

N° d'ordre :

N° de série :

République Algérienne Démocratique et Populaire



Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

UNIVERSITÉ ECHAHID HAMMA LAKHDAR D'EL OUED

FACULTÉ DES SCIENCES EXACTES

Département d'informatique

Mémoire de fin d'étude

MASTER ACADEMIQUE

Domaine: Mathématiques et Informatique

Filière: Informatique

Spécialité: Systèmes Distribués et Intelligence Artificiel (SDIA)

Thème

**Détection et suivi d'objets mobiles.
Application dans un environnement de
foule**

Présenté par: Sadoun abdelbaki & Ouellabi yacine

Soutenu devant le jury composé de

M.Berdjouh Chafik	MAA	Rapporteur	Univ. d'El Oued
M. Khebbache Mohib eddine	MAA	Présidente	Univ. d'El Oued
M.Gaya sana sahar	MAA	Examinatrice	Univ. d'El Oued

Année universitaire 2015/2016

Remerciements

Avant tout, nous remercions notre Dieu qui nous a donné le courage et la volonté de réaliser ce modeste travail.

Nous adressons nos vifs remerciements à notre encadreur Mr. BERDJOUH Chafik pour son effort et ses conseils.

Nous tenons également à remercier « TOUS » les Messieurs et dames, nos professeurs qui nous ont enseigné durant deux ans de formation master en Informatique, pour leurs précieux conseils et ses orientations.

Nos remerciements vont également aux membres du jury d'avoir accepté d'évaluer nos travail. Sans oublier de remercier notre amis et notre collègues, tous d'une manière différente. Enfin, merci à nos parents pour le soutien et l'encouragement qu'ils nous ont apporté tout au long de nos travail.

Dédicace

Je dédie ce modeste travail :

A ma mère pour sa tendresse et mon père

pour sa patience et encouragement,

A mes très chers frères, sœurs et leurs

enfants, Et à mes amies et tous ceux que

j'aime.

Abdelbaki

Dédicace

En témoignage d'amour et d'affection, je dédie ce
travail avec une grande fierté

À mes parents qui ont été d'un dévouement
exemplaire et d'un réconfort inestimable.

À mes frères, mes sœurs et toute ma famille en
reconnaissance de leurs encouragements.

A tous mes amis pour leur sympathie, leur
amitié et leur solidarité envers moi.

J'espère que vous acceptez mes hautes
salutations et considérations.

Que Dieu puisse vous protéger.

Yacine

Résumé

Ce mémoire est lié au sujet général de la détection automatique de mouvement et d'analyse la séquence d'images dans la vidéo-surveillance. Dans la surveillance en temps réel, la détection et le suivi de plusieurs objets et le suivi de leurs activités dans les deux environnements extérieur et intérieur sont des tâches difficiles pour le système de vidéo-surveillance. Dans la présence d'un bon nombre de problèmes en temps réel limite la portée de ce travail depuis le début. Les problèmes sont notamment, les changements d'éclairage et de détection d'ombre. La méthode améliorée de soustraction de fond a été suivie par une segmentation de premier plan, l'évaluation des données, la détection de l'ombre sur la scène et enfin la méthode de détection de mouvement. L'algorithme est appliqué à un certain nombre de problèmes pratiques à observer si elle nous conduit à la solution attendue.

Mots clés: Vidéo-surveillance, analyse de la vidéo, Opencv, détection, suivi d'objets mobiles.

Abstract

This memory is related to general topic of the automatic motion detection and analysis of the image sequence in surveillance video. In the real-time monitoring, detection and tracking of multiple objects and track their activities in both outdoor and indoor environments are difficult tasks for the video surveillance system. In the presence of lots of problems in real time limits the scope of the work from the beginning. The problems include the changes in illumination and shadow detection. The improved method of background subtraction was followed by a foreground segmentation, data evaluation, detection of the shadow on the scene and finally the motion detection method. The algorithm is applied to a number of practical problems to see if it leads us to the expected solution.

Keywords: Video surveillance, Video Analytics, Opencv, detection, tracking of moving objects.

Table des matières

RESUME	IV
TABLE DES MATIERES	VI
LISTE DES FIGURES.....	VIII
LISTE DES ALGORITHMES.....	IX
INTRODUCTION.....	1
MOTIVATION	1
PROBLEMATIQUES ET OBJECTIFS.....	1
ORGANISATION DU MEMOIRE.....	2
I CHAPITRE 1.....	3
I.1 INTRODUCTION	4
I.2 LE SYSTEME DE LA VIDEO-SURVEILLANCE	4
I.3 TYPES DU SYSTEME DE LA VIDEO-SURVEILLANCE	4
I.4 STRUCTURE DU SYSTEME DE LA VIDEO-SURVEILLANCE	5
I.5 DOMAINES D'UTILISATION DE SYSTEME VIDEO-SURVEILLANCE	6
I.6 AVANTAGES DU SYSTEME DE LA VIDEO-SURVEILLANCE	6
I.7 CONCLUSION.....	7
II CHAPITRE 2.....	8
II.1 INTRODUCTION	9
II.2 DETECTION D'OBJETS EN MOUVEMENT	9
II.2.1 REPRESENTATION D'UNE VIDEO.....	9
II.2.2 LA DIFFERENCE TEMPORELLE.....	10
II.2.3 FLUX OPTIQUE.....	11
II.2.4 SOUSTRACTION DE L'ARRIERE-PLAN	12
II.2.5 ELIMINATION DES OMBRES.....	14
II.3 LE SUIVI DES OBJETS	15
II.3.1 SUIVI DE SILHOUETTE.....	15

II.3.2	SUIVI DE NOYAUX	16
II.3.3	SUIVI DE POINTS	16
II.4	CONCLUSION.....	16
III	CHAPITRE 3.....	18
III.1	INTRODUCTION	19
III.2	MODELE DE DETECTION PROPOSE	19
III.2.1	MODELISATION DE L'ARRIERE-PLAN.....	20
III.2.2	SOUSTRACTION DE L'ARRIERE-PLAN.....	20
III.2.3	SEGMENTATION DE MOUVEMENT UTILISANT FLUX OPTIQUE	22
III.2.4	SUPPRESSION DE L'OMBRE EN UTILISANT L'ESPACE COULEUR HSV	22
III.3	MODELE PROPOSE POUR SUIVI D'OBJET	25
III.3.1	SELECTION DES OBJETS A SUIVRE	25
III.3.2	SUIVI DE L'OBJET SELECTIONNE	26
III.3.3	ESTIMATION DE TRAJECTOIRE	27
III.3.3.1	FILTRE DE KALMAN	28
III.4	CONCLUSION.....	28
IV	CHAPITRE 4.....	29
IV.1	INTRODUCTION	30
IV.2	ENVIRONNEMENT DE TRAVAIL	30
IV.2.1	LE LANGAGE DE PROGRAMMATION JAVA	30
IV.2.2	NETBEANS IDE 8.0.....	30
IV.2.3	OPENCV 3.1.0.....	31
IV.3	INTERFACES ET RESULTATS.....	31
IV.4	CONCLUSION.....	34
V	CONCLUSION GENERALE ET PERSPECTIVES.....	35
	BIBLIOGRAPHIE	37

Liste des figures

<i>Figure II.1 Système de vidéo-surveillance [JBM, 2011]</i>	<i>5</i>
<i>Figure II.1 Représentation compacte d'une vidéo, T représente l'axe temporel.</i>	<i>9</i>
<i>Figure II.2 Exemple de détection du mouvement avec la méthode de soustraction d'images consécutives</i>	<i>11</i>
<i>Figure II.3 Le flux optique, (a et b) Région de la bouche sur deux images consécutives, (c) Champ de vecteur de vitesses.....</i>	<i>12</i>
<i>Figure II.4 présentation de La méthode de soustraction de fond.....</i>	<i>13</i>
<i>Figure III.1 Modèle proposé pour la détection d'Objet.....</i>	<i>21</i>
<i>Figure III.2 Modèle proposé pour suivi l'objet.....</i>	<i>25</i>
<i>Figure III.3 L'ensemble des centres de gravité mesurés</i>	<i>27</i>
<i>Figure III.4 Trajectoire mesurée/estimée de l'objet mobile</i>	<i>27</i>
<i>Figure IV.1 Interface principale de l'application</i>	<i>31</i>
<i>Figure IV.2 Le résultat de la soustraction de fond</i>	<i>32</i>
<i>Figure IV.3 Le résultat de l'illimitation des ombres</i>	<i>32</i>
<i>Figure IV.4 Le résultat de détection de mouvement</i>	<i>33</i>
<i>Figure IV.5 Le résultat de nomination du centre de gravité.....</i>	<i>33</i>
<i>Figure IV.6 Le résultat de suivi des objets mouvant.....</i>	<i>34</i>

Liste des algorithmes

Algorithme III.1 Soustraction de l'arrière-plan	22
Algorithme III.2 Utilisation de flux optique	23
Algorithme III.3 Suppression des Ombres.....	23
Algorithme III.4 étiquetage par un parcours en profondeur	26

Introduction

Motivation

Dans de nombreux lieux publics tels que l'aéroport, les parcs de stationnement, les gares, et les banques, il est nécessaire de la surveillance pour prévenir l'accident ou de l'incident dommageable de faite que les caméras de surveillance soient installées dans de tels endroits. Pour profiter de la vidéo en temps réel, l'humain doit surveiller le système en continu afin d'alerter les agents de sécurité en cas d'urgence. Le besoin pour les systèmes de surveillance vidéo intelligente qui peut surveiller et répondre à la situation en temps réel a augmenté en raison du coût élevé et une faible efficacité du système de surveillance existant.

