modulable du filtre pour détecter les structures au sein d'une image.

Filtre 1D : Opérateur utilisé en traitement d'image afin de balayer et de traiter l'ensemble des informations contenues dans un signal 1D.

Filtre 2D : Opérateur utilisé en traitement d'image pouvant être vu comme la superposition de deux filtre 1D perpendiculaires.

Isotrope : Qui représente les mêmes caractéristiques physiques dans toutes les directions

Convolution : Opération mathématique qui prend deux signaux en entrée afin de produire un nouveau signal. Cette opération se rapproche de la multiplication

Normalisation : Transformation de l'histogramme du signal afin d'étendre sa plage de valeurs

Noyau : En traitement d'images, il s'agit d'une matrice de convolution. Il est également appelé masque et on lui confère des propriétés en choisissant le filtre (Gaussien, dérivatif, etc...) afin de l'appliquer au signal

## **Plan**

### **1/ Introduction et motivations [1]**

### **2/ Etat de l'art sur les techniques de détection de lignes dans les images [4] [8] [9]**

2.1 Lissage par gaussienne d'ordre 0 de paramètre sigma [1] [2] [5] [9]

2.2 Filtre isotropique : analyse locale de la matrice Hessienne (Lindeberg) [1] [2] [3] [5] [6] [9]

2.3 Filtre orientable : Second-Order Anisotropic Gaussian Kernel (SOAGK) [1] [9]

2.4 Second-Derivative of a Semi-Gaussian Filter (SDSG) [1] [2]

### **3/ Conception du filtre de détection de contours**

3.1 Construction des fonctions mathématiques et du filtre en 1D [1]

3.2 Développement d'une fonction de normalisation [1] [2] [9]

3.3 Convolution de signaux 1D et du filtre 1D après normalisation [7]

3.4 Extension du filtre 1D en 2D par rotation [7]

3.5 Convolution d'images et du filtre 2D après normalisation [7]

### **4/ Evaluation expérimentale et résultats**

4.1 Définition d'une méthode d'évaluation [1] [2] [7] [9]

4.2 Analyse visuelle de nos résultats [7]

4.3 Comparaison visuelle des images obtenues avec le nouveau filtre et des images issues des techniques de l'état de l'art [7]

4.4 Validation de la robustesse multi-échelle [2] [7]

4.5 Comparaison et notation du nouveau filtre et des filtres déjà existants à travers une évaluation sur des images synthétiques [1] [7]

4.6 Comparaison et notation du nouveau filtre et des filtres déjà existants à travers une évaluation sur des images réelles [1] [7]

### **5/ Optimisation des résultats par apprentissage automatique**

5.1 Mise en place d'un algorithme d'apprentissage automatique [11] [12]

5.2 Recherche de paramètres optimaux [7] [11]

### **6/ Application à des images médicales et visualisation [2] [4] [5] [6] [9]**

### **7/ Bilan – Conclusion**

7.1 Rédaction et publication d'un article pour l'International Conference on Image Processing (ICIP) [7]

## **Bibliographie commentée**

**[1]** MAGNIER Baptiste, SHOUKOUH Ghulam-Sakhi, XU Binbin, MONTESINOS Philippe, « A Multi-Scale Line Feature Detection Using Second Order Semi-Gaussian Filters », *Computer Analysis of Images and Patterns*, CAIP 2021, septembre 2021, p. 98-108.

Commentaire : Proposition d'une nouvelle méthode de filtrage pour l'extraction de structures linéaires : le Second-Derivative of a Semi Gaussian filter (SDSG), et la compare aux principales techniques de filtrage dans la littérature du domaine du traitement image.

Source : Document fourni par le tuteur-école

Mots-clés : Line-feature detection, multi-scale, semi-filters, steerable

**[2]** XIAO Changyan, STARING Marius, WANG Yaonan, P. SHAMONIN Denis, C. STOEL Berend, « Multiscale Bi-Gaussian Filter for Adjacent Curvilinear Structures Detection With Application to Vasculature Images », *IEEE Transactions on Image Processing*, vol. 22, no. 1, janvier 2013, p. 174-188, doi: 10.1109/TIP.2012.2216277.

Commentaire : Introduction et explication de la fonction bi-Gaussienne pour le filtrage et le traitement d'images en niveau de gris. Cette dernière permet d'éviter la fusion indésirable de lignes adjacentes grâce à la sélection d'échelles différentes pour l'avant et l'arrière-plan.

Source : Document fourni par le tuteur-école

Mots-clés : Curvilinear structure detection, vessel enhancement, bi-Gaussian kernel, multi-scale filtering, feature extraction

**[3]** PEIKERT Ronald, SADLO Filip, « Height Ridge Computation and Filtering for Visualization », *2008 IEEE Pacific Visualization Symposium*, 2008, p. 119-126, doi: 10.1109/PACIFICVIS.2008.4475467.

Commentaire : Description des différents contours à savoir les crêtes et les vallées ainsi que les méthodes de filtrage afin de détecter ces dernières. Une des méthodes principales est l'utilisation des valeurs et vecteurs propres d'une image à travers la matrice Hessienne.

Source : IEEE

Mots-clés : Segmentation-Edge and feature detection, eigenvalues and eigenfuctions, computational modeling, surface topography

**[4]** TREMBLAIS Benoit, CAPELLE-LAIZE Anne-Sophie, AUGEREAU Bertrand. « Algorithms for the extraction of various diameter vessels », *Cellular and Molecular Biology*, vol. 53, no 2, 2007, p. 62-74.

