

Real-time multi-target tracking:

A study on color-texture covariance matrices and descriptor/operator switching.

Andrés Romero Mier y Terán
andres.romero@lri.fr

Directeur de thèse:

Lionel Lacassagne, Laboratoire de Recherche en Informatique, Orsay, France.

Co-encadrante:

Michèle Gouiffès, Laboratoire d'Informatique pour la Mécanique
et les Sciences de l'Ingénieur (LIMSI), Orsay, France.

Jury:

Guy Gogniat, Université de Bretagne-Sud, France.

Alice Caplier, Grenoble-INP, France.

Alain Trémeau, Université Jean Monnet, Saint Etienne, France.

Thierry Chateau, Université Blaise Pascal, Clermont-Ferrand, France.

Grégory Ligny, Consultant Senior chez Thales University Consulting.

Introduction

Introduction :

- ▶ Émergence des systèmes embarqués et mobiles



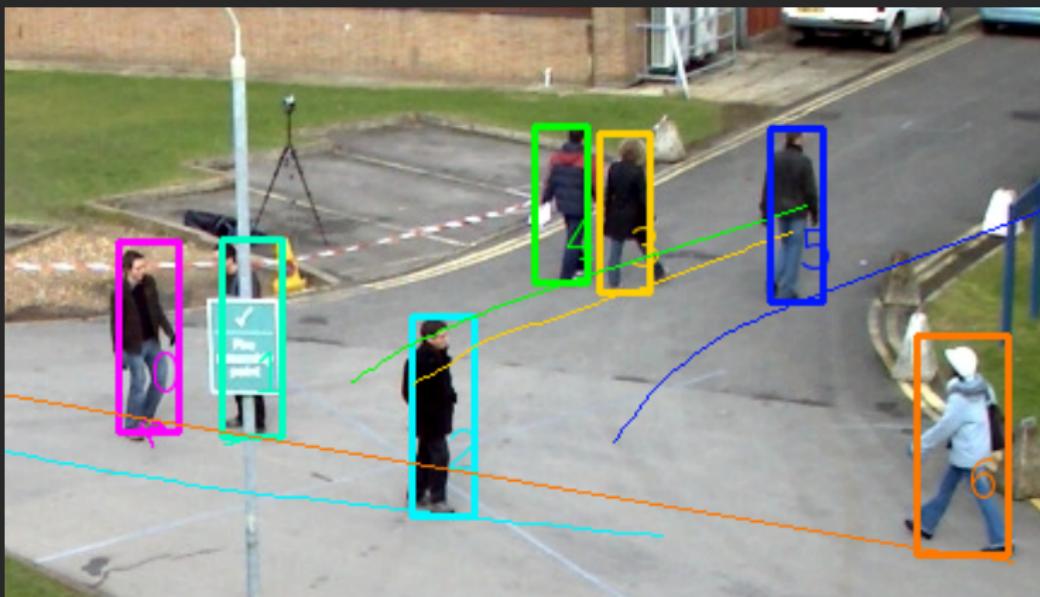
- ▶ Domaines d'applications variés
 - ▶ Robotique, jeux vidéos
 - ▶ Réalité augmentée
 - ▶ Analyse du comportement - psychologie
 - ▶ Cinéma : capture du mouvement
 - ▶ Émissions sportifs
 - ▶ Vidéo surveillance
 - ▶ Assistance à la conduite



Motivations et objectifs

Objectifs :

- ▶ Suivi robuste multi-cibles
- ▶ Capacité de ré-identification
- ▶ Adaptation au contexte et au type d'objet (générique)
- ▶ Exécution temps-réel sur les plateformes embarquées



Motivations et objectifs

Objectifs :

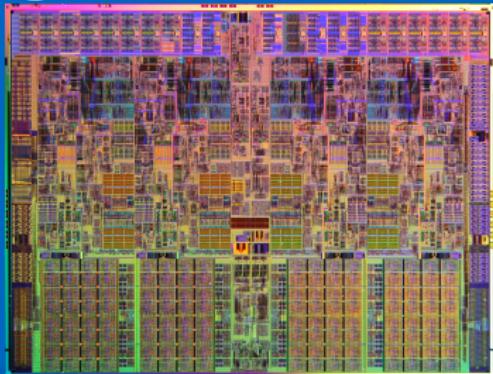
- ▶ Suivi robuste multi-cibles
- ▶ Capacité de ré-identification
- ▶ Adaptation au contexte et au type d'objet (générique)
- ▶ Exécution temps-réel sur les plateformes embarquées

Ce travail de thèse a été financé par CONACYT (gouvernement Mexicain) et s'intègre au projet européen Spy

Vision artificielle et traitement d'images



Adéquation algorithme-architecture



Motivations et objectifs

Difficultés typiques du suivi multi-cibles :

Occultations



Déformations



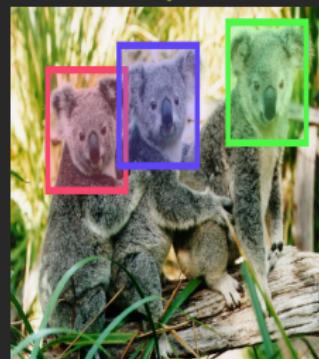
Encombrement



Échelle



Changements d'identité
ambiguïté



Point de vue



Poses différentes



Motivations et objectifs

Difficultés typiques du suivi multi-cibles :

Occultations



Échelle



Déformations



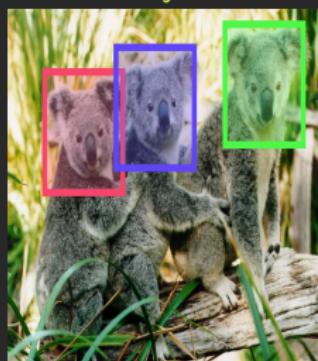
Encombrement



Changements d'illumination



Changements d'identité ambiguïté



Point de vue



Poses différentes



Motivations et objectifs

Difficultés typiques du suivi multi-cibles :

Occultations



Déformations



Encombrement



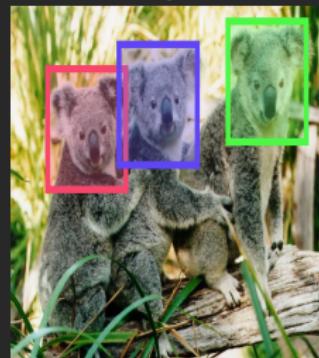
Échelle



Changements d'illumination



Changements d'identité ambiguïté



Point de vue



Poses différentes



Motivations et objectifs

Difficultés typiques du suivi multi-cibles :

Occultations



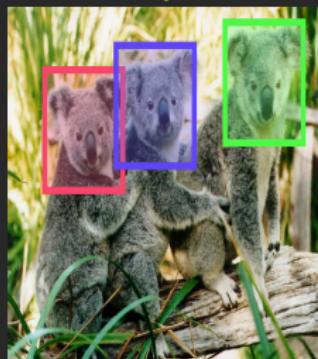
Déformations



Échelle



Changements d'identité ambiguïté



Encombrement



Changements d'illumination



Point de vue



Poses différentes



Motivations et objectifs

Difficultés typiques du suivi multi-cibles :

Occultations



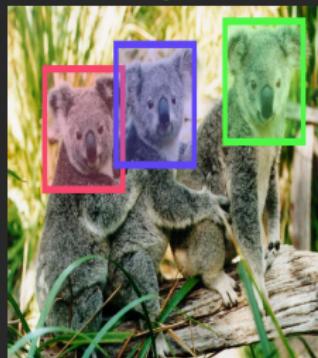
Échelle



Déformations



Changements d'identité
ambiguïté



Encombrement



Changements d'illumination



Point de vue



Poses différentes



Motivations et objectifs

Difficultés typiques du suivi multi-cibles :

Occultations



Déformations



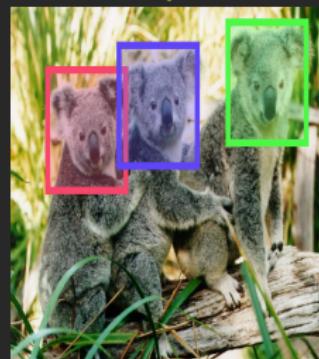
Encombrement



Échelle



Changements d'identité
ambiguïté



Point de vue



Poses différentes



Motivations et objectifs

Difficultés typiques du suivi multi-cibles :

Occultations



Déformations



Point de vue



Échelle



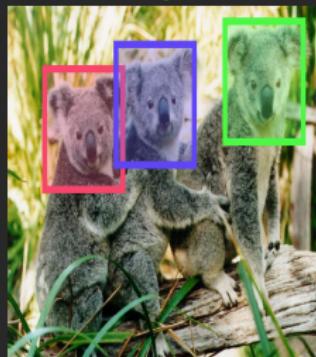
Changements d'illumination



Poses différentes



Changements d'identité ambiguïté



Motivations et objectifs

Difficultés typiques du suivi multi-cibles :

Occultations



Échelle



Déformations



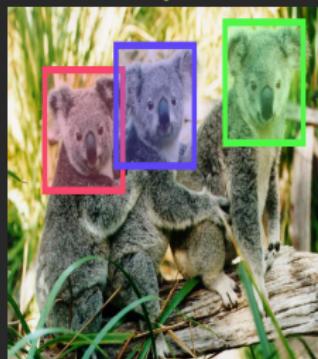
Encombrement



Changements d'illumination



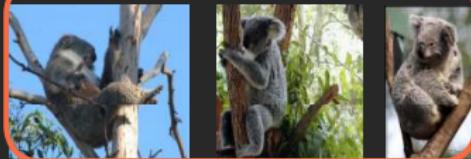
Changements d'identité
ambiguïté



Point de vue



Poses différentes



Motivations et objectifs

Difficultés typiques du suivi multi-cibles :

Occultations



Échelle



Déformations



Encombrement



Changements d'illumination



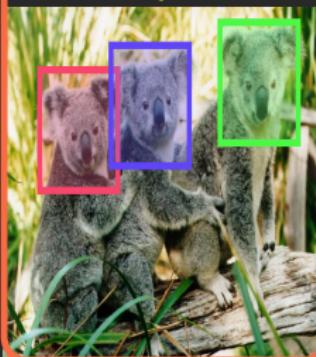
Point de vue



Poses différentes



Changements d'identité
ambiguïté



Comment rendre le suivi adaptable aux changements de contexte?