Le suivi d'objets ayant pour but d'obtenir un enregistrement de l'objet en mouvement une ou plusieurs cibles dans le temps et l'espace. Par la localisation et le suivi d'objets en mouvement dans une séquence vidéo en temps réel, nous pouvons développer un système d'alerte en temps réel pour améliorer en cours système de surveillance.

Problématiques et objectifs

Ce modèle générique fonctionne dans des conditions idéales, mais échoue lamentablement dans la vie réelle. Les principaux défis à relever par ce modèle sont les suivants:

- Occultation
- Le changement graduel de l'éclairage.
- Le changement soudain de l'éclairage.
- Ombres faussement détectés comme des objets.
- Objet qui reste fixe pendant un certain temps est traité comme arrière-plan.

- Si des objets stationnaires sont déplacés d'un endroit à un autre, Amiens lieux dans lesquels les objets ont été existés sont faussement détecté comme des objets.

Dans ce projet, nous nous intéressons à des problématiques de la vidéo-surveillance, à savoir la segmentation d'objets, la détection du mouvement dans un contexte contrôlé.

L'objectif du projet est de réaliser un algorithme de détection et de suivi d'objets mobiles dans une scène complexe.

Organisation du mémoire

Ce mémoire est divisé en quatre chapitres, qui sont organisés comme suit :

✚ **Chapitre 1** : Il est consacré à l'étude le système de vidéo-surveillance et son architecture pour mieux comprendre les concepts de base de la vidéo-surveillance.

✚ **Chapitre 2** : Nous commençons ce chapitre par un état de l'art sur les méthodes les plus utilisées et les plus efficaces de détection de mouvement puis nous citerons les méthodes de suivi.

✚ **Chapitre 3** : Dans ce chapitre, nous allons présenter notre contribution pour le système de détection et de suivi des objets en scène complexe.

✚ **Chapitre 4** : Dans ce dernier chapitre, nous allons détailler les différentes configurations nécessaires à la création du projet (Outil de développement, langage de programmation) et présenter quelques résultats.

Enfin, nous concluons ce mémoire par une synthèse du travail accompli et nous présenterons quelques perspectives d'évolution.

I Chapitre 1

Contexte : la vidéo-surveillance

SOMMAIRE

I	CHAPITRE 1.....	3
I.1	INTRODUCTION	4
I.2	LE SYSTEME DE LA VIDEO-SURVEILLANCE	4
I.3	TYPES DU SYSTEME DE LA VIDEO-SURVEILLANCE	4
I.4	STRUCTURE DU SYSTEME DE LA VIDEO-SURVEILLANCE	5
I.5	DOMAINES D'UTILISATION DE SYSTEME VIDEO-SURVEILLANCE	6
I.6	AVANTAGES DU SYSTEME DE LA VIDEO-SURVEILLANCE	6
I.7	CONCLUSION.....	7

I.1 Introduction

La vidéo-surveillance connaît de nos jours une forte expansion tant sur le plan technologique qu'économique. Elle est devenue l'un des maillons essentiels des politiques de sécurité des gouvernements. Cette évolution répond au besoin de tout citoyen à la sécurité face à l'augmentation de la délinquance et de la criminalité.

Dans ce chapitre, on va donner une définition concernant le système vidéo-surveillance et nous explique quelques concepts utilisés dans ce système, puis nous présenterons les avantages de ce système dans notre vie.

I.2 Le système de la vidéo-surveillance

La vidéo-surveillance est un système de caméras disposées dans un espace à surveiller. Ces caméras sont reliées à un système informatique qui permet le traitement et l'analyse des données reçues. Le premier système de vidéo-surveillance a été conçu en Allemagne en 1942, par Siemens AG pour des fins d'observations de fusées. Depuis, les systèmes de vidéo-surveillance ont considérablement évolué. L'analyse et l'intégration des données sont de plus en plus automatisées et suscitent moins d'intervention humaine [DM, 2012].

I.3 Types du système de la vidéo-surveillance

Il existe trois types de vidéo-surveillance :

- 1) **La vidéo-surveillance d'observation** : elle vise à surveiller des mouvements dans un endroit donné, sans enregistrement et traitement de données personnelles. C'est notamment le cas des caméras contrôlant la circulation et qui permettent une analyse précise du trafic à des endroits où elles peuvent places. [CIS, 2010]
- 2) **La vidéo-surveillance dissuasive** : elle a pour but de prévenir la mise en danger et les perturbations de la paix juridique par des actes imputables à l'homme. Elle se fait normalement de manière permanente et est repérable. Elle consiste habituellement à utiliser des dispositifs qui enregistrent les signaux visuels et rendent possible

l'identification des différentes personnes dont l'image a été enregistrée. [PPTD, 2015]

- 3) **La vidéo-surveillance invasive** : qui tend à surveiller une personne en particulier, à son insu, dans le cadre d'une enquête de police. Elle ne peut être ordonnée que par une procédure judiciaire. Les règles applicables à ce type de situation relèvent de la procédure pénale en général et ne sont pas traitées dans le Règlement [CIS, 2010].

I.4 Structure du système de la vidéo-surveillance

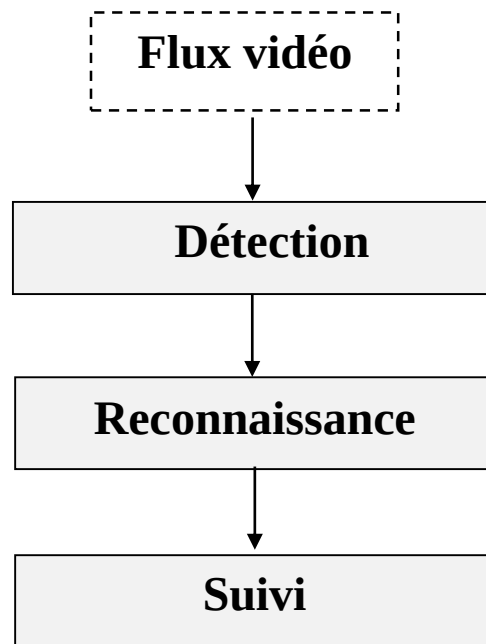


Figure I-1 Système de vidéo-surveillance [JM, 2011]

Un système de vidéo-surveillance est en général composé de trois modules (figure I.1)

- **Le module de détection** : L'objectif de la détection est de localiser les individus au premier plan dans la scène pour des analyses ultérieures. L'opération de détection peut s'effectuer sur chaque image de la séquence ou en début de séquence pour initialiser le mécanisme de suivi.

- **Le module de reconnaissance** : un processus consiste à reconnaître une cible parmi un ensemble des objets dans une scène.
- **Le module de suivi** : L'objectif du suivi est de déterminer la position d'une cible de manière continue et fiable tout au long du flux vidéo.

I.5 Domaines d'utilisation de système vidéo-surveillance

La vidéo-surveillance, est un champ de plusieurs d'applications [PPTD, 2015] :

- L'industrie : Salle de contrôle, Zones de stockage.
- Le transport privé ou collectif.
- Le commerce et la distribution.
- Les administrations et les services publics : les banques.
- Les lieux publics : Cabinets médicaux et cliniques.
- L'enseignement : Les écoles et les établissements d'enseignement.
- Les loisirs : parc d'attraction, cinéma, les clubs.

I.6 Avantages du système de la vidéo-surveillance

- Il agit comme un effet dissuasif sur la criminalité. Voyant un appareil photo ou un avertissement d'affichage des caméras, peut être déroutant à un soi-criminel.
- Un autre avantage d'avoir un système de vidéo-surveillance est la capacité à appréhender un suspect quand un crime se produit.
- L'amélioration de la productivité en milieu de travail.
- Lot de cas de harcèlement au travail ne sont pas signalés. Installation du système de surveillance vidéo aide à tout suivi par les deux enregistrements vidéo et audio.[DM, 2012]

I.7 Conclusion

Dans ce chapitre nous avons défini le système de la vidéo-surveillance et présenté sa structure générale, ses différents types, les différents domaines d'utilisations et enfin ses avantages.

Dans le prochain chapitre nous allons représenter l'état de l'art des méthodes les plus utilisées pour la détection et le suivi des objets en mouvement.

