

école —  
normale —  
supérieure —  
paris–saclay —

UE Vision Robotique

---

## **TP2 - Flot Optique**

---

THOMAS BOULANGER

JULES FARNAULT

16 DÉCEMBRE 2024

# Table des matières

<b>Table des matières</b>	<b>1</b>
<b>Introduction</b>	<b>2</b>
<b>1 Détection du fond</b>	<b>3</b>
<b>2 Flot optique</b>	<b>9</b>
<b>Conclusion</b>	<b>12</b>

# Introduction

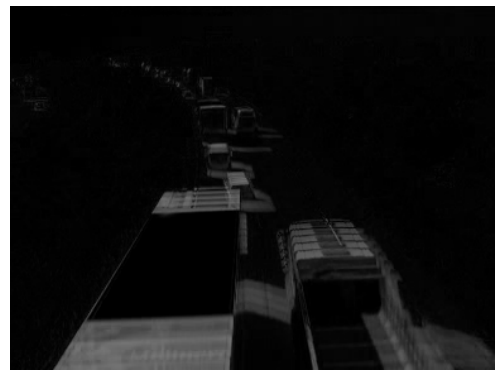
L'objectif de ce TP est d'implémenter un détecteur de fond et de flot afin d'analyser le mouvement dans une vidéo de 600 images à 20 ips. L'ensemble des codes réalisés durant le TP sont disponibles sur [Github](#)

# 1 | Détection du fond

On considère  $N$  images consécutives convertis en niveaux de gris. On peut calculer l'image moyenne ainsi que l'image de l'écart type de ces  $N$  images. On essaye pour  $N = 5$ ,  $N = 25$  et  $N = 100$  :



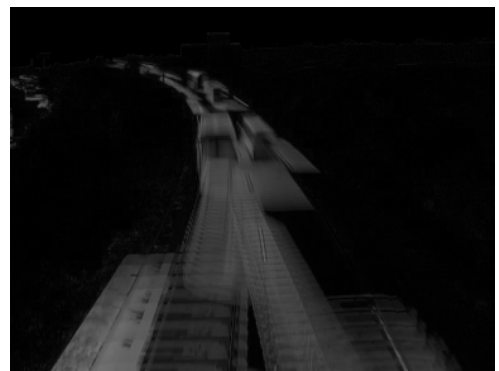
(a) Image moyenne,  $N = 5$



(b) Image écart-type,  $N = 5$



(c) Image moyenne,  $N = 25$



(d) Image écart-type,  $N = 25$



(e) Image moyenne,  $N = 100$



(f) Image écart-type,  $N = 100$

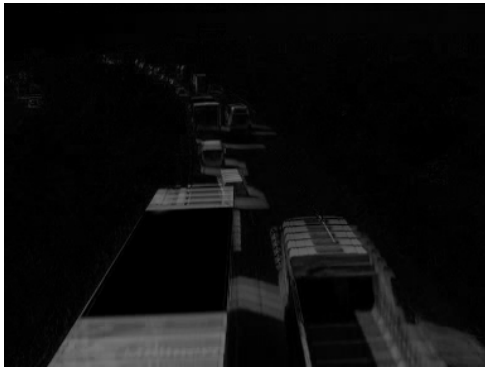
On remarque que l'écart-type permet repérer les zones où il y a du déplacement. Afin de sélectionner les pixels du fond et du flot, on peut donc faire un seuillage sur l'écart-type afin de sélectionner que les pixels qui ont une forte variation sur les  $N$  images. On s'intéresse à la 32ème image avec  $N = 5$ .



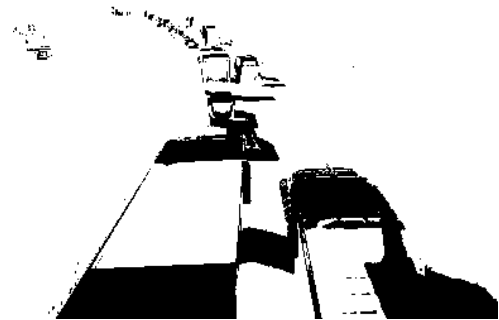
(a) 32ème image



(b) Image moyenne,  $N = 5$



(c) Image écart-type,  $N = 5$



(d) Image écart-type seuillé ( $>15$ )

Avec un  $N$  trop bas, on est sensible au bruit tandis qu'avec un  $N$  trop grand, on lisse le déplacement, ce qui nous fait perdre la précision temporelle sur ce dernier. Le seuil doit également être choisi afin de ne garder que les déplacements.