Commentaire : Extraction des vascularités et méthodes pour obtenir leur diamètre à différentes échelles. Cela permet d'obtenir l'échelle optimale à laquelle utiliser le filtre pour une meilleure détection de crête.

Source : Cellular and Molecular Biology

Mots-clés : Medical imaging, multi-scale analysis, vessels, valley

**[5]** F. FRANGI Alejandro, J. NIESSEN Wiro, L. VINCKEN Koen, A. VIERGEVER Max, « Multiscale vessel enhancement filtering », *Medical Image Computing and Computer-Assisted Intervention — MICCAI'98. MICCAI 1998. Lecture Notes in Computer Science*, vol 1496. Springer, 1998. <https://doi.org/10.1007/BFb0056195>

Commentaire : Méthode d'extraction et de suppression de bruit pour déterminer les vascularités de l'image. L'article s'appuie notamment sur les valeurs propres et la matrice Hessienne pour proposer une fonction d'amélioration.

Source : Document fourni par le tuteur-école

Mots-clés : Vesselness measure, line filter, maximum intensity projection

**[6]** JERMAN Tim, PERNUS Franjo, LIKAR Bostjan, ŠPICLIN Žiga, « Enhancement of Vascular Structures in 3D and 2D Angiographic Images », *IEEE Transactions on Medical Imaging*, vol. 35, no. 9, septembre 2016, p. 2107-2118, doi: 10.1109/TMI.2016.2550102

Commentaire : Papier qui propose une technique de description des différentes structures d'une image grâce aux vecteurs et valeurs propres.

Source : Document fourni par le tuteur-école

Mots-clés : Vascular pathology, vessel, bifurcation, enhancement filter, Hessian eigenvalue analysis

**[7]** MAGNIER Baptiste, SHOKOUH Ghulam-Sahki, BERTHIER Louis, PIE Marcel, RUGGIERO Adrien, MONTESINOS Philippe, « 2DSBG : A 2D SEMI BI-GAUSSIAN FILTER ADAPTED FOR ADJACENT AND MULTI-SCALE LINE FEATURE DETECTION », [En cours de publication ICIP 2022].

Commentaire : Ce papier présente le filtre semi bi-Gaussien 2D ainsi que des comparaisons et des évaluations de celui-ci avec d'autres filtres, présentés par les articles précédents.

Source : Article que nous avons rédigé en collaboration avec un doctorant de l'école et notre tuteur-école

Mots-clés : Bi-Gaussian, Semi-Gaussian, line feature detection, ridges

**[8]** SIRONI Amos, LEPETIT Vincent, FUA Pascal, « Multiscale centerline detection by learning a scale-space distance transform », *Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition – CVPR*, 2014, p. 2697-2704.

Commentaire : Extraction de vascularités en multi-échelle via l'apprentissage automatique

Source : CVPR 2014 Open Acces

Mots-clés : Feature extraction, three-dimensional displays, image segmentation, robustness

**[9]** SHOKOUH Ghulam-Sahki, MAGNIER Baptiste, XU Binbin, « Ridge Detection by Image Filtering Techniques : A Review and an Objective Analysis. », *Pattern Recognit. Image Anal.* 31, 2021, p. 551–570, <https://doi.org/10.1134/S1054661821030226>

Commentaire : Méthodes de caractérisation et d'extraction de crêtes et de vallées au sein d'une image en comparant plusieurs filtres.

Source : Document fourni par le tuteur-école

Mots-clés : Ridge detection, salient feature analysis, image filtering

**[10]** MAGNIER Baptiste, « Vision : Cours contours », v1, IMT Mines Alès, 2021, <https://campus2.mines-ales.fr/mod/resource/view.php?id=24981>, p. 115 – 125

Commentaire : Description et visualisation des méthodes utilisées pour la détection de contours

Source : Document fourni par le tuteur-école lors de l'enseignement « Vision »

Mots-clés : filtrage, détection de contours, traitement d'image

**[11]** HARISPE Sébastien, « Supervised learning (linear models) », IMT Mines Alès, 2021, <https://campus2.mines-ales.fr/mod/resource/view.php?id=17558>, p. 54 - 90

Commentaire : Introduction à l'apprentissage automatique notamment en utilisant l'apprentissage dit supervisé. Ce cours propose également des explications sur des pratiques essentielles à savoir la méthode de la descente du gradient ou encore l'évaluation d'un modèle à travers l'erreur d'une fonction coût.

Source : Document fourni par un enseignant de l'école lors de l'enseignement « Introduction à l'apprentissage automatique »

Mots-clés : machine learning, optimization, model evaluation, linear models, gradient descent, error cost function

**[12]** SAINT-CIRGUE Guillaume, « PYTHON SKLEARN : KNN, LinearRegression et SUPERVISED LEARNING », Machine Larnia, 2 novembre 2019, durée 20 min 6, consulté le 10 mars 2022, <https://www.youtube.com/watch?v=P6kSc3qVph0>

Commentaire : Série de vidéos qui expliquent succinctement le fonctionnement et les principes utilisés en sciences des données et plus particulièrement pour l'apprentissage automatique à travers le langage de programmation Python.

Source : Vidéo disponible sur Youtube sur la chaîne « Machine Larnia »

Mots-clés : machine learning, supervised learning, linear regression, KNN, support vector machines, decision trees, sklearn, model