II Chapitre 2

Contexte : Etat de l'art

SOMMAIRE

II.1	INTRODUCTION	9
II.2	DETECTION D'OBJETS EN MOUVEMENT	9
II.2.1	REPRESENTATION D'UNE VIDEO.....	9
II.2.2	LA DIFFERENCE TEMPORELLE.....	10
II.2.3	FLUX OPTIQUE.....	11
II.2.4	SOUSTRACTION DE L'ARRIERE-PLAN	12
II.2.5	ELIMINATION DES OMBRES.....	14
II.3	LE SUIVI DES OBJETS	15
II.3.1	SUIVI DE SILHOUETTE.....	15
II.3.2	SUIVI DE NOYAUX	16
II.3.3	SUIVI DE POINTS	16
II.4	CONCLUSION.....	16

II.1 Introduction

Dans ce chapitre, nous allons citer les différentes méthodes existes pour détecter un objet en mouvement, puis nous présenterons les méthodes de suivi des objets.

II.2 Détection d'objets en mouvement

La détection du mouvement constitue la première étape d'un système de vidéo-surveillance, elle permet de détecter les objets mobiles sur la scène. C'est une étape critique et difficile car, elle doit être robuste aux variations de la luminosité de la scène et la présence des ombres. Il existe différentes méthodes de détection du mouvement que l'on peut donner certaines d'entre elles par la suite.

II.2.1 Représentation d'une vidéo

Une vidéo peut être considérée comme une séquence d'images dont chacune contient une vue statique des scènes qui s'y déroulent. Ces images, ou trames, sont prises dans des intervalles réguliers et très courts (30 images par seconde). Les trames sont des images à deux dimensions $X = (x, y)$ et l'axe temporel t constitue la troisième dimension. [KH, 2012]

La figure II.1 est une illustration de la représentation compacte d'une vidéo avec une superposition des trames qui la composent.

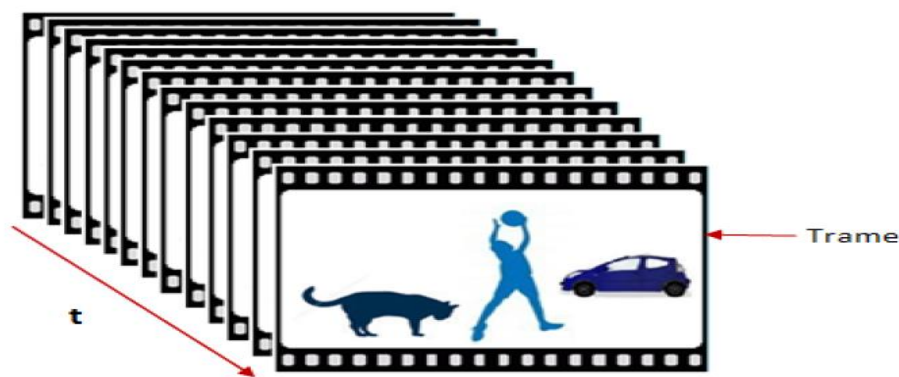


Figure II-1 Représentation compacte d'une vidéo, T représente l'axe temporel [KH, 2012].

Chaque trame de cette vidéo peut donc être utilisée dans les opérations de prétraitement. Ces opérations de prétraitement ont pour but de détecter les objets en mouvement dans la vidéo.

La détection d'objets en mouvement dans la vidéo utilise des méthodes de segmentation du mouvement dans le but de marquer les régions des trames correspondant aux objets en mouvement. Nous présentons dans la section suivante les méthodes de segmentation du mouvement que nous pouvons les utiliser dans notre travail.

II.2.2 La différence temporelle

La différence entre deux images consécutives représente une solution très intéressante. Comme son nom l'indique, elle consiste à soustraire une image acquise au temps T_n d'une autre au temps T_{n+k} , où k est habituellement égal à 1. Ainsi, l'image résultante sera vide si aucun mouvement ne s'est produit pendant l'intervalle du temps observé car l'intensité et la couleur des pixels seront presque identiques. Par contre, si du mouvement a lieu dans le champ de vision, la différence d'images correspondant aux pixels frontières des objets en déplacement devraient changer drastiquement de valeurs, révélant alors la présence d'activité dans la scène. Cette technique nécessite très peu de ressources, car aucun modèle n'est nécessaire. [MP, 2003]

Cela implique qu'il n'y a pas de phase d'initialisation obligatoire avec une scène statique, ce qui procure une très grande flexibilité d'utilisation. De plus, une opération de soustraction d'images requiert très peu de puissance de calcul, lui conférant un avantage supplémentaire. Par ailleurs, les résultats obtenus avec cette méthode ne sont pas aussi éloquents que ceux générés en utilisant un modèle statistique de l'arrière-plan. En effet, certains traitements supplémentaires sont nécessaires afin de déterminer la zone en mouvement, car l'information disponible ne concerne que les contours des régions en déplacement (ce qui inclut également les zones intérieures d'un objet). [MP, 2003]



Figure II-2 Exemple de détection du mouvement avec la méthode de soustraction d'images consécutives [DM, 2012]

Avantages

- Adapte le changement de la scène.
- Détecte la région de mouvement. [MN, 2015]

Inconvénients

- Ne permet pas de détecter le mouvement dans les zones uniformes intérieures à l'objet.
- Ne fonctionne pas dans plusieurs cas, pour différentes raisons, telles que : la présence de bruit du capteur et les changements de luminosité de la scène qui modifient les intensités des pixels. [MN, 2015]

II.2.3 Flux optique

Le flux optique est un champ de vecteur des vitesses apparentes des objets de la scène sur le plan image (Figure II.3). Il permet de déterminer le mouvement de chaque pixel appartenant à une image de la séquence d'images.

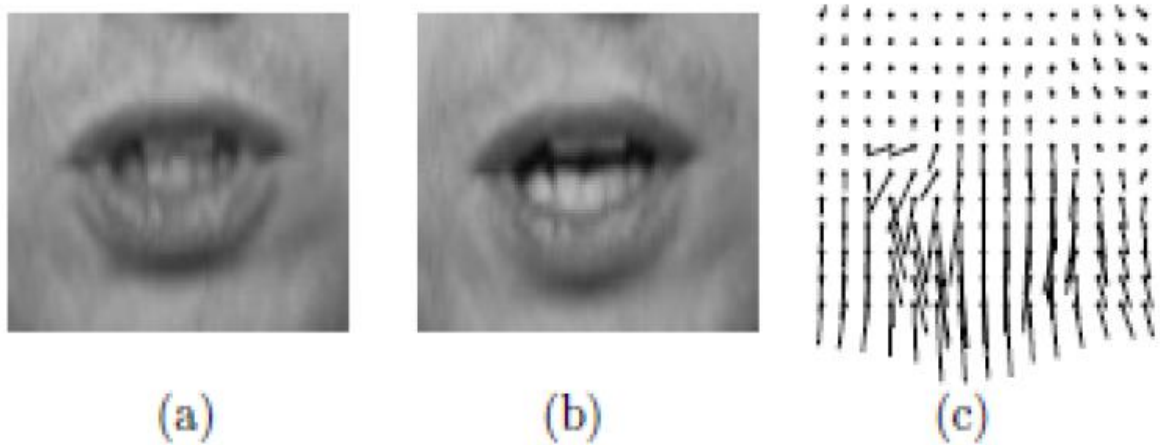


Figure II-3 Le flux optique, (a et b) Région de la bouche sur deux images consécutives, (c) Champ de vecteur de vitesses.

L'estimation du flux optique est basée sur l'hypothèse de l'intensité constante c.-à-d. que l'intensité observée d'un objet ne change pas lorsque celui-ci est en mouvement. Cette hypothèse est valable pour les objets à modèle de réflectance lambertienne avec un faible mouvement. Cette méthode suppose donc, que le mouvement est instantané et faible d'une image à l'autre et que les changements observés entre deux images sont uniquement causés par le mouvement. [NV, 2007]

Avantages

- Leurs résultats ne sont pas affectés par les changements soudains de l'éclairage.

Inconvénients

- Somme importante de calculs à réaliser pour détecter du mouvement

II.2.4 Soustraction de l'arrière-plan

L'image de l'arrière-plan d'une scène contient les éléments statiques de cette scène, c'est la représentation de l'environnement dans lequel les objets évoluent. Cette image est

considérée comme une image de référence qui se soustrait de chaque image de la séquence afin d'extraire les objets en mouvement.

Cette méthode dans sa version simple, consiste à faire la différence des intensités des pixels $I(x, y, t)$ d'une image I prise à l'instant t , par rapport aux intensités des pixels $B(x, y)$ d'une image de référence d'arrière-plan B , où il n'y a pas de mouvement (figure II-4). [DM, 2012]

Elle permet de détecter les pixels (x, y) ayant subi un changement d'intensité significatif. Ces pixels forment les objets en mouvement. Cela est modélisé par :

$$\text{Si } |I(x, y, t) - B(x, y)| > \tau$$

Alors le pixel (x, y) de I à l'instant t est en mouvement

Sinon le pixel (x, y) appartient à l'arrière-plan

Avec τ un seuil fixé manuellement.



Figure II-5 présentation de La méthode de soustraction de fond.

Avantages

- Cette méthode détecte les objets si elles sont arrêtées.
- Détecte l'objet complètement.

Inconvénients

- Le seuillage rend cette méthode peu robuste et les problèmes liés au bruit et aux changements de la luminosité demeurent présents dans cette méthode.
- La difficulté de choisir le meilleur seuil pour obtenir un bon résultat.