Motivations et objectifs

Stratégie :

Exploiter toutes les informations disponibles au niveau pixel

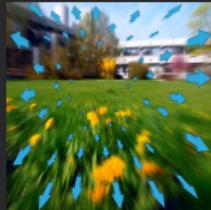
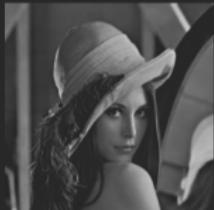


- ▶ Intensité lumineuse (facile à exploiter)

Motivations et objectifs

Stratégie :

Exploiter toutes les informations disponibles au niveau pixel

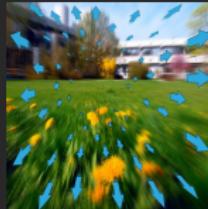


- ▶ Intensité lumineuse (facile à exploiter)
- ▶ Couleur
 - ▶ **Calcul d'invariants couleur**
 - ▶ **Meilleur pouvoir discriminant**

Motivations et objectifs

Stratégie :

Exploiter toutes les informations disponibles au niveau pixel

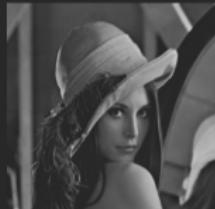


- ▶ Intensité lumineuse (facile à exploiter)
- ▶ Couleur
 - ▶ **Calcul d'invariants couleur**
 - ▶ **Meilleur pouvoir discriminant**
- ▶ Gradients
 - ▶ **Invariants aux changements d'illumination**

Motivations et objectifs

Stratégie :

Exploiter toutes les informations disponibles au niveau pixel

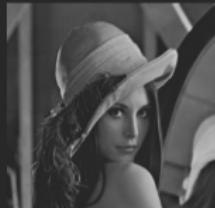


- ▶ Intensité lumineuse (facile à exploiter)
- ▶ Couleur
 - ▶ **Calcul d'invariants couleur**
 - ▶ **Meilleur pouvoir discriminant**
- ▶ Gradients
 - ▶ **Invariants aux changements d'illumination**
- ▶ Mouvement

Motivations et objectifs

Stratégie :

Exploiter toutes les informations disponibles au niveau pixel



- ▶ Intensité lumineuse (facile à exploiter)
- ▶ Couleur
 - ▶ **Calcul d'invariants couleur**
 - ▶ **Meilleur pouvoir discriminant**
- ▶ Gradients
 - ▶ **Invariants aux changements d'illumination**
- ▶ Mouvement
- ▶ Profondeur et images infra-rouges

Motivations et objectifs

Stratégie :

Exploiter toutes les informations disponibles au niveau pixel



- ▶ Intensité lumineuse (facile à exploiter)
- ▶ Couleur
 - ▶ **Calcul d'invariants couleur**
 - ▶ **Meilleur pouvoir discriminant**
- ▶ Gradients
 - ▶ **Invariants aux changements d'illumination**
- ▶ Mouvement
- ▶ Profondeur et images infra-rouges

Suivi d'objets

- Le suivi d'objets est un domaine très vaste
- Nombreuses approches existantes adaptées différentes particularités : **pas de méthode générique**

Méthodes corrélatives

Basées sur l'agencement spatial des points

Flot-optique

Suivi d'un ensemble de points d'intérêt

Méthodes probabilistes

Chaînes de Markov, inférence Bayésienne, CMC, etc

Snakes / Level Sets

Objet représenté par son contour

Mean-Shift

Objet représenté par des histogrammes couleurs / texture

Covariance Tracking

Utilisation d'un modèle de caractéristiques spatiales et statistiques de l'objet

Suivi d'objets

- Le suivi d'objets est un domaine très vaste
- Nombreuses approches existantes adaptées différentes particularités : **pas de méthode générique**

Méthodes corrélatives

Basées sur l'agencement spatial des points

Variations géométriques

Méthodes probabilistes

Chaînes de Markov, inférence Bayésienne, CMC,

Temps de calcul

Mean-Shift

Objet représenté par des histogrammes couleurs

Separabilité avec l'arrière plan

Flot-optique

Suivi d'un ensemble de points d'intérêt

Existence de points saillants

Snakes / Level Sets

Objet représenté par son contour

Existence d'un contour marqué

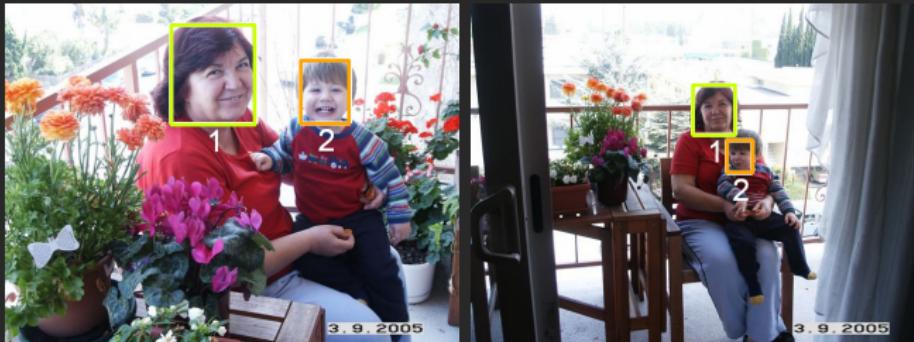
Covariance Tracking

Utilisation d'un modèle de caractéristiques spatiales statistiques de l'objet

Temps de calcul

Suivi d'objets : approche par covariance

1. Capable de fusionner des sources d'information très hétérogènes
2. Haute performance pour : la **ré-identification**, la **détection** et le suivi d'objets
3. Descripteurs **compacts** de taille fixée quelle que soit la taille des objets



Avantages :

- Capable de ré-identifier les objets après
 - occultations,
 - fortes déformations
 - grands déplacements

Problèmes :

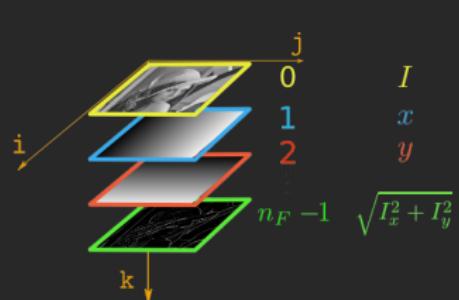
- Calculs **lourds** si le nombre de caractéristiques est important
- Systèmes embarqués : optimisations obligatoires

Suivi d'objets : approche par covariance

À partir d'une image I de l'objet à suivre

- n_F images caractéristiques sont obtenues

Exemple : $n_F = 4$



$$\Sigma = \begin{bmatrix} \sigma_0\sigma_0 & \sigma_0\sigma_1 & \sigma_0\sigma_2 & \sigma_0\sigma_3 \\ \sigma_1\sigma_0 & \sigma_1\sigma_1 & \sigma_1\sigma_2 & \sigma_1\sigma_3 \\ \sigma_2\sigma_0 & \sigma_2\sigma_1 & \sigma_2\sigma_2 & \sigma_2\sigma_3 \\ \sigma_3\sigma_0 & \sigma_3\sigma_1 & \sigma_3\sigma_2 & \sigma_3\sigma_3 \end{bmatrix}$$

- La matrice de covariance donne une mesure des interactions entre les caractéristiques

Suivi d'objets : approche par covariance

Quels descripteurs?