On s'intéresse maintenant à la variation du pixel (200,150), comme on peut le voir sur la figure 1.3, il y a beaucoup de variation brusque sur ce pixel, car il est positionné au milieu de la route. Chaque pic/vallée correspond donc au passage d'un véhicule.

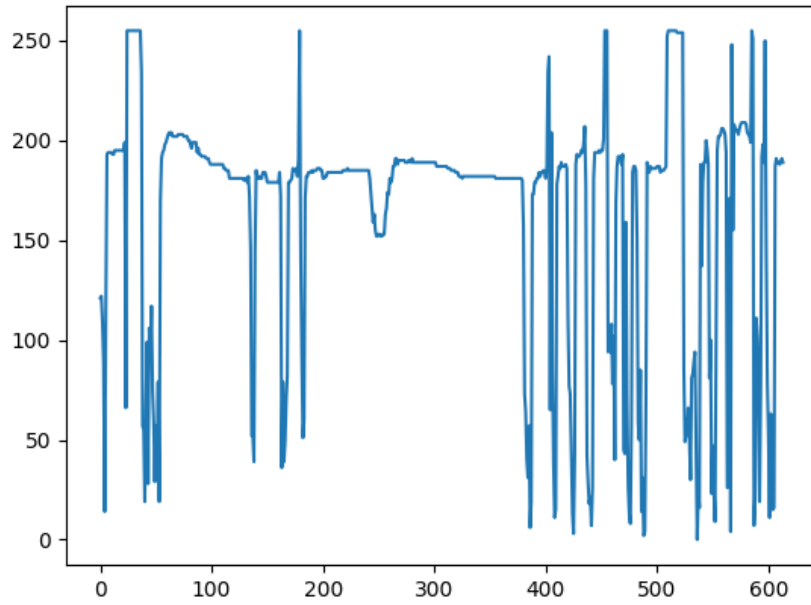


FIGURE 1.3 – valeurs présent par le pixel 200, 150

On implémente alors l'algorithme hiérarchique  $\Sigma\Delta$  et on observe son résultat sur la figure 1.4. Comme on peut l'observer, hiérarchique  $\Sigma\Delta$  est sensible au bruit et ne permet pas une estimation aussi bonne qu'avec le seuillage de l'écart-type.



FIGURE 1.4 – Estimation du fond sur la 32ème image par hiérarchique  $\Sigma\Delta$  avec  $N = 5$

Afin de diminuer la sensibilité aux ombres, on se place dans les espaces HSV puis LAB qui permettent de s'abstraire de la luminosité. On travaillera ensuite avec l'image suivante :