II.2.5 Elimination des ombres

Durant l'opération de segmentation des objets, les ombres générés par le déplacement d'objets peuvent créer d'importants problèmes, car le système est incapable de différencier un objet réel de son ombre. Ce changement d'intensité, provoque une mauvaise segmentation des objets en mouvement. Des chercheurs ont proposé des approches d'élimination d'ombres basées sur l'information couleur.

Parmi les méthodes d'élimination des ombres la méthode ACE, dans ce dernier l'auteur a utilisé les 3 composantes RGB (Red-Green-Blue) normalisées afin de supprimer les zones ombrées. L'application de ce principe sur le masque transformé est comme suit : Lorsqu'un ombre est observé, la valeur d'intensité diminue de manière indicative, alors que la valeur de la couleur normalisée ne subit pas de changement.

Les pixels de l'avant-plan, ayant des valeurs d'intensité différentes de ceux du fond, et des valeurs de couleurs normalisées plus proches des valeurs de fond, sont considérés faisant partie d'une zone ombrée (voire l'équation suivante). [AZ, 2010]

$$I_s(x, y) = \alpha I(x, y) \quad \alpha < 1$$

Où $I(x, y)$ est la valeur de l'intensité au point (x, y) et l'indice s indique la valeur après détection d'ombre.

II.3 Le suivi des objets

Le suivi d'objet en mouvement peut être défini comme étant la localisation spatio-temporelle d'un objet en mouvement au cours d'une séquence vidéo, où un objet est une zone de l'image qui peut être modélisée par des contours, silhouettes, primitives géométriques(rectangle englobant l'objet d'intérêt) ou encore par le point central.

Dans ce qui suit, nous présentons l'état de l'art des méthodes de suivi d'objets en mouvement. Nous ne détaillons pas ici les différents algorithmes mais nous donnons les avantages, les inconvénients et les domaines d'application des différentes familles de méthodes.

II.3.1 Suivi de silhouette

La représentation d'un tel objet par une silhouette permet de tenir compte précisément de la forme de l'objet. Le but des méthodes de suivi fondées sur l'utilisation de silhouettes est d'estimer la silhouette des objets d'intérêt pour chaque image de la vidéo. Cette approche est également connue sous le nom de segmentation d'images.

La segmentation d'images est une opération de traitement d'images qui a pour but de rassembler des pixels entre eux suivant des critères prédéfinis. Les pixels sont ainsi regroupés en régions qui constituent une partition de l'image. Il s'agit en général de séparer les objets du fond. Si le nombre de classes est égal à deux, elle est appelée aussi binarisation. Si l'homme sait naturellement séparer des objets dans une image, c'est grâce à des connaissances de haut niveau fondées sur la compréhension des objets et de la scène, compréhension liée à l'apprentissage.

Mettre au point des algorithmes de segmentation utilisant une information sémantique pour chaque région de l'image est encore un des thèmes de recherche les plus courants en traitement d'images. [GV, 2008]

II.3.2 Suivi de noyaux

Les méthodes de suivi de noyaux représentent l'objet à suivre par un rectangle, ellipse. L'objet à suivre est représenté par un histogramme pondéré calculé sur une région elliptique contenant l'objet. La localisation de l'objet se fait à l'aide du procédé 'Mean-Shift' qui tente à maximiser itérativement la similarité d'apparence en comparant les histogrammes de l'objet et une fenêtre candidate.

Le principal avantage de cette méthode est qu'elle permet d'estimer la position de l'objet en un nombre restreint d'itérations. Toutefois, dans le cas d'une scène contenant des objets ayant les mêmes distributions de couleurs et occupant des régions très proches, l'estimation sera ambiguë. Afin de contourner une telle ambiguïté, pour cela on a utilisé une famille d'histogrammes élaborés à différentes échelles d'une image. [KH, 2012]

II.3.3 Suivi de points

L'objet est représenté par un point qui est son centroïde ou par un ensemble de points. Généralement, cette représentation par points convient pour suivre des objets qui occupent de petites régions dans une image. Dans le cas où, à chaque instant, toutes les cibles visibles peuvent être détectées de façon fiable et rapide, le problème de suivi peut être défini comme un problème d'appariement de détections entre images successives. Dans cette catégorie, les approches peuvent être déterministes ou probabilistes. [GV, 2008]

II.4 Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons présenté les différentes méthodes de détection du mouvement et les avantages et les inconvénients de chacun. Ensuite, nous avons cité les différentes méthodes de suivi.

Dans le prochain chapitre, nous aurons donné notre contribution qui représente la solution proposée pour la détection et le suivi d'un objet en mouvement dans une séquence d'images.

III Chapitre 3

Contexte : Contribution

SOMMAIRE

III.1	INTRODUCTION	19
III.2	MODELE DE DETECTION PROPOSE	19
III.2.1	MODELISATION DE L'ARRIERE-PLAN	20
III.2.2	SOUSTRACTION DE L'ARRIERE-PLAN	20
III.2.3	SEGMENTATION DE MOUVEMENT UTILISANT FLUX OPTIQUE	22
III.2.4	SUPPRESSION DE L'OMBRE EN UTILISANT HSV ESPACE COULEUR	22
III.3	MODELE DE SUIVI PROPOSE	25
III.3.1	SELECTION DES OBJETS A SUIVRE	25
III.3.2	SUIVI DE L'OBJET SELECTIONNE	26
III.3.3	ESTIMATION DE TRAJECTOIRE	27
III.3.3.1	FILTRE DE KALMAN	28
III.4	CONCLUSION	28

III.1 Introduction

Il y en a deux contributions faites dans ce travail. Tout d'abord des scénarios de changement d'illumination soudaine étaient traités par extraction du premier plan à l'aide de l'analyse de flou optique. Deuxièmement, le module de suppression d'ombre a été inclus pour rendre l'algorithme plus robuste aux ombres qui étaient faussement classés comme des objets.

Les algorithmes classiques de soustraction de fond ont échoué à fonctionner dans les scénarios de distorsions photométriques graves. Dans l'hypothèse où l'objet est en mouvement pendant le changement d'illumination soudaine qui a le plus grand mouvement dans la scène, l'analyse du flux optique est utilisée pour extraire l'avant-plan. Le seuillage de l'amplitude du vecteur de mouvement est fait pour l'extraction de l'objet.

Les Méthodes de soustraction de fond typiques sont en proie au problème des ombres. Les ombres sont généralement mal classés comme des objets. Cela conduit à des distorsions des caractéristiques de l'objet comme zone, barycentre, la forme et d'autres caractéristiques. Dans notre travail, le module de suppression d'ombre est incorporé dans l'algorithme. Le Modèle d'espace couleur HSV est utilisé pour cette technique.

III.2 Modèle de détection Proposé

Le modèle de détection d'objet proposé prend quelques images initiales pour modéliser l'arrière-plan. Les objets de l'avant-plan peuvent être détectés dans toutes les trames par comparaison avec le modèle développé. Le modèle proposé est assez capable de filtrer les ombres associées à l'objet qui peuvent être faussement classés comme avant-plan. Les objets détectés peuvent être utilisés pour effectuer des tâches cognitives supérieures comme le suivi ou l'analyse de l'objet.

III.2.1 Modélisation de l'arrière-plan

Dans cette phase, quelques cadres départ sont utilisés pour la construction du modèle d'arrière-plan. Pour chaque pixel, une fenêtre est considérée qui stocke les valeurs de pixels dans certains nombre d'images. Classification des pixels stationnaires ou non stationnaires se fait sur la base de leur écart par rapport à la moyenne des valeurs de pixels rassemblées à travers la fenêtre. Ensuite, tous les pixels stationnaires sont utilisés pour le développement du modèle d'arrière-plan. Enfin, un ensemble des valeurs est défini pour chaque pixel d'arrière-plan.

III.2.2 Soustraction de l'arrière-plan

Cette méthode est utilisée pour extraire les objets de l'avant-plan, elle est basée sur un seuillage local. Chaque pixel d'arrière-plan a un ensemble des valeurs défini dans la phase de modélisation. Notamment, Cet ensemble des valeurs maximales et valeurs minimales sont sélectionnés pour former les seuils pour chaque pixel. Les seuils minimums et maximums sont définis pour chaque pixel d'arrière-plan. Ces limites atténuent le problème d'ombres et de la surexposition. Le seuil minimal prend soin des ombres légères faussement détecté comme des objets. Le seuil maximal supprime l'éblouissement de sorte qu'il ne soit pas mal classé comme objet. Cela prend également en charge du mouvement périodique des éléments d'arrière-plan.

