

Mini-projet en Python : Détection de Contours

Objectif

Réaliser un programme Python permettant de comparer différents opérateurs de gradient pour la détection des contours dans une image. L'utilisateur pourra appliquer les opérateurs de Sobel, Prewitt, Roberts et Canny, puis visualiser les résultats.

Description

1. **Dataset :**
 - Utiliser le dataset '**BSDS500**' ou télécharger des images de test sur des plateformes comme OpenCV (par exemple, *lena.png* ou *cameraman.png*).
 - Les images doivent être en niveaux de gris.
2. **Étapes du projet :**
 - **Chargement des images** en utilisant OpenCV.
 - **Application des filtres :**
 - Implémenter Sobel, Prewitt, Roberts (en utilisant des convolutions via `cv2.filter2D`).
 - Utiliser directement `cv2.Canny` pour le filtrage de Canny.
 - **Comparaison des résultats :** Afficher les images filtrées dans une grille avec `matplotlib` pour comparer les différences.
3. **Exigences techniques :**
 - Bibliothèques : `opencv-python`, `numpy`, `matplotlib`.
 - Code bien commenté avec des fonctions claires pour chaque opérateur.

Livrables :

- **Code source Python** (.py ou notebook Jupyter).
- **Visualisation des résultats :** Comparaison des différents opérateurs avec commentaires sur les performances.

Critères d'évaluation :

- Respect des étapes demandées.
- Qualité du code et des commentaires.
- Analyse des résultats obtenus (sensibilité au bruit, précision des contours, temps d'exécution).

Références :

1. http://www.optique-ingenieur.org/fr/cours/OPI_fr_M04_C05/co/Contenu_02.html

Base de convolution

Principes

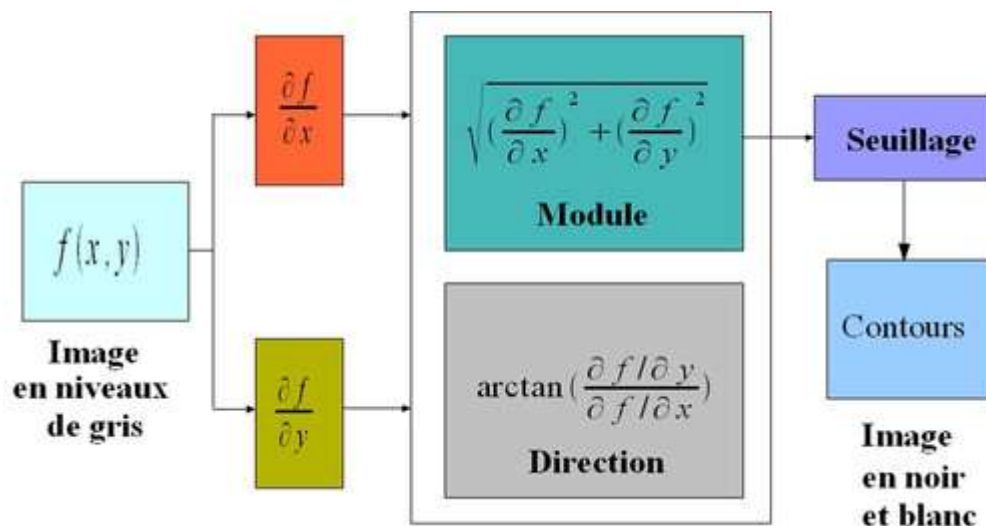
En considérant l'image dans un repère orthogonal (Oxy), le **gradient de l'image** (ou de la luminance f) au point de coordonnées (x, y) est un vecteur qui permet de détecter les contours.

1. **Module du gradient** : Il quantifie l'amplitude du saut d'intensité et donc l'importance du contour.
2. **Direction du gradient** : Elle est orthogonale à la direction du contour et permet de déterminer l'arête dans l'image.

Le processus de détection des contours par gradient repose sur :

- Le calcul du gradient dans deux directions orthogonales,
- Le calcul du module du gradient,
- La sélection des contours les plus marqués par seuillage,
- Une représentation finale des contours (pixels blancs sur fond noir).

Opérateurs Gradient



Les opérateurs gradient agissent comme des filtres appliqués à l'image pour déterminer les variations d'intensité.

1. Approximation de Base

Deux masques simples permettent d'approcher le gradient :

- **Masque horizontal** :
 - $h(0,0) = -1$ et $h(1,0) = 1$
- **Masque vertical** (rotation de 90°) :
 - $h(0,0) = 1$ et $h(0,-1) = -1$

Ces filtres sont simples mais très sensibles au bruit.

2. Opérateur de Roberts

Cet opérateur calcule le gradient dans les directions diagonales :