Application	Vecteur descripteur $\phi(l, x, y)$	Référence
	$[x \ y \ l_x \ l_y \ l_{xx} \ l_{yy}]$	Tuzel (
Suivi de visages	$[x \ y \ l \ l_x \ l_y \ l_{xx} \ l_{yy} \ \theta(x, y)]$	Tuzel (
	$[x \ y \ l \ g_{00}(x, y) \ g_{01}(x, y) \ \cdots \ g_{74}(x, y)]$	Gabor (
	$[x \ y \ l_x \ l_y \ \sqrt{l_x^2 + l_y^2} \ l_{xx} \ l_{yy} \ \arctan \frac{l_x}{l_y}]$	(
Détection de piétons	$[x \ y \ l_x \ l_y \ \sqrt{l_x^2 + l_y^2} \ \arctan \frac{l_x}{l_y} \ \mathbf{G} \ \sqrt{\mathbf{G}_x^2 + \mathbf{G}_y^2}]$	(
	$[x \ y \ R \ G \ B \ l_x \ l_y]$	
Suivi de piétons	$[x \ y \ R \ G \ B \ l_x \ l_y \ l_{xx} \ l_{yy}]$	(
	$[x \ y \ H \ S \ V \ l_x \ l_y]$	(

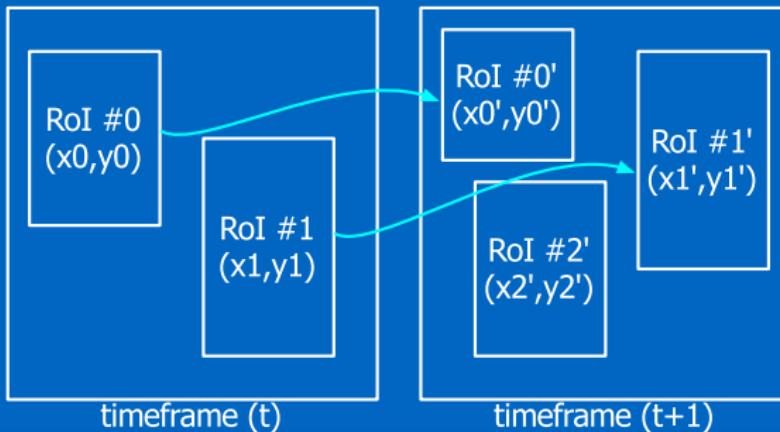
Suivi d'objets : approche par covariance

Méthodes de suivi

Suivi d'objets : approche par covariance

Méthodes de suivi

Recherche de correspondances :
“Matching” entre $X(t)$ et $X(t + 1)$.

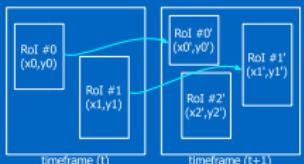


Suivi d'objets : approche par covariance

Méthodes de suivi

Recherche de correspondances :

“Matching” entre $X(t)$ et $X(t+1)$.

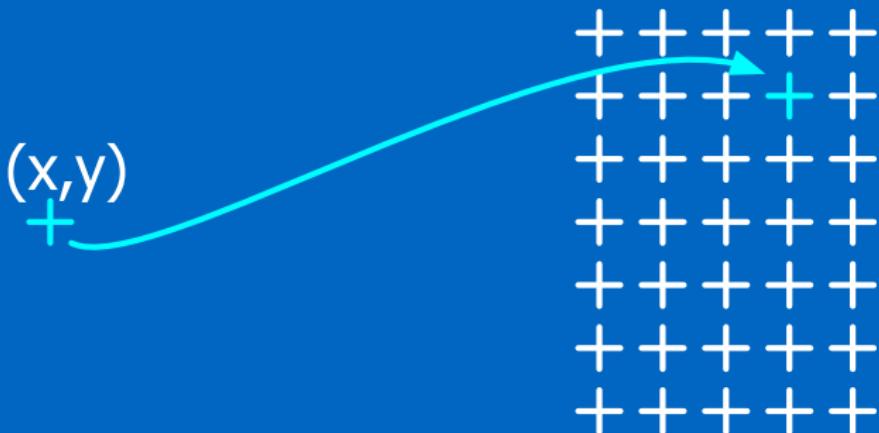


Suivi d'objets : approche par covariance

Méthodes de suivi

Recherche Exhaustive :

la nouvelle position est celle offrant la plus grande similarité.

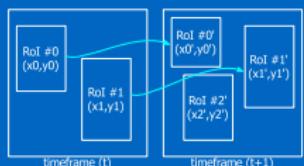


Suivi d'objets : approche par covariance

Méthodes de suivi

Recherche de correspondances :

“Matching” entre $X(t)$ et $X(t+1)$.



Recherche Exhaustive :

la nouvelle position est celle offrant la plus grande similarité.

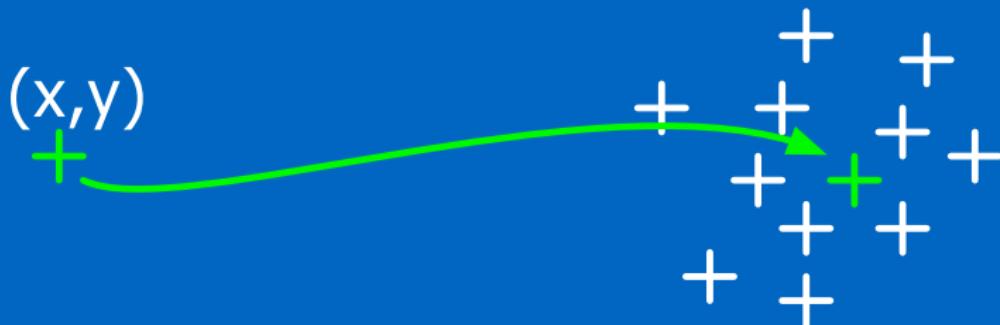


Suivi d'objets : approche par covariance

Méthodes de suivi

Recherche Aléatoire :

la nouvelle position est la moyenne de positions aléatoires pondérées par leur similitude.

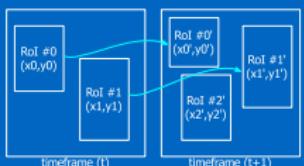


Suivi d'objets : approche par covariance

Méthodes de suivi

Recherche de correspondances :

“Matching” entre $X(t)$ et $X(t+1)$.



Recherche Aléatoire :

la nouvelle position est la moyenne de positions aléatoires pondérées par leur similitude.



Recherche Exhaustive :

la nouvelle position est celle offrant la plus grande similarité.

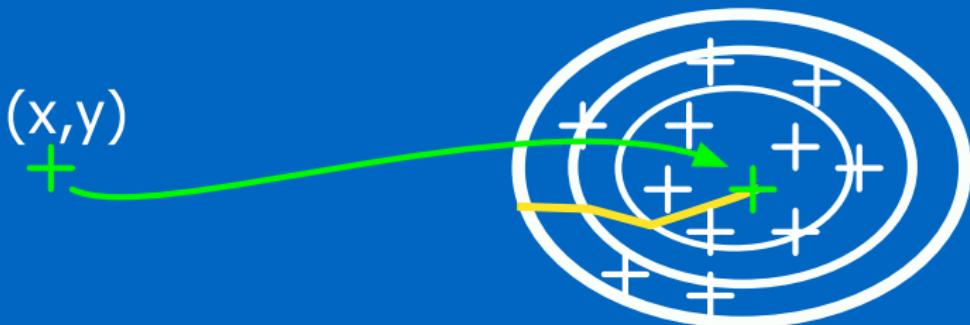


Suivi d'objets : approche par covariance

Méthodes de suivi

Descente du gradient :

méthode itérative de descente pour trouver la nouvelle position.

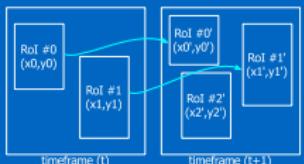


Suivi d'objets : approche par covariance

Méthodes de suivi

Recherche de correspondances :

“Matching” entre $X(t)$ et $X(t+1)$.



Recherche Aléatoire :

la nouvelle position est la moyenne de positions aléatoires pondérées par leur similitude.



Recherche Exhaustive :

la nouvelle position est celle offrant la plus grande similarité.



Descente du gradient :

méthode itérative de descente pour trouver la nouvelle position.



Contributions

- Quatre contributions niveau traitement d'images et vision par ordinateur :

Invariant couleur adaptable à la saturation
(

Descripteur de covariance ELBCM
(

Méthode de ré-identification
(

Méthode de suivi multi-cibles
(

- Accélération du suivi :

Méthodes de coopération
(

Adéquation algorithme-architecture
(

ELBCM : Enhanced Local Binary Covariance Matrices

Objectif : un descripteur de texture compact et simple à calculer

ELBCM : Enhanced Local Binary Covariance Matrices

Objectif : un descripteur de texture compact et simple à calculer

1. Module et argument des gradients (
2. Filtres de **Gabor** qui créent une composante pour chaque type filtre, échelle et orientation (
 - ▶ Robuste mais gourmand en temps de calcul
 - non adapté aux systèmes embarqués**

ELBCM : Enhanced Local Binary Covariance Matrices

Objectif : un descripteur de texture compact et simple à calculer

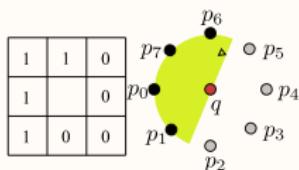
1. Module et argument des gradients (
2. Filtres de **Gabor** qui créent une composante pour chaque type filtre, échelle et orientation (
 - ▶ Robuste mais gourmand en temps de calcul
 - non adapté aux systèmes embarqués**

Idée: utiliser les opérateurs **Local Binary Patterns LBP's** (

ELBCM : Enhanced Local Binary Covariance Matrices

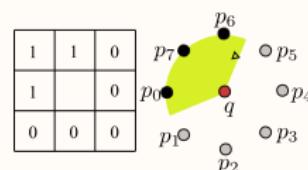
Méthodes existantes :