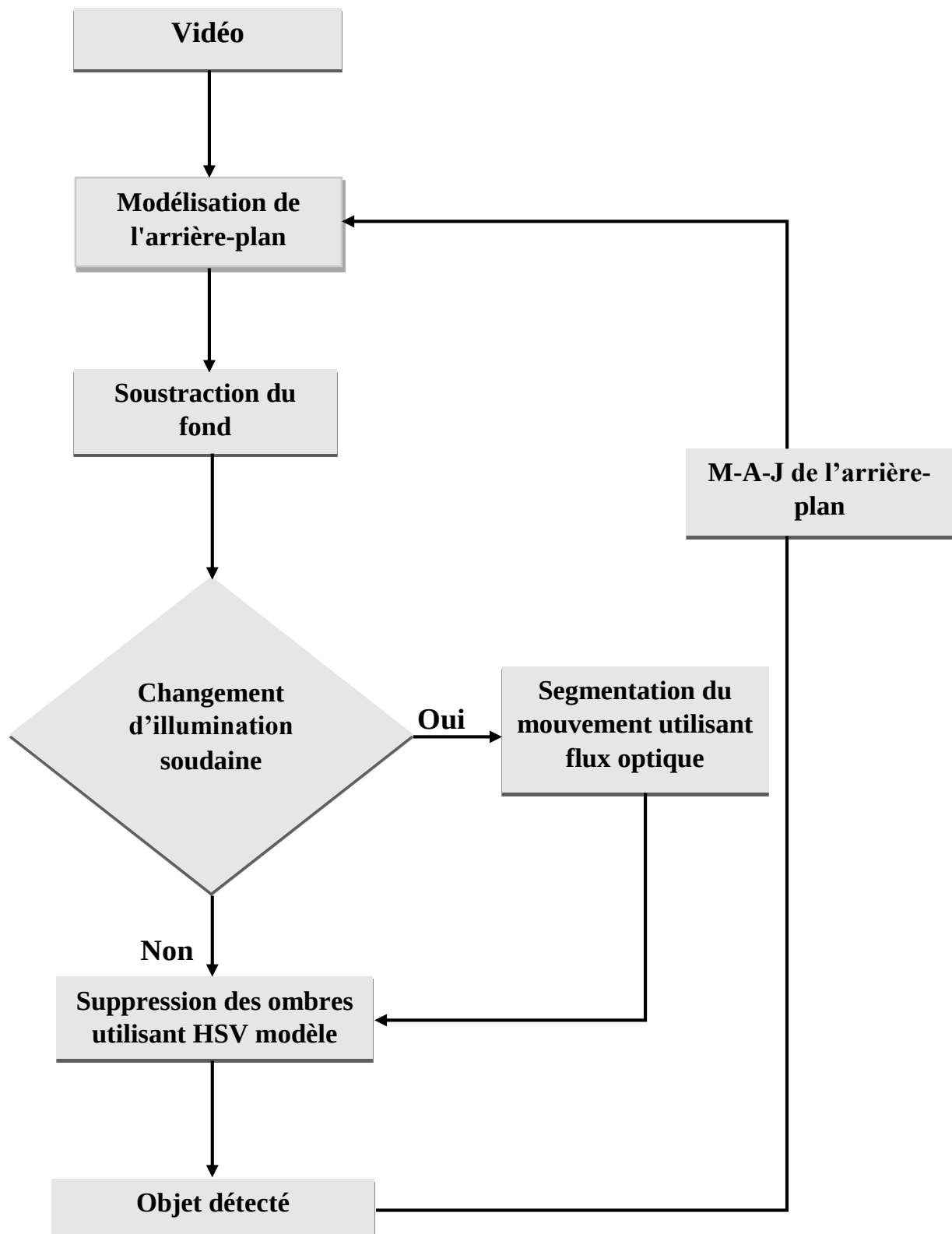


Figure III-1 Modèle proposé pour la détection d'Objet

III.2.3 Segmentation de mouvement utilisant flux optique

Le schéma précédent n'a pas donné une performance efficace pendant les distorsions photométriques. Dans ce cas, il est très difficile de développer un modèle d'arrière-plan précis qui permet d'extraire les objets de manière efficace. Dans notre travail, le flux optique est utilisé pour extraire les régions en mouvement de la scène au cours de ces changements d'illumination soudaine. Bien que le flux optique fonctionne lorsque la contrainte luminosité de constance est satisfait, en utilisant cette méthode dans telles circonstances donne un meilleur résultat que le seuillage local basé sur la soustraction de fond. L'opération du flux optique est tout à fait de calcul intensif. L'opération du flux optique se fait uniquement pendant les distorsions photométriques soudaines, où la majorité des pixels sont faussement détectés en tant que avant-plan.

III.2.4 Suppression de l'ombre en utilisant l'espace couleur HSV

Bien que la méthode soustraction du fond basée sur un seuillage local supprime les ombres faibles dans l'arrière-plan de la scène, il ne parvient pas à le faire en cas de fortes ombres. Dans de tels scénarios, l'espace colorimétrique HSV est utilisé car, il est plus élastique à la variation d'illumination par rapport à l'espace de couleur RVB.

Les détails de l'algorithme sont décrits ci-dessous.

Algorithme III.1 Soustraction de l'arrière-plan

```

1 Début
2   Pour i = 1 à hauteur de la trame faire
3     Pour j = 1 à largeur de la trame faire
4       Seuil  $T(i, j) = [M(i, j) + N(i, j)] \div C$ 
5        $TL(i, j) = M(i, j) - T(i, j)$ 
6        $TU(i, j) = M(i, j) + T(i, j)$ 
7       Si  $TL(i, j) \leq f(i, j) \leq TU(i, j)$  Alors
8          $S_f(i, j) = 0$  // pixel de Arrière-plan
9       Sinon
10         $S_f(i, j) = 1$  //pixel de premier plan
11   Fin
```

Algorithme III.2 Utilisation de flux optique

```

1 Début
2   pour i = 1 à hauteur du trame faire
3   pour j = 1 à largeur du trame faire
4     Si  $S_f(i, j) = 1$  Alors           // pixel de premier plan
5       count = count + 1           //Compter le nombre total des pixels d'objet
6       POD = count ÷ [(Hauteur)*(frame)]
                                     // POD Pourcentage d'Objet Détecté
7   SI POD ≥ Tdp Alors
8   // si la plupart des pixels sont détectés comme objet
9      $S_f = \text{Seuildefluxoptique}(S_f, S_{f-1})$ 
10  Fin

```

Algorithme III.3 Suppression des Ombres

```

1 Début
2   Pour i = 1 à hauteur de la trame faire
3   Pour j = 1 à largeur de la trame faire
4     Si  $S_f(i, j) = 1$  Alors
5       //Si pixel de premier plan
6       ratio SVf (i, j) ÷ BVf (i, j)
7       diffS = SSf (i, j) – BSf (i, j)
8       diffH = |SHf (i, j) ÷ BHf (i, j) |
9       Si ( $\epsilon > \text{ratio} > \beta$ ) et (diffS <  $T_s$ ) et (diffH <  $T_H$ ) Alors
10      // Ombre détectée avec succès
11       $S_f(i, j) = 0$ 
12      // Fusionner pixel d'ombre avec un fond
13  Fin

```

Initialement pour le développement du modèle de base, nous avons besoin de trouver les pixels fixes dans le démarrage de quelques images. Pour chaque pixel, une fenêtre des trames est prise en considération. La distribution des pixels est stockée dans un vecteur V. Si la moitié des pixels dans ce vecteur dévie de sa moyenne à l'intérieur d'un seuil défini par la moitié de la taille de la fenêtre fois l'écart type, alors le pixel central est classé comme stationnaire.

Dans mode similaire, tous les pixels fixes sont accumulés. Par la suite, pour chaque pixel fixe, sa portée maximale et minimale d'intensité est évaluée. Ces valeurs sont utilisées pour définir des seuils locaux pour chaque pixel. Le seuil inférieur prend soin des ombres légères et de faible intensité du bruit de fond. Alors que le seuil supérieur prend en charge les conditions d'exposition.

En général, lors d'un changement d'illumination soudaine, ce modèle ne parvient pas à détecter des objets avec précision. La plupart des pixels sont faussement détectés comme avant-plan. Cette condition est détectée en évaluant le pourcentage de l'avant-plan extrait par rapport à un seuil T_{dp} ce qui se reflète dans l'algorithme 2. Pour la détection, l'analyse de flux optique est utilisée pour le seuil des trames pour en extraire les régions qui se déplacent entre eux. Ces informations de seuil sont à nouveau stockées vers les trames S_f . suppression de l'ombre se fait en utilisant le fait que l'espace de couleur HSV est plus résistant aux distorsions photométriques par rapport au modèle RGB standard. Pixels d'ombre ont une luminosité plus faible mais chromaticité en comparaison avec les pixels du fond. Pour tous les pixels de avant-plan est détecté, la détection d'ombre méthode est appliquée. $SV(i, j)$ représente la composante de valeur du pixel HSV à la position (x, y) de la trame f de la séquence vidéo S . De la même teinte et les saturations composantes de la trame d'entrée et la trame d'arrière-plan sont représentés. La valeur médiane des quelques premières trames est utilisée comme une estimation correcte le modèle de l'arrière-plan. Seuils comme α , β , TS , TH sont calculés de manière empirique.