FIGURE 1.5 – Image originale

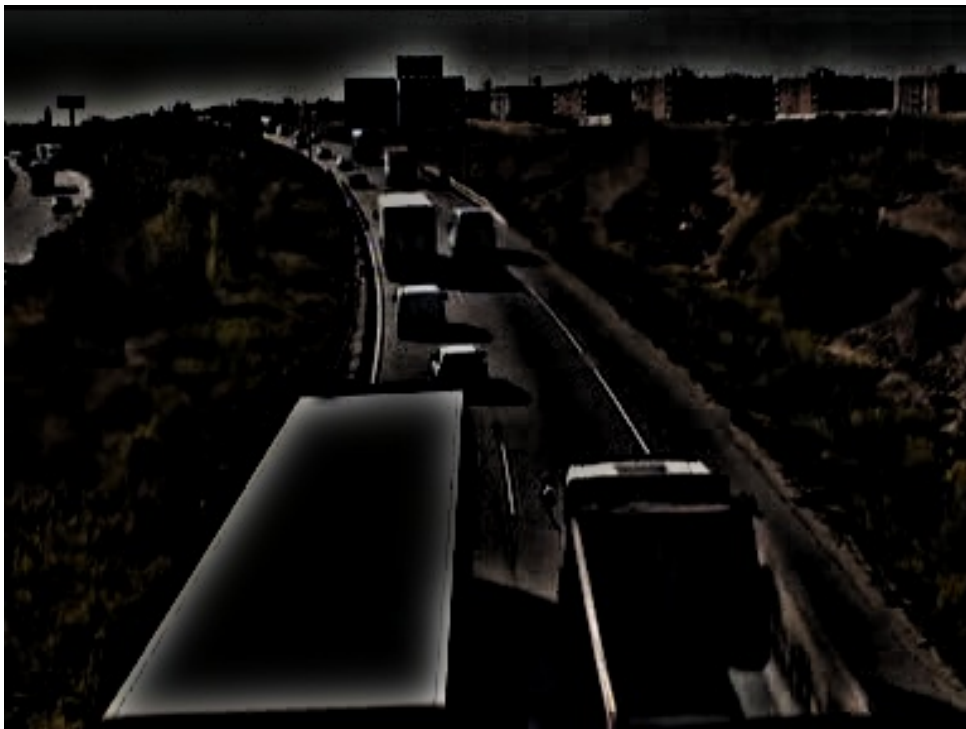


FIGURE 1.6 – Image 32 dans l'espace HSV

On remarque que l'espace HSV n'est pas très bon pour retirer les ombres, on va donc se

placer dans l'espace LAB.



FIGURE 1.7 – Image 32 dans l'espace LAB

On applique alors l'algorithme de détection de fond avec la moyenne et l'écart-type sur la vidéo dans l'espace LAB, on obtient le résultat suivant :

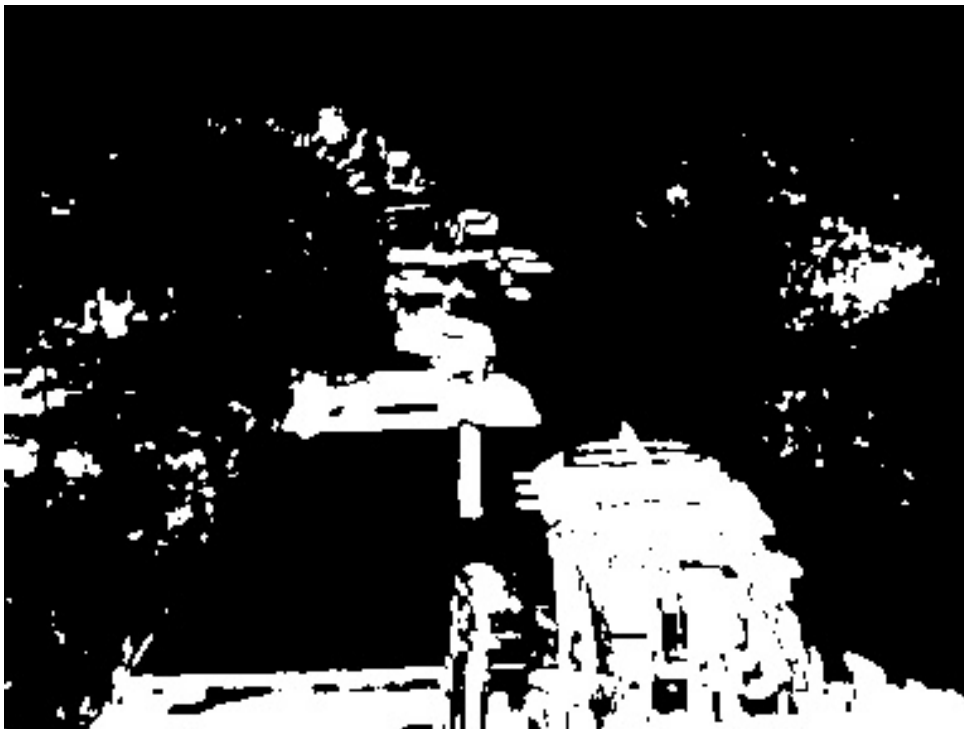


FIGURE 1.8 – Estimation du fond sur la 32ème image dans l'espace LAB



On remarque que le résultat est moins bon. En effet, comme l'image est devenue plus blanche, tous les pixels sont plus proches de la moyenne et donc on est plus sensible au bruit. De plus, on remarque que les ombres n'ont pas complètement disparu.

## 2 | Flot optique

L'objectif est d'appliquer l'algorithme Horn-Schunk à notre vidéo pour déterminer le flot optique.