- ▶ Code décimal formé par les “bits” du voisinage (Problème : l’arithmétique basique n’est pas applicable)
- ▶ Une caractéristique par bit du motif LBP → LBCM (Problème : le nombre de composantes dépend de la taille du voisinage LBP)



Pattern : 11000011

LBP Value: $1 + 2 + 64 + 128 = 195$



Pattern : 10000011

LBP Value: $1 + 2 + 128 = 131$

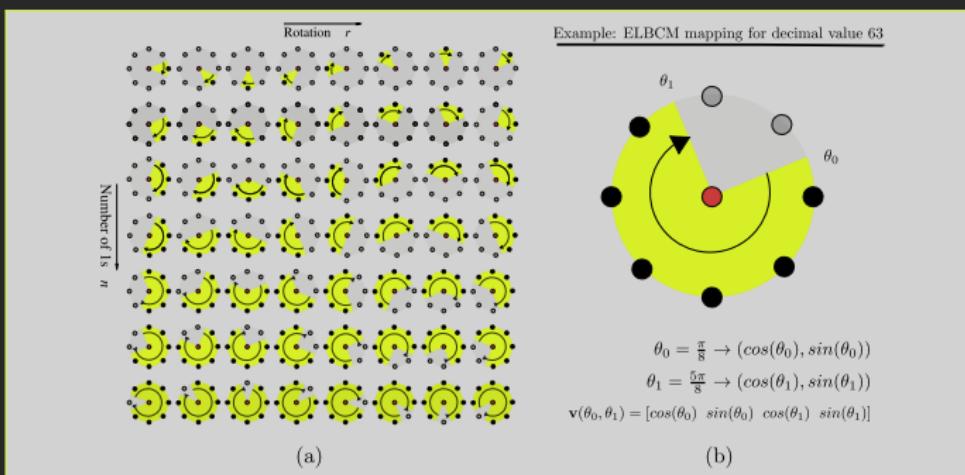
ELBCM : Enhanced Local Binary Covariance Matrices

Solution :

Utiliser les angles décrits par les patterns LBP uniformes.

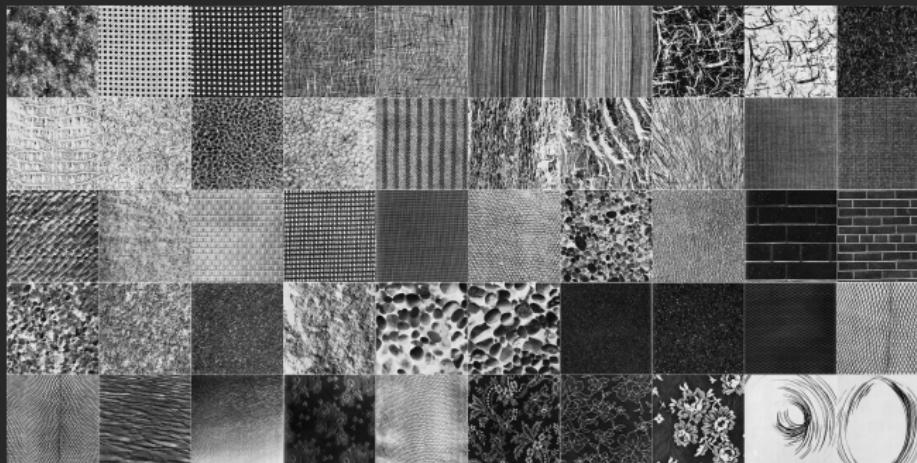
Avantages :

- Descripteur compact quelle que soit la taille du voisinage LBP
- Arithmétique valide après l'application des fonctions trigonométriques



ELBCM : Évaluation en reconnaissance de textures

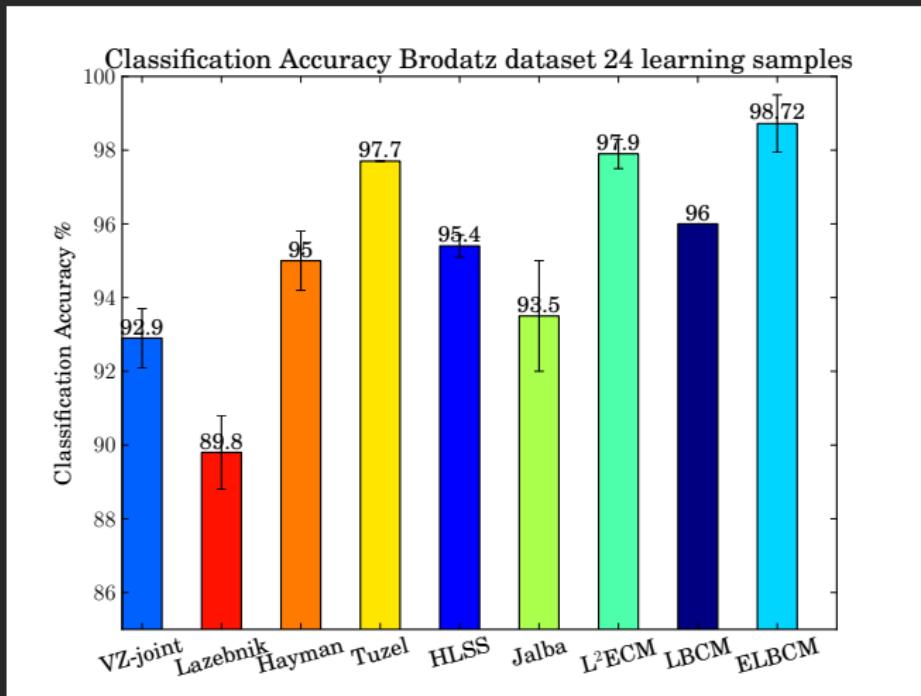
Base de textures de BRODATZ



Procédure :

- ▶ 111 textures différents de taille 640×640
- ▶ Images découpées en 49 sous-images superposées de taille 160×160
- ▶ 24 images (sélectionnées aléatoirement) pour l'entraînement, le reste pour les tests de classification

ELBCM : Évaluation en reconnaissance de textures



La méthode de ELBCM donne les meilleures performances et surpassé toutes les méthodes basées sur la covariance (Tuzel, L^2 ECM, LBCM)

ELBCM : Résultats de suivi

Séquence “Panda”

● Tuzel ● ELBCM ● Verité terrain



Difficultés :

- ▶ Faible résolution de l'objet
- ▶ Occultations
- ▶ Changements d'échelle

Critère d'évaluation

$$w_{error} = \frac{\|X_{gt} - X\|}{N} \quad (1)$$

- ▶ X_{gt} : le centre issu de la vérité terrain
- ▶ X : le centre de la boite englobante de suivi
- ▶ N : taille de l'objet

ELBCM : Résultats de suivi

Séquence “Panda”

● Tuzel ● ELBCM ● Verité terrain



Difficultés :

- ▶ Faible résolution de l'objet
- ▶ Occultations
- ▶ Changements d'échelle

Critère d'évaluation

$$w_{error} = \frac{\|X_{gt} - X\|}{N} \quad (1)$$

- ▶ X_{gt} : le centre issu de la vérité terrain
- ▶ X : le centre de la boite englobante de suivi
- ▶ N : taille de l'objet

ELBCM : Résultats de suivi

Séquence “Panda”

● Tuzel ● ELBCM ● Verité terrain



Difficultés :

- ▶ Faible résolution de l'objet
- ▶ Occultations
- ▶ Changements d'échelle

Critère d'évaluation

$$w_{error} = \frac{\|X_{gt} - X\|}{N} \quad (1)$$

- ▶ X_{gt} : le centre issu de la vérité terrain
- ▶ X : le centre de la boîte englobante de suivi
- ▶ N : taille de l'objet

ELBCM : Résultats de suivi

Séquence “Panda”

● Tuzel ● ELBCM ● Verité terrain



Difficultés :

- ▶ Faible résolution de l'objet
- ▶ Occultations
- ▶ Changements d'échelle

Critère d'évaluation

$$w_{error} = \frac{\|X_{gt} - X\|}{N} \quad (1)$$

- ▶ X_{gt} : le centre issu de la vérité terrain
- ▶ X : le centre de la boite englobante de suivi
- ▶ N : taille de l'objet

ELBCM : Résultats de suivi

Séquence “Panda”

● Tuzel ● ELBCM ● Verité terrain



Difficultés :

- ▶ Faible résolution de l'objet
- ▶ Occultations
- ▶ Changements d'échelle

Critère d'évaluation

$$w_{error} = \frac{\|X_{gt} - X\|}{N} \quad (1)$$

- ▶ X_{gt} : le centre issu de la vérité terrain
- ▶ X : le centre de la boîte englobante de suivi
- ▶ N : taille de l'objet

ELBCM : Résultats de suivi

Séquence “Panda”

● Tuzel ● ELBCM ● Verité terrain



Difficultés :

- ▶ Faible résolution de l'objet
- ▶ Occultations
- ▶ Changements d'échelle

Critère d'évaluation

$$w_{error} = \frac{\|X_{gt} - X\|}{N} \quad (1)$$

- ▶ X_{gt} : le centre issu de la vérité terrain
- ▶ X : le centre de la boite englobante de suivi
- ▶ N : taille de l'objet