III.3 Modèle Proposé pour suivi d'objet

Notre modèle proposé pour le suivi d'objet dans séquence d'images se compose en trois étapes principales Comme il est indiqué dans la figure ci-dessous :

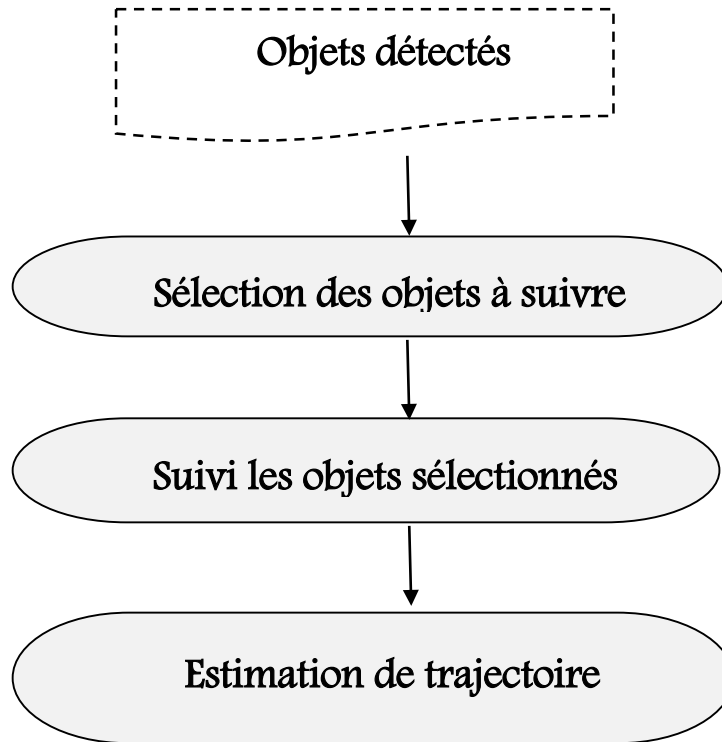


Figure III-2 Modèle proposé pour suivi d'objet

III.3.1 Sélection des objets à suivre

La sélection des objets à suivre repose sur une approche utilisant une segmentation binaire et l'étiquetage des composantes connexes. Pour la détermination des composantes connexes, plusieurs algorithmes peuvent être utilisés à savoir l'étiquetage séquentiel itératif, l'étiquetage séquentiel avec correspondance entre points, l'étiquetage par un parcours en profondeur, etc.

Dans nos expérimentations nous avons utilisé l'algorithme d'étiquetage par un parcours en profondeur (algorithme IV.4).

Algorithme III.4 étiquetage par un parcours en profondeur

```
1 Début
2   Pour chaque x dans V faire // V est l'ensemble des pixels de l'image
3     Etat [x] = non_attend
4   L = 1
5   A-traiter = Vide
6   pour chaque x dans V faire
7     Si Etat[x] = non_attend Alors
8       A-traiter = A-traiter + {x}
9       Etat[x] = Attend
10      Tant que A-traiter est non Vide Faire
11        Y = un élément dans A-traiter
12        A-traiter = A-traiter - {Y}
13      pour Chaque Z de Vs(y) Faire
14        Si z est un point objet et Etat[z] = non_attend Alors
15          A-traiter = A-traiter + {z}
16          Etat[z] = attend
17        Label[y] = Label
18      Etat[y] = Examiner
19  L = L + 1
20 Fin
```

III.3.2 Suivi de l'objet sélectionné

Dans ce travail, nous aborderons la représentation de la forme points dans le suivi des objets en mouvement, où chaque objet est représenté par un point qui est son centre de gravité. La trajectoire d'objet en mouvement dans ce cas est l'interpolation entre les centres de gravité de l'objet détecté dans chaque trame.

L'ensemble des centres de gravité mesurés permet de tracer la trajectoire de l'objet mobile (voir figure III.3).



Figure III-3 L'ensemble des centres de gravité mesurés [DM, 2012]

III.3.3 Estimation de trajectoire

Lorsqu'on segmente un objet dans l'image, ou lorsqu'on mesure sa position il y a toujours lieu aux erreurs. L'objectif est alors de calculer la trajectoire de l'objet en diminuant ces erreurs. Il s'agit alors de l'estimation et de la correction de la trajectoire de l'objet en mouvement.

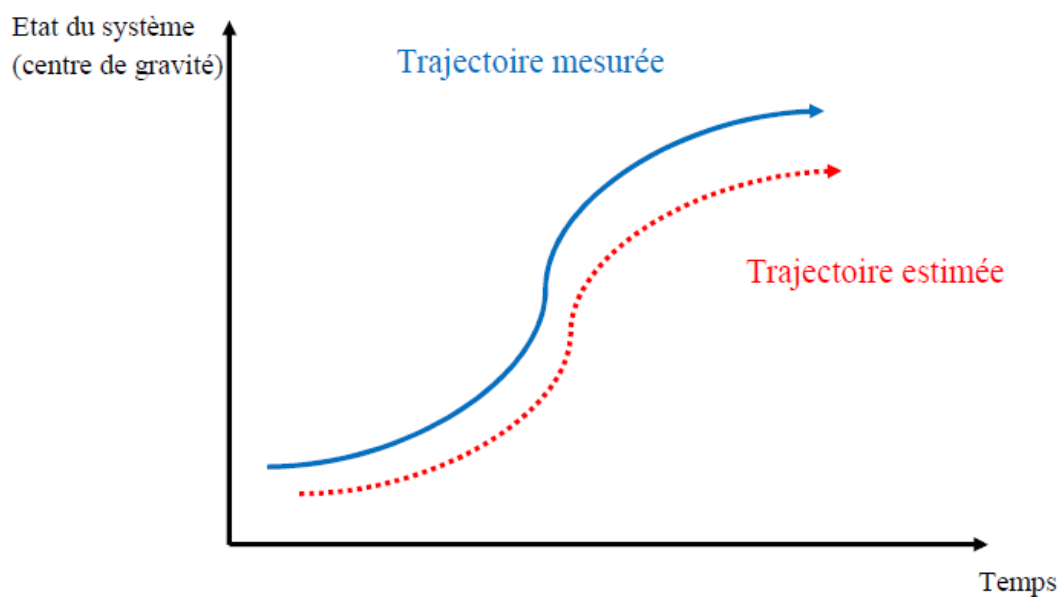


Figure III-4 Trajectoire mesurée/estimée de l'objet mobile [KH, 2012]

Les filtres stochastiques proposent des solutions pour estimer l'état d'un système conditionnellement à l'ensemble des mesures passées (voir la figure III-5). Parmi ces filtres, on propose d'utiliser le filtre de *Kalman*.

III.3.3.1 Filtre de Kalman

Le Filtre de Kalman est une approche statistique, d'assimilation de données, dont le principe est de corriger la trajectoire du modèle en combinant les observations avec l'information fournie par le modèle de façon à minimiser l'erreur entre l'état vrai et l'état filtré.

Le filtre de Kalman regarde un objet quand il se déplace, c'est-à-dire il prend les informations sur l'état de l'objet à ce moment-là. Puis, il utilise ces informations pour prédire où se trouve l'objet dans la prochaine trame. La position de l'objet est corrigée ensuite en considérant la prédiction et aussi l'observation. [KH, 2012]

III.4 Conclusion

Ce chapitre contient notre contribution pour le système de détection et suivi des objets en scène complexe capturé par une caméra fixe dont il possède un arrière-plan statique.

Dans le prochain chapitre, nous allons présenter les résultats expérimentaux de notre contribution pour la détection et le suivi d'un objet en mouvement dans une séquence d'images.

IV Chapitre 4

Contexte: Résultats expérimentaux

SOMMAIRE

IV.1	INTRODUCTION.....	30
IV.2	ENVIRONNEMENT DE TRAVAIL	30
IV.2.1	LE LANGAGE DE PROGRAMMATION JAVA	30
IV.2.2	NETBEANS IDE 8.0 :.....	30
IV.2.3	OPENCV 3.1.0	31
IV.3	INTERFACES ET RESULTATS	31
IV.4	CONCLUSION	34

IV.1 Introduction

Dans le chapitre précédent, nous avons présenté notre contribution proposée pour le système de détection et suivi d'objet en mouvement. Dans ce chapitre, nous allons présenter la mise en œuvre de notre application, tel que le langage de programmation et les outils du développement. Ensuite, nous présenterons quelques résultats concernant la détection et le suivi.

IV.2 Environnement de travail

IV.2.1 Le langage de programmation java

Java est un langage de programmation informatique orienté objet et un environnement d'exécution informatique portable créé par James Gosling et Patrick Naughton employés de Sun Microsystems avec le soutien de Bill Joy (cofondateur de Sun Microsystems en 1982), présenté officiellement le 23 mai 1995 au SunWorld [KA, 2014].

Java est à la fois un langage de programmation et un environnement d'exécution. Le langage Java a la particularité principale que les logiciels écrits avec ce dernier sont très facilement portables sur plusieurs systèmes d'exploitation tels que : Unix, Microsoft Windows, Mac OS ou Linux avec peu ou pas de modifications... C'est la plate-forme qui garantit la portabilité des applications développées en Java.

IV.2.2 NetBeans IDE 8.0

NetBeans est à l'origine un EDI Java qui fut développé par une équipe d'étudiants à Prague racheté ensuite par Sun Microsystems. En 2002 Sun a décidé de rendre NetBeans open-source. NetBeans n'est pas uniquement un EDI Java, c'est également une plateforme qui permet d'écrire des applications Swing ou C++, Python ou autres langages en lui incluant les plugins adéquats. Sa conception est complètement modulaire ce qui fait de lui une boîte à outils facilement améliorable ou modifiable.