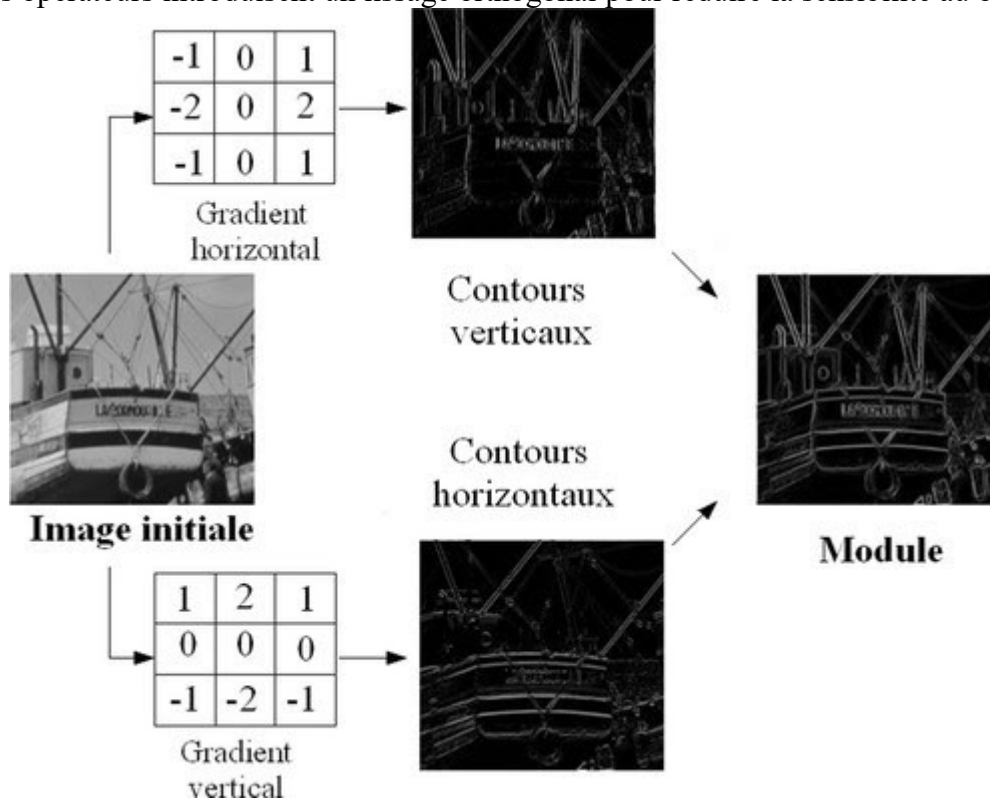
- Premier masque :
 - $h(0,0) = 1$ et $h(-1,-1) = -1$
- Deuxième masque (rotation de 90°) :
 - $h(-1,0) = 1$ et $h(0,-1) = -1$

Inconvénient : Sensible au bruit en raison de sa nature passe-haut.

3. Opérateurs de Prewitt et Sobel



Ces opérateurs introduisent un lissage orthogonal pour réduire la sensibilité au bruit.



- **Masques de Prewitt (c=1) et Sobel (c=2) :**
 - **Contours horizontaux :**
 - $h(-1,1) = 1, h(1,1) = 1, h(0,1) = c$
 - $h(-1,-1) = -1, h(1,-1) = -1, h(0,-1) = -c$
 - **Contours verticaux :** Masque similaire, avec rotation de 90°.

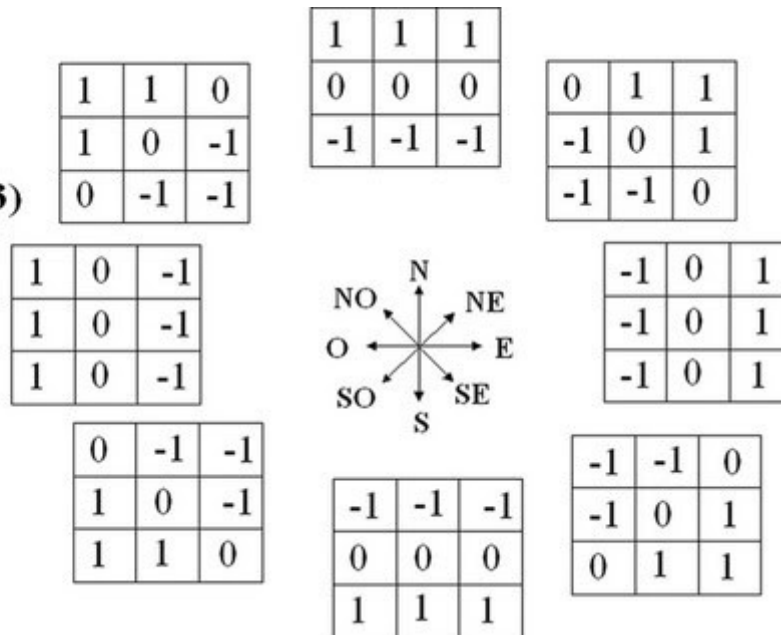
Avantage : Double action (lissage et dérivée). **Inconvénient :** Sensibilité modérée au bruit, contours parfois larges.

4. Opérateur Gradient Boussole

Cet opérateur mesure le gradient dans plusieurs directions (à l'aide de masques tournés). L'image est filtrée par un ensemble de masques à orientations spécifiques (à 8 directions comme une boussole).

- Le contour retenu correspond à la direction :
 - Maximisant $gk(i,j)$ (réponse maximale du masque), ou
 - Minimisant $rk(i,j)$ (inverse du coefficient de corrélation).

**Exemple :
Robinson (3)**



Exemples de masques : Prewitt, Kirsch, Robinson (niveaux 3 ou 5).

5. Filtrage de Canny

L'opérateur de Canny (1986) est basé sur une approche analytique optimale selon trois critères :

1. **Bonne détection** : Réponse forte même pour des contours faibles.
2. **Bonne localisation** : Précision de la position du contour.
3. **Unicité de la réponse** : Une seule détection par contour pour éviter les effets de rebond.

Modèle de contour :

- Fonction marche d'escalier (avec bruit blanc additif $n(x)$).

Canny optimise ces critères pour obtenir un filtre linéaire optimal assurant une détection précise et robuste des contours.

Conclusion

Les opérateurs gradient offrent différentes approches pour la détection de contours :

- **Simple** (Roberts, Prewitt, Sobel) : rapides mais sensibles au bruit.
- **Gradient boussole** : meilleure orientation des contours.
- **Canny** : approche optimale pour des contours précis et robustes.

Le choix de l'opérateur dépend des besoins en termes de sensibilité au bruit, de précision et de temps d'exécution.