ELBCM : Résultats de suivi

Séquence “Panda”

● Tuzel ● ELBCM ● Verité terrain



Difficultés :

- ▶ Faible résolution de l'objet
- ▶ Occultations
- ▶ Changements d'échelle

Critère d'évaluation

$$w_{error} = \frac{\|X_{gt} - X\|}{N} \quad (1)$$

- ▶ X_{gt} : le centre issu de la vérité terrain
- ▶ X : le centre de la boite englobante de suivi
- ▶ N : taille de l'objet

ELBCM : Résultats de suivi

Séquence “Panda”

● Tuzel ● ELBCM ● Verité terrain



Difficultés :

- ▶ Faible résolution de l'objet
- ▶ Occultations
- ▶ Changements d'échelle

Critère d'évaluation

$$w_{error} = \frac{\|X_{gt} - X\|}{N} \quad (1)$$

- ▶ X_{gt} : le centre issu de la vérité terrain
- ▶ X : le centre de la boite englobante de suivi
- ▶ N : taille de l'objet

ELBCM : Résultats de suivi

Séquence “Panda”

● Tuzel ● ELBCM ● Verité terrain



Difficultés :

- ▶ Faible résolution de l'objet
- ▶ Occultations
- ▶ Changements d'échelle

Critère d'évaluation

$$w_{error} = \frac{\|X_{gt} - X\|}{N} \quad (1)$$

- ▶ X_{gt} : le centre issu de la vérité terrain
- ▶ X : le centre de la boite englobante de suivi
- ▶ N : taille de l'objet

ELBCM : Résultats de suivi

Séquence “Panda”

● Tuzel ● ELBCM ● Verité terrain



Difficultés :

- ▶ Faible résolution de l'objet
- ▶ Occultations
- ▶ Changements d'échelle

Critère d'évaluation

$$w_{error} = \frac{\|X_{gt} - X\|}{N} \quad (1)$$

- ▶ X_{gt} : le centre issu de la vérité terrain
- ▶ X : le centre de la boite englobante de suivi
- ▶ N : taille de l'objet

ELBCM : Résultats de suivi

Séquence “Panda”

● Tuzel ● ELBCM ● Verité terrain



Difficultés :

- ▶ Faible résolution de l'objet
- ▶ Occultations
- ▶ Changements d'échelle

Critère d'évaluation

$$w_{error} = \frac{\|X_{gt} - X\|}{N} \quad (1)$$

- ▶ X_{gt} : le centre issu de la vérité terrain
- ▶ X : le centre de la boite englobante de suivi
- ▶ N : taille de l'objet

ELBCM : Résultats de suivi

Séquence “Panda”

● Tuzel ● ELBCM ● Verité terrain



Difficultés :

- ▶ Faible résolution de l'objet
- ▶ Occultations
- ▶ Changements d'échelle

Critère d'évaluation

$$w_{error} = \frac{\|X_{gt} - X\|}{N} \quad (1)$$

- ▶ X_{gt} : le centre issu de la vérité terrain
- ▶ X : le centre de la boite englobante de suivi
- ▶ N : taille de l'objet

ELBCM : Résultats de suivi

Séquence “Panda”

● Tuzel ● ELBCM ● Verité terrain



Difficultés :

- ▶ Faible résolution de l'objet
- ▶ Occultations
- ▶ Changements d'échelle

Critère d'évaluation

$$w_{error} = \frac{\|X_{gt} - X\|}{N} \quad (1)$$

- ▶ X_{gt} : le centre issu de la vérité terrain
- ▶ X : le centre de la boite englobante de suivi
- ▶ N : taille de l'objet

ELBCM : Résultats de suivi

Séquence “Panda”

● Tuzel ● ELBCM ● Verité terrain



Difficultés :

- ▶ Faible résolution de l'objet
- ▶ Occultations
- ▶ Changements d'échelle

Critère d'évaluation

$$w_{error} = \frac{\|X_{gt} - X\|}{N} \quad (1)$$

- ▶ X_{gt} : le centre issu de la vérité terrain
- ▶ X : le centre de la boite englobante de suivi
- ▶ N : taille de l'objet

ELBCM : Résultats de suivi

Séquence “Panda”

● Tuzel ● ELBCM ● Verité terrain



Difficultés :

- ▶ Faible résolution de l'objet
- ▶ Occultations
- ▶ Changements d'échelle

Critère d'évaluation

$$w_{error} = \frac{\|X_{gt} - X\|}{N} \quad (1)$$

- ▶ X_{gt} : le centre issu de la vérité terrain
- ▶ X : le centre de la boite englobante de suivi
- ▶ N : taille de l'objet

ELBCM : Résultats de suivi

Séquence “Panda”

● Tuzel ● ELBCM ● Verité terrain



Difficultés :

- ▶ Faible résolution de l'objet
- ▶ Occultations
- ▶ Changements d'échelle

Critère d'évaluation

$$w_{error} = \frac{\|X_{gt} - X\|}{N} \quad (1)$$

- ▶ X_{gt} : le centre issu de la vérité terrain
- ▶ X : le centre de la boite englobante de suivi
- ▶ N : taille de l'objet

ELBCM : Résultats de suivi

Séquence “Panda”

● Tuzel ● ELBCM ● Verité terrain



Difficultés :

- ▶ Faible résolution de l'objet
- ▶ Occultations
- ▶ Changements d'échelle

Critère d'évaluation

$$w_{error} = \frac{\|X_{gt} - X\|}{N} \quad (1)$$

- ▶ X_{gt} : le centre issu de la vérité terrain
- ▶ X : le centre de la boite englobante de suivi
- ▶ N : taille de l'objet

ELBCM : Résultats de suivi

Séquence “Panda”

● Tuzel ● ELBCM ● Verité terrain



Difficultés :

- ▶ Faible résolution de l'objet
- ▶ Occultations
- ▶ Changements d'échelle

Critère d'évaluation

$$w_{error} = \frac{\|X_{gt} - X\|}{N} \quad (1)$$

- ▶ X_{gt} : le centre issu de la vérité terrain
- ▶ X : le centre de la boite englobante de suivi
- ▶ N : taille de l'objet

ELBCM : Résultats de suivi

Séquence “Panda”

● Tuzel ● ELBCM ● Verité terrain



Difficultés :

- ▶ Faible résolution de l'objet
- ▶ Occultations
- ▶ Changements d'échelle

Critère d'évaluation

$$w_{error} = \frac{\|X_{gt} - X\|}{N} \quad (1)$$

- ▶ X_{gt} : le centre issu de la vérité terrain
- ▶ X : le centre de la boite englobante de suivi
- ▶ N : taille de l'objet

ELBCM : Résultats de suivi

Séquence “Panda”

● Tuzel ● ELBCM ● Verité terrain



Difficultés :

- ▶ Faible résolution de l'objet
- ▶ Occultations
- ▶ Changements d'échelle

Critère d'évaluation

$$w_{error} = \frac{\|X_{gt} - X\|}{N} \quad (1)$$

- ▶ X_{gt} : le centre issu de la vérité terrain
- ▶ X : le centre de la boite englobante de suivi
- ▶ N : taille de l'objet

ELBCM : Résultats de suivi

Séquence “Panda”

● Tuzel ● ELBCM ● Verité terrain



Difficultés :

- ▶ Faible résolution de l'objet
- ▶ Occultations
- ▶ Changements d'échelle

Critère d'évaluation

$$w_{error} = \frac{\|X_{gt} - X\|}{N} \quad (1)$$

- ▶ X_{gt} : le centre issu de la vérité terrain
- ▶ X : le centre de la boite englobante de suivi
- ▶ N : taille de l'objet

ELBCM : Résultats de suivi

Séquence “Panda”

● Tuzel ● ELBCM ● Verité terrain



Difficultés :

- ▶ Faible résolution de l'objet
- ▶ Occultations
- ▶ Changements d'échelle

Critère d'évaluation

$$w_{error} = \frac{\|X_{gt} - X\|}{N} \quad (1)$$

- ▶ X_{gt} : le centre issu de la vérité terrain
- ▶ X : le centre de la boite englobante de suivi
- ▶ N : taille de l'objet

ELBCM : Résultats de suivi

Séquence “Panda”

● Tuzel ● ELBCM ● Verité terrain



Difficultés :

- ▶ Faible résolution de l'objet
- ▶ Occultations
- ▶ Changements d'échelle

Critère d'évaluation

$$w_{error} = \frac{\|X_{gt} - X\|}{N} \quad (1)$$

- ▶ X_{gt} : le centre issu de la vérité terrain
- ▶ X : le centre de la boîte englobante de suivi
- ▶ N : taille de l'objet

ELBCM : Résultats de suivi

Séquence “Panda”

● Tuzel ● ELBCM ● Verité terrain



Difficultés :

- ▶ Faible résolution de l'objet
- ▶ Occultations
- ▶ Changements d'échelle

Critère d'évaluation

$$w_{error} = \frac{\|X_{gt} - X\|}{N} \quad (1)$$

- ▶ X_{gt} : le centre issu de la vérité terrain
- ▶ X : le centre de la boite englobante de suivi
- ▶ N : taille de l'objet

ELBCM : Résultats de suivi

Séquence “Panda”