La License de NetBeans permet de l'utiliser gratuitement à des fins commerciales ou non. Elle permet de développer tous types d'applications basées sur la plateforme NetBeans.

IV.2.3 Opencv 3.1.0

Pour ce qui concerne la partie de traitement d'images nous avons utilisé une bibliothèque appelée OPENCV (Open Source Computer Vision), comme son nom le suggère, OPENCV est une bibliothèque dédiée totalement à la vision par ordinateur ce qui signifie traitements des images, matrices, vidéos,..., Données visuelles.

Opencv est très fortement influencée par les avancées de la recherche dans ce domaine, car il s'agit de la bibliothèque d'INTEL c'est-à-dire : une bibliothèque créée « par des chercheurs, pour les chercheurs » en fin d'année 2010, elle a dépassé 3 millions de téléchargements. Le choix de cette bibliothèque c'est qu'elle est « gratuite », « libre » et « multiplateformes » et elle est utilisée en Java, C++ et Python, ce qui va nous permettre de l'utiliser aussi bien sous Windows, sous GNU/Linux OS.

IV.3 Interfaces et résultats

Dans cette partie, nous allons présenter l'interface de notre application et quelques résultats de l'étape de la détection et du suivi.

Tout d'abord, l'utilisateur de notre application doit sélectionner la source de vidéo, soit à partir d'un fichier vidéo dans l'ordinateur ou via une vidéo filmée par la webcam de l'ordinateur. La figure suivante représente l'interface de notre application.

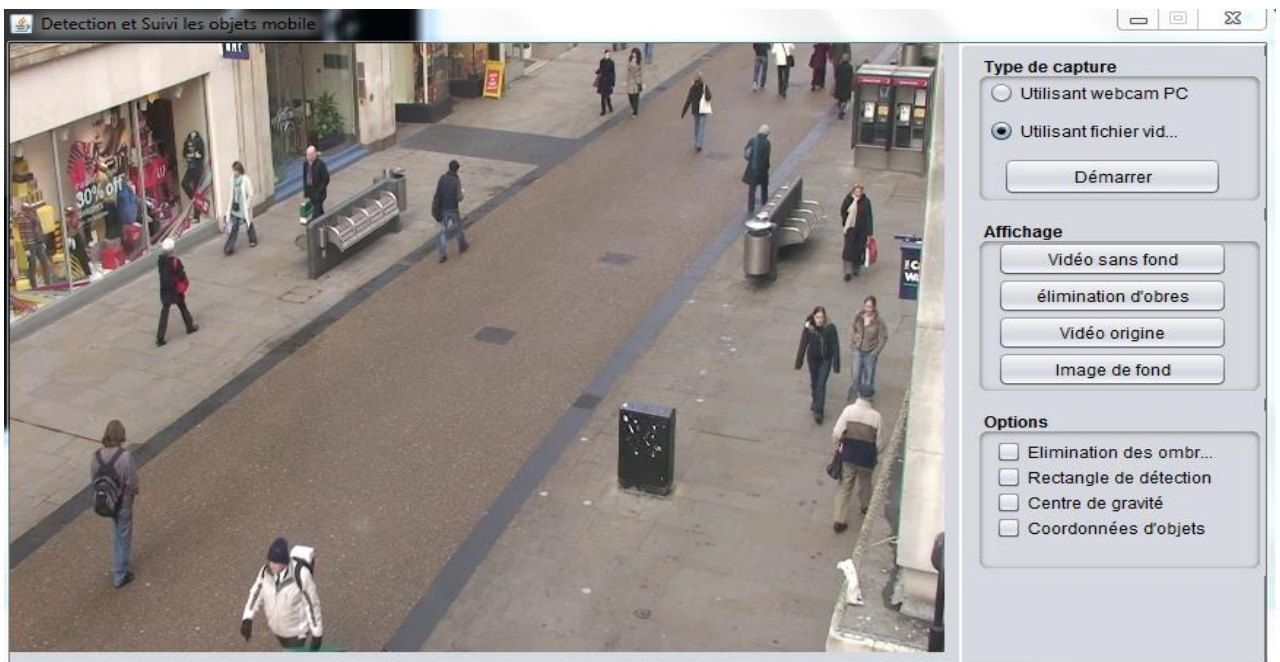


Figure IV-1 Interface principale de l'application

La première étape de notre système est de soustraire le fond de l'image puis éliminer des ombres pour extraire les régions mouvants.

Les figures (IV.2) et (IV.3) représentent le résultat de notre application pour l'opération de soustraction de fond avant et après l'opération de l'élimination des ombres.

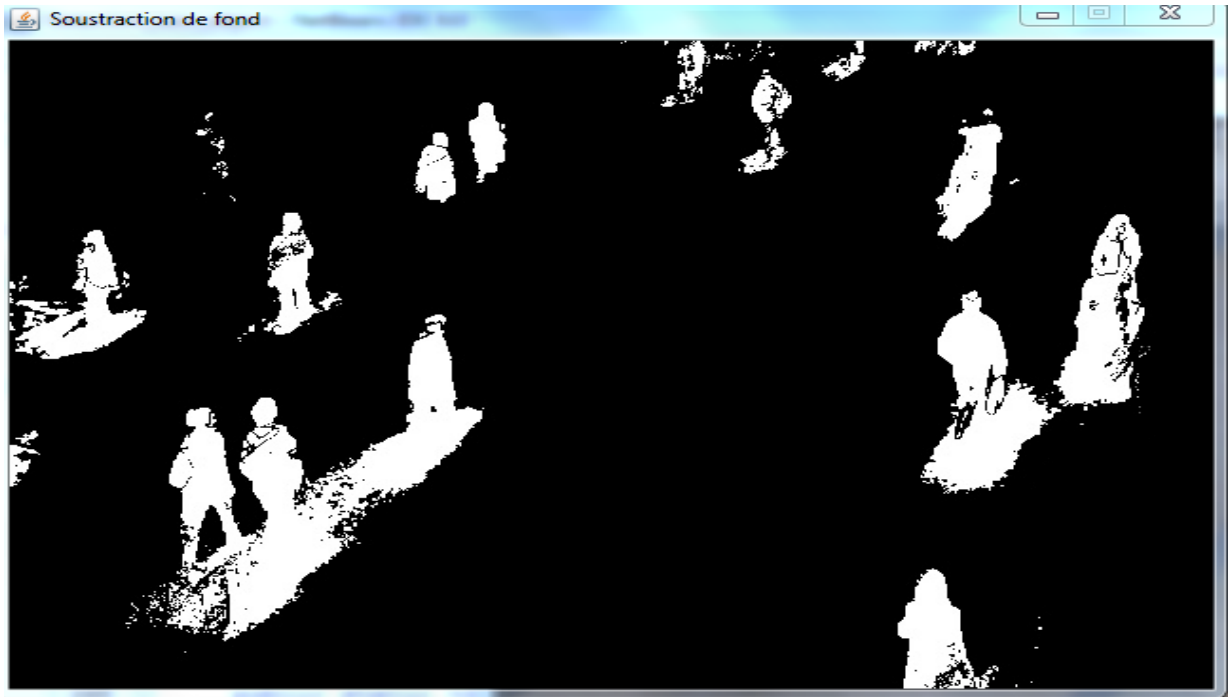


Figure IV-2 Le résultat de la soustraction de fond



Figure IV-3 Le résultat de l'illimitation des ombres

La prochaine étape est la détection de mouvement, c'est la plus importante de notre système. Le résultat de notre application pour cette dernière étape est représenté dans la figure (IV.4).