- **Entrées :**
  - $I_1$  : Image au temps  $t$ .
  - $I_2$  : Image au temps  $t + 1$ .
  - $\alpha$  : Paramètre de régularisation.
  - `max_iterations` : Nombre maximal d'itérations.
- **Sorties :**
  - $u$  : Champ de déplacement horizontal.
  - $v$  : Champ de déplacement vertical.
- **Étape 1 : Calcul des dérivées partielles.**
  - Calculer  $I_x, I_y$  (dérivées spatiales de  $I_1$  avec un filtre de Sobel) et  $I_t = I_2 - I_1$  (variation temporelle).
- **Étape 2 : Initialisation.**
  - Initialiser  $u$  et  $v$  à des matrices nulles
- **Étape 3 : Itérations pour minimiser la fonction d'énergie.**
  - **Pour**  $k = 1$  à `max_iterations` **faire :**
    - **3.1 : Calcul des moyennes locales de  $u$  et  $v$ .**
      - Calculer  $\bar{u}$  et  $\bar{v}$  (moyennes locales de  $u$  et  $v$ ) en appliquant un filtre de lissage moyennneur de taille 3x3.
    - **3.2 : Mise à jour de  $u$  et  $v$  pour chaque pixel  $(x, y)$ .**
      - Calculer :

$$\text{Numérateur} = I_x \bar{u} + I_y \bar{v} + I_t$$

$$\text{Dénominateur} = \alpha^2 + I_x^2 + I_y^2$$

$$u = \bar{u} - \frac{I_x \cdot \text{Numérateur}}{\text{Dénominateur}} \quad \text{et} \quad v = \bar{v} - \frac{I_y \cdot \text{Numérateur}}{\text{Dénominateur}}$$

$\alpha$  est un paramètre de régularité qui sert à lisser la variation des flots et ainsi de garder une meilleure cohérence locale. Un trop grand  $\alpha$  risque d'effacer des détails du mouvement.

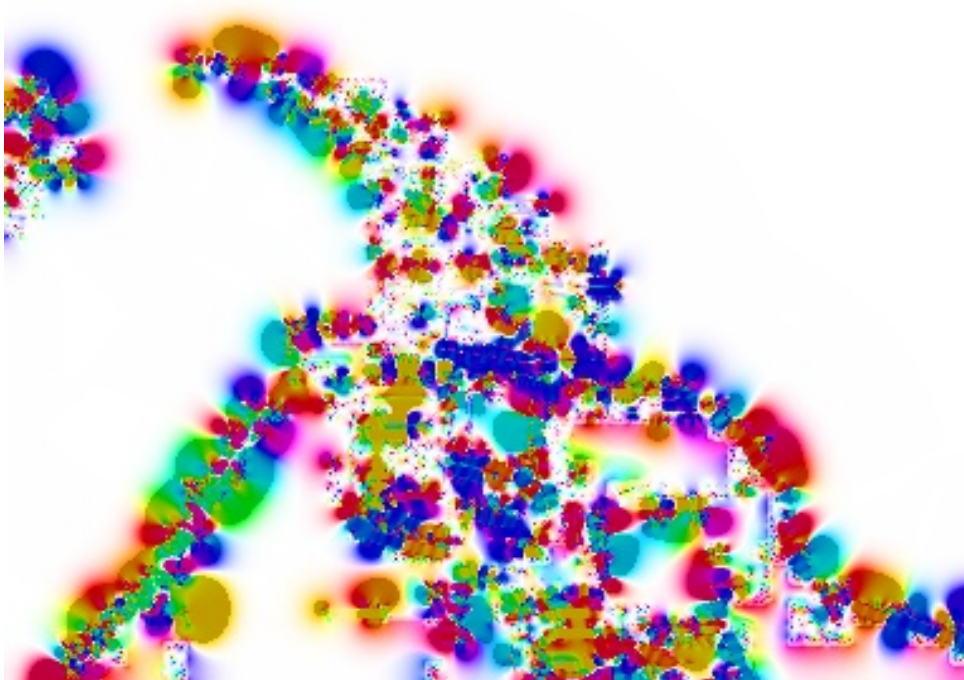


FIGURE 2.1 – Estimation du flot sur la 32ème image ( $\alpha = 10$ )