● Tuzel ● ELBCM ● Verité terrain



Difficultés :

- ▶ Faible résolution de l'objet
- ▶ Occultations
- ▶ Changements d'échelle

Critère d'évaluation

$$w_{error} = \frac{\|X_{gt} - X\|}{N} \quad (1)$$

- ▶ X_{gt} : le centre issu de la vérité terrain
- ▶ X : le centre de la boite englobante de suivi
- ▶ N : taille de l'objet

ELBCM : Résultats de suivi

Séquence “Panda”

● Tuzel ● ELBCM ● Verité terrain



Difficultés :

- ▶ Faible résolution de l'objet
- ▶ Occultations
- ▶ Changements d'échelle

Critère d'évaluation

$$w_{error} = \frac{\|X_{gt} - X\|}{N} \quad (1)$$

- ▶ X_{gt} : le centre issu de la vérité terrain
- ▶ X : le centre de la boite englobante de suivi
- ▶ N : taille de l'objet

ELBCM : Résultats de suivi

Séquence “Panda”

● Tuzel ● ELBCM ● Verité terrain



Difficultés :

- ▶ Faible résolution de l'objet
- ▶ Occultations
- ▶ Changements d'échelle

Critère d'évaluation

$$w_{error} = \frac{\|X_{gt} - X\|}{N} \quad (1)$$

- ▶ X_{gt} : le centre issu de la vérité terrain
- ▶ X : le centre de la boite englobante de suivi
- ▶ N : taille de l'objet

ELBCM : Résultats de suivi

Séquence “Panda”

● Tuzel ● ELBCM ● Verité terrain



Difficultés :

- ▶ Faible résolution de l'objet
- ▶ Occultations
- ▶ Changements d'échelle

Critère d'évaluation

$$w_{error} = \frac{\|X_{gt} - X\|}{N} \quad (1)$$

- ▶ X_{gt} : le centre issu de la vérité terrain
- ▶ X : le centre de la boite englobante de suivi
- ▶ N : taille de l'objet

ELBCM : Résultats de suivi

Séquence “Panda”

● Tuzel ● ELBCM ● Verité terrain



Difficultés :

- ▶ Faible résolution de l'objet
- ▶ Occultations
- ▶ Changements d'échelle

Critère d'évaluation

$$w_{error} = \frac{\|X_{gt} - X\|}{N} \quad (1)$$

- ▶ X_{gt} : le centre issu de la vérité terrain
- ▶ X : le centre de la boîte englobante de suivi
- ▶ N : taille de l'objet

ELBCM : Résultats de suivi

Séquence “Panda”

● Tuzel ● ELBCM ● Verité terrain



Difficultés :

- ▶ Faible résolution de l'objet
- ▶ Occultations
- ▶ Changements d'échelle

Critère d'évaluation

$$w_{error} = \frac{\|X_{gt} - X\|}{N} \quad (1)$$

- ▶ X_{gt} : le centre issu de la vérité terrain
- ▶ X : le centre de la boite englobante de suivi
- ▶ N : taille de l'objet

ELBCM : Résultats de suivi

Séquence “Panda”

● Tuzel ● ELBCM ● Verité terrain



Difficultés :

- ▶ Faible résolution de l'objet
- ▶ Occultations
- ▶ Changements d'échelle

Critère d'évaluation

$$w_{error} = \frac{\|X_{gt} - X\|}{N} \quad (1)$$

- ▶ X_{gt} : le centre issu de la vérité terrain
- ▶ X : le centre de la boite englobante de suivi
- ▶ N : taille de l'objet

ELBCM : Résultats de suivi

Séquence “Panda”

● Tuzel ● ELBCM ● Verité terrain



Difficultés :

- ▶ Faible résolution de l'objet
- ▶ Occultations
- ▶ Changements d'échelle

Critère d'évaluation

$$w_{error} = \frac{\|X_{gt} - X\|}{N} \quad (1)$$

- ▶ X_{gt} : le centre issu de la vérité terrain
- ▶ X : le centre de la boite englobante de suivi
- ▶ N : taille de l'objet

ELBCM : Résultats de suivi

Séquence “Panda”

● Tuzel ● ELBCM ● Verité terrain



Difficultés :

- ▶ Faible résolution de l'objet
- ▶ Occultations
- ▶ Changements d'échelle

Critère d'évaluation

$$w_{error} = \frac{\|X_{gt} - X\|}{N} \quad (1)$$

- ▶ X_{gt} : le centre issu de la vérité terrain
- ▶ X : le centre de la boite englobante de suivi
- ▶ N : taille de l'objet

ELBCM : Résultats de suivi

Séquence “Panda”

● Tuzel ● ELBCM ● Verité terrain



Difficultés :

- ▶ Faible résolution de l'objet
- ▶ Occultations
- ▶ Changements d'échelle

Critère d'évaluation

$$w_{error} = \frac{\|X_{gt} - X\|}{N} \quad (1)$$

- ▶ X_{gt} : le centre issu de la vérité terrain
- ▶ X : le centre de la boite englobante de suivi
- ▶ N : taille de l'objet

ELBCM : Résultats de suivi

Séquence “Panda”

● Tuzel ● ELBCM ● Verité terrain



Difficultés :

- ▶ Faible résolution de l'objet
- ▶ Occultations
- ▶ Changements d'échelle

Critère d'évaluation

$$w_{error} = \frac{\|X_{gt} - X\|}{N} \quad (1)$$

- ▶ X_{gt} : le centre issu de la vérité terrain
- ▶ X : le centre de la boite englobante de suivi
- ▶ N : taille de l'objet

ELBCM : Résultats de suivi

Séquence “Panda”

● Tuzel ● ELBCM ● Verité terrain



Difficultés :

- ▶ Faible résolution de l'objet
- ▶ Occultations
- ▶ Changements d'échelle

Critère d'évaluation

$$w_{error} = \frac{\|X_{gt} - X\|}{N} \quad (1)$$

- ▶ X_{gt} : le centre issu de la vérité terrain
- ▶ X : le centre de la boîte englobante de suivi
- ▶ N : taille de l'objet

ELBCM : Résultats de suivi

Séquence “Panda”

● Tuzel ● ELBCM ● Verité terrain



Difficultés :

- ▶ Faible résolution de l'objet
- ▶ Occultations
- ▶ Changements d'échelle

Critère d'évaluation

$$w_{error} = \frac{\|X_{gt} - X\|}{N} \quad (1)$$

- ▶ X_{gt} : le centre issu de la vérité terrain
- ▶ X : le centre de la boite englobante de suivi
- ▶ N : taille de l'objet

ELBCM : Résultats de suivi

Séquence “Panda”

● Tuzel ● ELBCM ● Verité terrain



Difficultés :

- ▶ Faible résolution de l'objet
- ▶ Occultations
- ▶ Changements d'échelle

Critère d'évaluation

$$w_{error} = \frac{\|X_{gt} - X\|}{N} \quad (1)$$

- ▶ X_{gt} : le centre issu de la vérité terrain
- ▶ X : le centre de la boite englobante de suivi
- ▶ N : taille de l'objet

ELBCM : Résultats de suivi

Séquence “Panda”

● Tuzel ● ELBCM ● Verité terrain



Difficultés :

- ▶ Faible résolution de l'objet
- ▶ Occultations
- ▶ Changements d'échelle

Critère d'évaluation

$$w_{error} = \frac{\|X_{gt} - X\|}{N} \quad (1)$$

- ▶ X_{gt} : le centre issu de la vérité terrain
- ▶ X : le centre de la boite englobante de suivi
- ▶ N : taille de l'objet

ELBCM : Résultats de suivi

Séquence “Panda”

● Tuzel ● ELBCM ● Verité terrain



Difficultés :

- ▶ Faible résolution de l'objet
- ▶ Occultations
- ▶ Changements d'échelle

Critère d'évaluation

$$w_{error} = \frac{\|X_{gt} - X\|}{N} \quad (1)$$

- ▶ X_{gt} : le centre issu de la vérité terrain
- ▶ X : le centre de la boite englobante de suivi
- ▶ N : taille de l'objet

ELBCM : Résultats de suivi

Séquence “Panda”

● Tuzel ● ELBCM ● Verité terrain



Difficultés :

- ▶ Faible résolution de l'objet
- ▶ Occultations
- ▶ Changements d'échelle

Critère d'évaluation

$$w_{error} = \frac{\|X_{gt} - X\|}{N} \quad (1)$$

- ▶ X_{gt} : le centre issu de la vérité terrain
- ▶ X : le centre de la boîte englobante de suivi
- ▶ N : taille de l'objet

ELBCM : Résultats de suivi

Séquence “Panda”

● Tuzel ● ELBCM ● Verité terrain



Difficultés :

- ▶ Faible résolution de l'objet
- ▶ Occultations
- ▶ Changements d'échelle

Critère d'évaluation

$$w_{error} = \frac{\|X_{gt} - X\|}{N} \quad (1)$$

- ▶ X_{gt} : le centre issu de la vérité terrain
- ▶ X : le centre de la boite englobante de suivi
- ▶ N : taille de l'objet

ELBCM : Résultats de suivi

Séquence “Panda”

● Tuzel ● ELBCM ● Verité terrain



Difficultés :