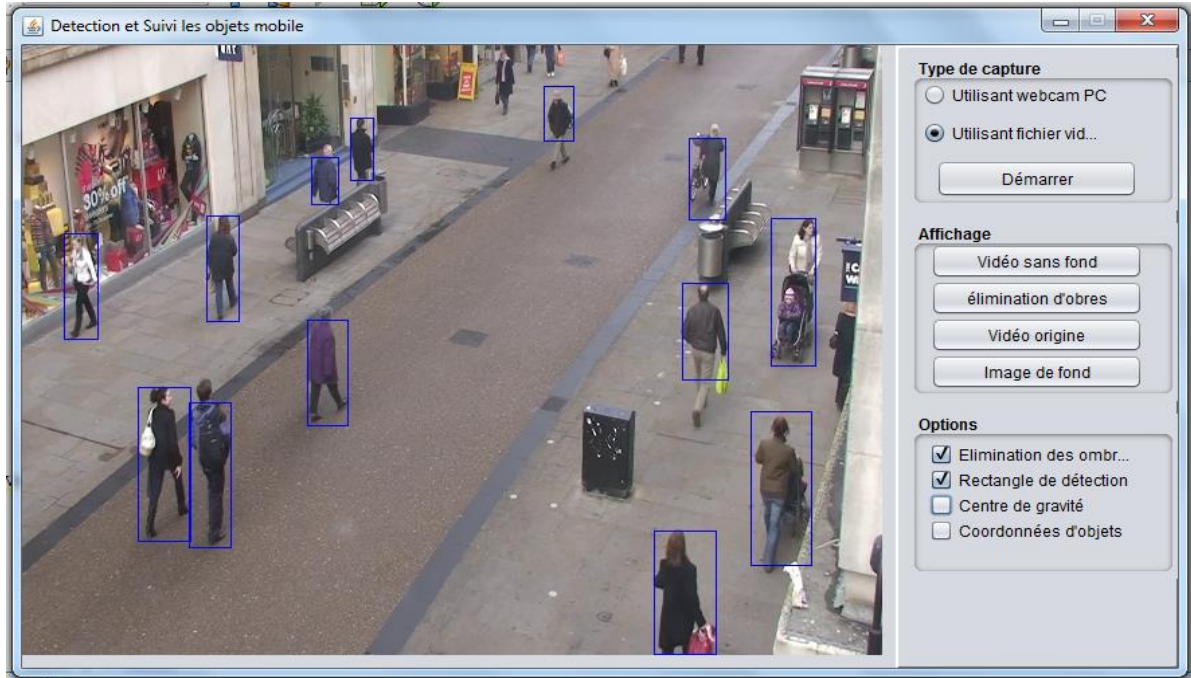


Figure IV-4 Le résultat de détection de mouvement

L'étape suivante est la nomination du centre de gravité de chaque objet qui a été découvert dans l'image. Dans notre système, les centres de gravité sont représentés par un point rouge. (Voir la figure IV.5)



Figure IV-5 Le résultat de nomination du centre de gravité

Et enfin, la dernière étape dans le nôtre système est le suivi des objets détectés à partir de la coordination temporelle de leurs centres de gravité à chaque instance.

Le résultat de cette dernière étape est représenté dans la figure (IV.6).

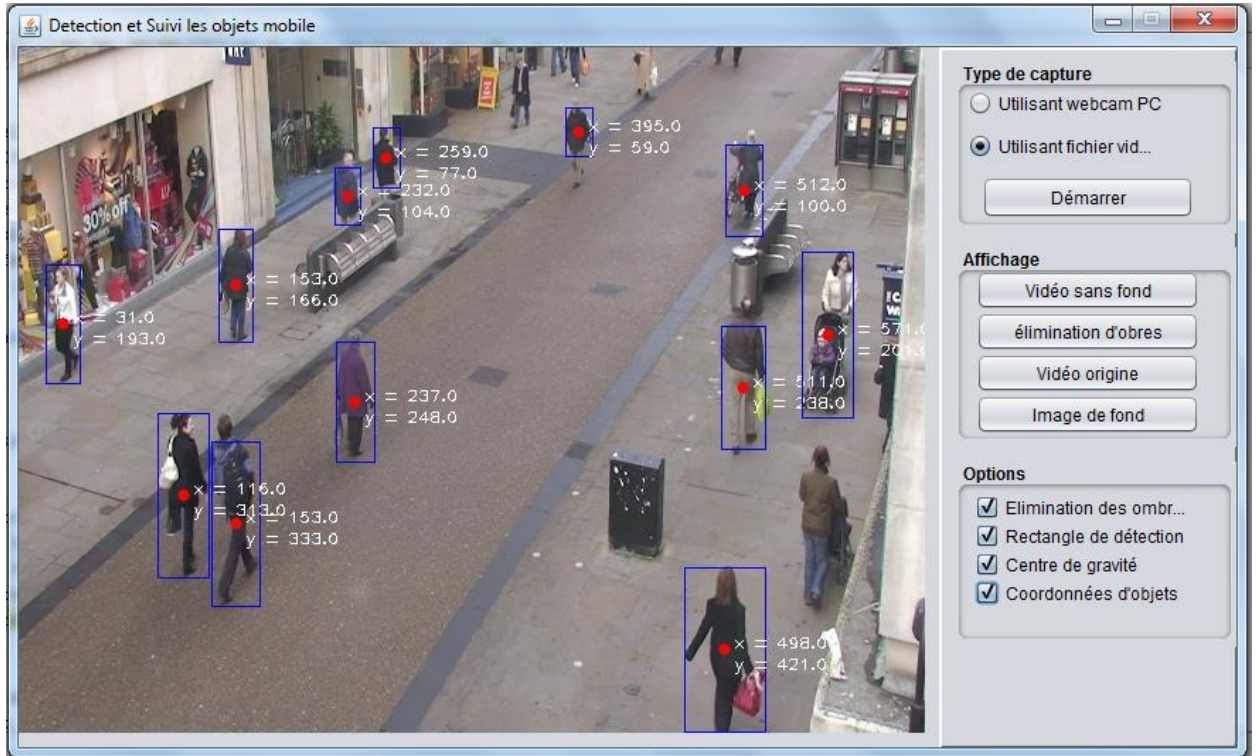


Figure IV-6 Le résultat de suivi des objets mouvant

IV.4 Conclusion

Dans ce chapitre, on a cité les outils qui nous avons utilisé pour développer notre application ensuite, nous avons présenté leurs interfaces et quelques résultats expérimentaux concernant les techniques de la détection et le suivi du objet en mouvement.

V Conclusion générale et perspectives

Ce travail traite du suivi d'objets en mouvement dans une séquence d'images. L'objectif est de définir un ensemble d'opérations qui peuvent être utilisées quel que soit l'environnement d'application du système de suivi. L'étude de plusieurs exemples nous a permis d'identifier deux étapes fondamentales : la détection de mouvement et la modélisation des déplacements.

En présence d'un grand nombre de problèmes qui dérangent la détection comme le changement soudain de l'éclairage, les ombres des objets, les bruits de capteur...etc. C'est pourquoi, nous avons également passé en revue les différentes méthodes de détection et de suivi qui ont déjà été utilisées pour l'analyse d'images.

Nous avons proposé un modèle pour la détection d'objet en mouvement. Ce modèle est basé sur la technique classique de soustraction en utilisant un seuil local pour extraire des objets à partir de la séquence vidéo. Pendant les changements soudains d'illumination, l'analyse de flux optique est utilisée pour la segmentation de mouvement. Par la suite, l'espace de couleur HSV est utilisé pour la suppression des ombres. La détection et la suppression des ombres sont faites pour améliorer les résultats.

Ensuite, Nous avons proposé un modèle pour suivre des d'objet. Ce modèle est basé sur le résultat du modèle précédent. La première phase de ce dernier est l'étiquette des objets à détecter puis, trouver les centres de gravité de chacun. Les coordonnées du centre de gravité dans les séquences d'image représentent la trajectoire de l'objet. Dans ce modèle, nous proposons le filtre stochastique de Kalman pour l'estimation des trajectoires.

Conclusion et perspectives

Dans le futur, il sera intéressant de terminer le projet, de reprendre le travail effectué et de le compléter afin de pouvoir reconnaître les personnes à capturer. Élargir les types de vidéo, travailler avec une caméra qui n'est pas fixe pourrait être intéressant. Cet objectif ne faisait pas parti des objectifs principaux mais il permettrait de travailler avec d'autres vidéos, nous ne serions pas limité. Le problème est que certains algorithmes étudiés seraient inutilisables dans ces cas, en particulier celles qui utilisent un "background". Pour cela, il serait envisageable d'étudier de nouveaux algorithmes qui pourraient améliorer les résultats d'un type de vidéo ou d'objet.

Bibliographie

- [AZ, 2010] Ahmed ZIANI, Université du Littoral Cote d'Opale, " Interprétation en temps réel de séquence vidéo par exploitation des modèles graphiques probabilistes ", 2010
- [DM, 2012] Djamila Mokhtari, Université de Montréal Département d'Informatique et de Recherche Opérationnelle Faculté des Arts et des Sciences, " Détection des chutes par calcul Homographique ", Août 2012.
- [GV, 2008] Garcia Vincent, Université de Nice, Sciences et Technologies de l'Information et de la Communication," Suivi d'objets d'intérêt dans une séquence images es points saillants aux mesures statistiques", Décembre 2008
- [JM, 2011] Jean-Baptiste Milési, Université de Strasbourg Faculté de Droit, "Evolution du régime juridique et mutation de la technique de vidéo-surveillance", 2011
- [KH, 2012] Khalid HOUSNI, UNIVERSITE IBN ZOHR FACULTE DES SCIENCES," Analyse d'événements dans une vidéo par les coupes de graphes ", 2012
- [MP, 2003] Marc Parizeau, UNIVERSITÉ LAVAL, " Système D'identification De Personnes Par vision Numérique», Décembre 2003
- [NV, 2007] NICOLAS VERBEKE, Université PARIS DESCARTES," Suivi d'objets en mouvement dans une séquence vidéo", décembre 2007
- [PPTD, 2015] PPTD, "Aide-mémoire pour l'installation d'une vidéo-surveillance ", 2015
- [PUSB, 2012] Protect US Security's Blog , "important benefits of video surveillance ", Janvier 2012
- [MN, 2015] Brougui Manel et Boumaraf Nesrine, "Détection et suivi d'un objet suspect dans le contexte de vidéosurveillance", 2015