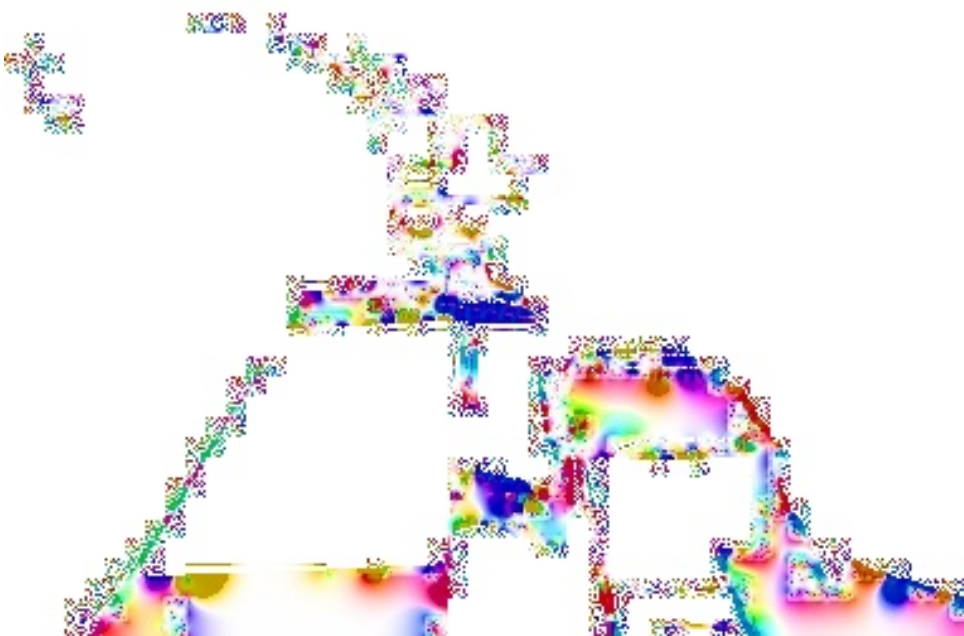


FIGURE 2.2 – Estimation du flot sur la 32ème image après masquage

On devrait normalement trouver une correspondance avec le cercle chromatique ci-dessous :

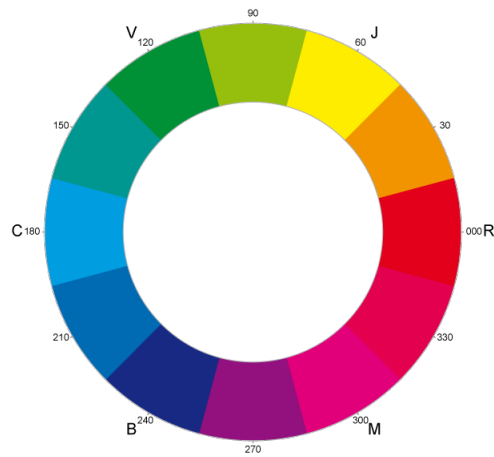


FIGURE 2.3 – Cercle chromatique

Les voitures vont vers le haut de l'image donc on devrait avoir des couleurs vertes et jaunes pour la voie principale et bleue/ violet pour la voie en sens inverse. (Verte en bas haut de l'image, car les voitures vont vers le haut gauche de l'image, et jaune en bas, car elles vont vers le haut et la droite de l'image.) On remarque qu'il y a beaucoup d'erreur et d'irrégularité dans les flots. Malgré le test de plusieurs paramètres, aucuns n'ont permis d'améliorer les performances de l'algorithme.

# Conclusion

Lors de ce TP, nous avons pu implémenter différents algorithmes de détection de fond et de calcul de flot optique. Tout d'abord, un simple calcul de l'écart type avec un seuil permet déjà de détecter les véhicules de la vidéo tout en étant robuste au bruit. Ensuite, les algorithmes  $\Sigma\Delta$  et hiérarchique  $\Sigma\Delta$  ont été implémentés mais n'ont pas de très bonne performance car très sensible au bruit de la végétation. Enfin l'algorithme de flot optique a été implémenté de Horn et Schunck. Le flot calculé présente de nombreuses imperfections et irrégularités malgré le test de nombreux paramètres différents.