- ▶ Faible résolution de l'objet
- ▶ Occultations
- ▶ Changements d'échelle

Critère d'évaluation

$$w_{error} = \frac{\|X_{gt} - X\|}{N} \quad (1)$$

- ▶ X_{gt} : le centre issu de la vérité terrain
- ▶ X : le centre de la boite englobante de suivi
- ▶ N : taille de l'objet

ELBCM : Résultats de suivi

Séquence “Panda”

● Tuzel ● ELBCM ● Verité terrain



Difficultés :

- ▶ Faible résolution de l'objet
- ▶ Occultations
- ▶ Changements d'échelle

Critère d'évaluation

$$w_{error} = \frac{\|X_{gt} - X\|}{N} \quad (1)$$

- ▶ X_{gt} : le centre issu de la vérité terrain
- ▶ X : le centre de la boite englobante de suivi
- ▶ N : taille de l'objet

ELBCM : Résultats de suivi

Séquence “Panda”

● Tuzel ● ELBCM ● Verité terrain



Difficultés :

- ▶ Faible résolution de l'objet
- ▶ Occultations
- ▶ Changements d'échelle

Critère d'évaluation

$$w_{error} = \frac{\|X_{gt} - X\|}{N} \quad (1)$$

- ▶ X_{gt} : le centre issu de la vérité terrain
- ▶ X : le centre de la boite englobante de suivi
- ▶ N : taille de l'objet

ELBCM : Résultats de suivi

Séquence “Panda”

● Tuzel ● ELBCM ● Verité terrain



Difficultés :

- ▶ Faible résolution de l'objet
- ▶ Occultations
- ▶ Changements d'échelle

Critère d'évaluation

$$w_{error} = \frac{\|X_{gt} - X\|}{N} \quad (1)$$

- ▶ X_{gt} : le centre issu de la vérité terrain
- ▶ X : le centre de la boite englobante de suivi
- ▶ N : taille de l'objet

ELBCM : Résultats de suivi

Séquence “Panda”

● Tuzel ● ELBCM ● Verité terrain



Difficultés :

- ▶ Faible résolution de l'objet
- ▶ Occultations
- ▶ Changements d'échelle

Critère d'évaluation

$$w_{error} = \frac{\|X_{gt} - X\|}{N} \quad (1)$$

- ▶ X_{gt} : le centre issu de la vérité terrain
- ▶ X : le centre de la boite englobante de suivi
- ▶ N : taille de l'objet

ELBCM : Résultats de suivi

Séquence “Panda”

● Tuzel ● ELBCM ● Verité terrain



Difficultés :

- ▶ Faible résolution de l'objet
- ▶ Occultations
- ▶ Changements d'échelle

Critère d'évaluation

$$w_{error} = \frac{\|X_{gt} - X\|}{N} \quad (1)$$

- ▶ X_{gt} : le centre issu de la vérité terrain
- ▶ X : le centre de la boite englobante de suivi
- ▶ N : taille de l'objet

ELBCM : Résultats de suivi

Séquence “Panda”

● Tuzel ● ELBCM ● Verité terrain



Difficultés :

- ▶ Faible résolution de l'objet
- ▶ Occultations
- ▶ Changements d'échelle

Critère d'évaluation

$$w_{error} = \frac{\|X_{gt} - X\|}{N} \quad (1)$$

- ▶ X_{gt} : le centre issu de la vérité terrain
- ▶ X : le centre de la boite englobante de suivi
- ▶ N : taille de l'objet

ELBCM : Résultats de suivi

Séquence “Panda”

● Tuzel ● ELBCM ● Verité terrain



Difficultés :

- ▶ Faible résolution de l'objet
- ▶ Occultations
- ▶ Changements d'échelle

Critère d'évaluation

$$w_{error} = \frac{\|X_{gt} - X\|}{N} \quad (1)$$

- ▶ X_{gt} : le centre issu de la vérité terrain
- ▶ X : le centre de la boite englobante de suivi
- ▶ N : taille de l'objet

ELBCM : Résultats de suivi

Séquence “Panda”

● Tuzel ● ELBCM ● Verité terrain



Difficultés :

- ▶ Faible résolution de l'objet
- ▶ Occultations
- ▶ Changements d'échelle

Critère d'évaluation

$$w_{error} = \frac{\|X_{gt} - X\|}{N} \quad (1)$$

- ▶ X_{gt} : le centre issu de la vérité terrain
- ▶ X : le centre de la boite englobante de suivi
- ▶ N : taille de l'objet

ELBCM : Résultats de suivi

Séquence “Panda”

● Tuzel ● ELBCM ● Verité terrain



Difficultés :

- ▶ Faible résolution de l'objet
- ▶ Occultations
- ▶ Changements d'échelle

Critère d'évaluation

$$w_{error} = \frac{\|X_{gt} - X\|}{N} \quad (1)$$

- ▶ X_{gt} : le centre issu de la vérité terrain
- ▶ X : le centre de la boite englobante de suivi
- ▶ N : taille de l'objet

ELBCM : Résultats de suivi

Séquence “Panda”

● Tuzel ● ELBCM ● Verité terrain



Difficultés :

- ▶ Faible résolution de l'objet
- ▶ Occultations
- ▶ Changements d'échelle

Critère d'évaluation

$$w_{error} = \frac{\|X_{gt} - X\|}{N} \quad (1)$$

- ▶ X_{gt} : le centre issu de la vérité terrain
- ▶ X : le centre de la boîte englobante de suivi
- ▶ N : taille de l'objet

ELBCM : Résultats de suivi

Séquence “Panda”

● Tuzel ● ELBCM ● Verité terrain



Difficultés :

- ▶ Faible résolution de l'objet
- ▶ Occultations
- ▶ Changements d'échelle

Critère d'évaluation

$$w_{error} = \frac{\|X_{gt} - X\|}{N} \quad (1)$$

- ▶ X_{gt} : le centre issu de la vérité terrain
- ▶ X : le centre de la boite englobante de suivi
- ▶ N : taille de l'objet

ELBCM : Résultats de suivi

Séquence “Panda”

● Tuzel ● ELBCM ● Verité terrain



Difficultés :

- ▶ Faible résolution de l'objet
- ▶ Occultations
- ▶ Changements d'échelle

Critère d'évaluation

$$w_{error} = \frac{\|X_{gt} - X\|}{N} \quad (1)$$

- ▶ X_{gt} : le centre issu de la vérité terrain
- ▶ X : le centre de la boîte englobante de suivi
- ▶ N : taille de l'objet

ELBCM : Résultats de suivi

Séquence “Panda”

● Tuzel ● ELBCM ● Verité terrain



Difficultés :

- ▶ Faible résolution de l'objet
- ▶ Occultations
- ▶ Changements d'échelle

Critère d'évaluation

$$w_{error} = \frac{\|X_{gt} - X\|}{N} \quad (1)$$

- ▶ X_{gt} : le centre issu de la vérité terrain
- ▶ X : le centre de la boite englobante de suivi
- ▶ N : taille de l'objet

ELBCM : Résultats de suivi

Séquence “Panda”

● Tuzel ● ELBCM ● Verité terrain



Difficultés :

- ▶ Faible résolution de l'objet
- ▶ Occultations
- ▶ Changements d'échelle

Critère d'évaluation

$$w_{error} = \frac{\|X_{gt} - X\|}{N} \quad (1)$$

- ▶ X_{gt} : le centre issu de la vérité terrain
- ▶ X : le centre de la boite englobante de suivi
- ▶ N : taille de l'objet

ELBCM : Résultats de suivi

Séquence “Panda”

● Tuzel ● ELBCM ● Verité terrain



Difficultés :

- ▶ Faible résolution de l'objet
- ▶ Occultations
- ▶ Changements d'échelle

Critère d'évaluation

$$w_{error} = \frac{\|X_{gt} - X\|}{N} \quad (1)$$

- ▶ X_{gt} : le centre issu de la vérité terrain
- ▶ X : le centre de la boite englobante de suivi
- ▶ N : taille de l'objet

ELBCM : Résultats de suivi

Séquence “Panda”

● Tuzel ● ELBCM ● Verité terrain



Difficultés :

- ▶ Faible résolution de l'objet
- ▶ Occultations
- ▶ Changements d'échelle

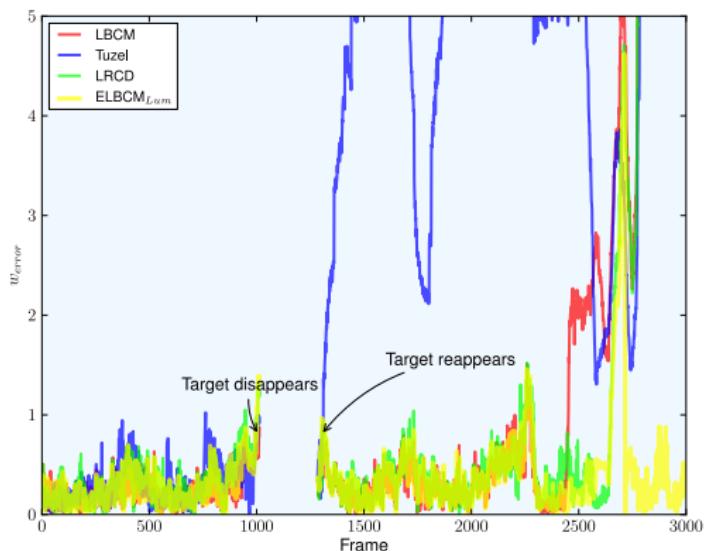
Critère d'évaluation

$$w_{error} = \frac{\|X_{gt} - X\|}{N} \quad (1)$$

- ▶ X_{gt} : le centre issu de la vérité terrain
- ▶ X : le centre de la boite englobante de suivi
- ▶ N : taille de l'objet

ELBCM : Résultats de suivi

Séquence “Panda”



Features	Panda	
	time/frame [ms]	w_{error}
Tuzel	3.65	1.93
LBCM	7.57	0.28
ELBCM	3.65	0.27
LRCD	1.71	0.38

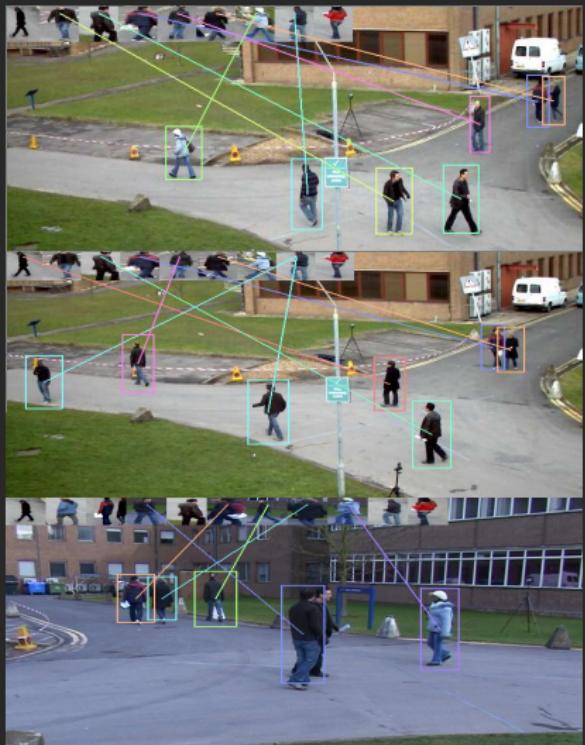
ELBCM est

- ▶ plus rapide que LBCM
- ▶ plus précise

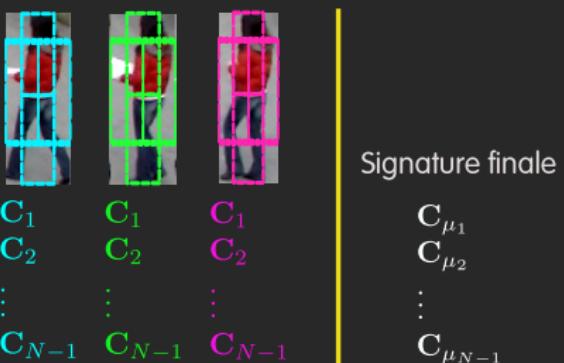
ELBCM: Conclusions

- ▶ $\times 2$ plus rapide que LBCM
- ▶ Descripteur compact 7×7 au lieu de 11×11 (car LBP 8)
- ▶ Taille fixe quelle que soit la taille du voisinage LBP
- ▶ Réduit de 50% de l'erreur de reconnaissance sur la base de textures de Brodatz
- ▶ Meilleur taux de ré-identification, bon gestion des occultations
- ▶ Meilleur taux de ré-identification, bon gestion des occultations

Ré-identification d'objets



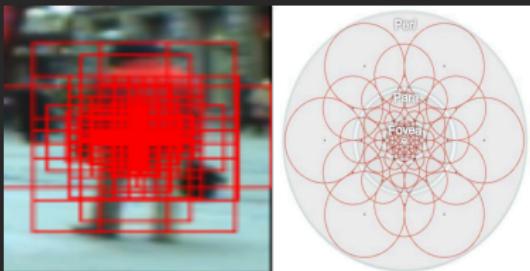
- ▶ Approche basée sur la Covariance Riemannienne Moyenne (**MRC**) (
- ▶ À partir d'un ensemble de N matrices de covariance $\{C_1, C_2, \dots, C_{N-1}\}$ on calcule la matrice de covariance moyenne C_μ (moyenne de Karcher ou de Fréchet)



Ré-identification d'objets

Procédure dans le cas d'un piéton :

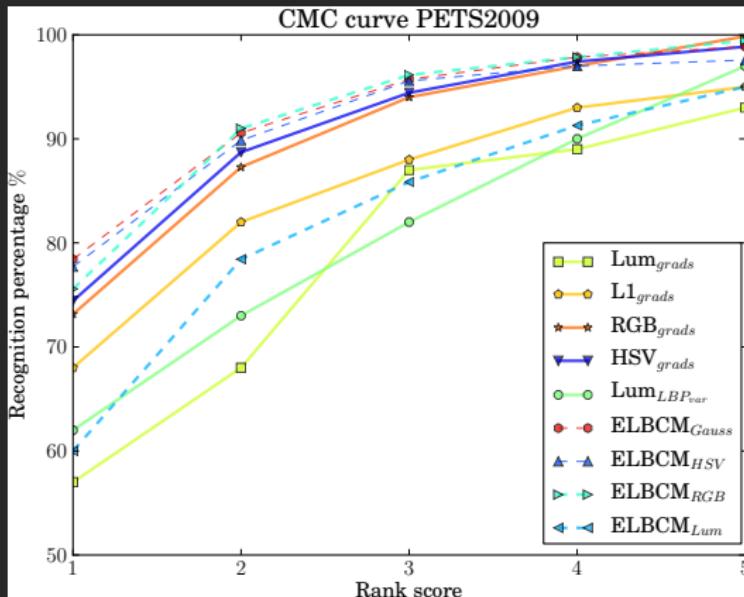
- ▶ 43 anneaux de rectangles concentriques se forment autour du centre pour recouvrir différentes zones de l'image



- ▶ Pour chaque individu, 10 images ont été sélectionnées aléatoirement pour calculer leur C_μ
- ▶ **Évaluation :**
 - ▶ Rank-score: succès est déclaré lorsque l'image est trouvé parmi les n modèles le plus similaires
 - ▶ Taux de reconnaissance : pourcentage de succès

Ré-identification de piétons: résultats

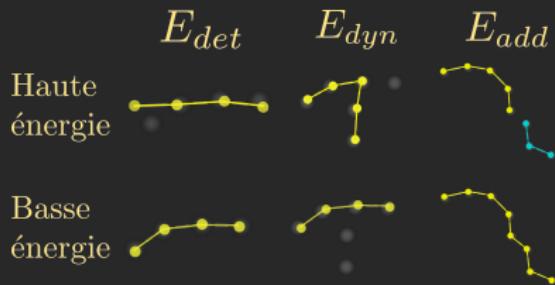
- ▶ Comparaison des opérateurs texture et couleur
- ▶ $\{\text{gradients}, \text{ELBCM}, \text{Var}_{LBP}\} \times \{\text{Lum}, \text{L1}, \text{RGB}, \text{HSV}, \text{Gauss}\}$



- ▶ La couleur augmente énormément le taux de reconnaissance
- ▶ Les combinaisons ELBCM donnent les meilleures performances

Suivi multi-cibles

- ▶ Méthode basée sur le paradigme de suivi par détection
 - ▶ À chaque instant l'algorithme reçoit une liste de détections \mathbf{d}_i et un ensemble de trajectoires connues \mathbf{t}_j
- ▶ Chaque trajectoire garde information historique associée à l'objet:
 - ▶ liste de positions
 - ▶ matrices de covariance
 - ▶ un modèle qui est calculée à partir cette liste de matrices



Stratégie de minimisation :

- ▶ Problème d'association combinatoire, l'algorithme de Munkres (est utilisé pour choisir l'association optimale)
- ▶ Possibilité de création de nouvelles trajectoires

Modélisation discrète de l'énergie des trajectoires :

$$E(\mathbf{d}_i, \mathbf{t}_j) = \underbrace{E_{det}}_{\text{confiance sur la détection}} + \underbrace{E_{dyn}}_{\text{modèle dynamique}} + \underbrace{E_{app}}_{\substack{\text{Similitude de covariance} \\ \text{similarité apparence}}} + \underbrace{E_{add}}_{\substack{\text{Distances aux bords} \\ \text{modèle de persistance}}}$$

Suivi multi-cibles : Résultats

Comparaison avec l'état de l'art

Séquence	Méthode	MOTA (%)	MOTP (%)	MT	ML	IDS
Pets 2009 S2-L1-V1	OM+APP (90.6	80.2	21	1	11
	KSP (80.3	72.0	17	2	13
	EKF (68.0	76.5	9	1	25
	PF (75.0	60.0	-	-	-
	HDA (97.8	75.3	21	0	8
	Notre approche	70.1	75.9	16	0	5

Suivi multi-cibles : Résultats

Comparaison avec l'état de l'art

Séquence	Méthode	MOTA (%)	MOTP (%)	MT	ML	IDS
Pets 2009 S2-L1-V1	OM+APP (90.6	80.2	21	1	11
	KSP (80.3	72.0	17	2	13
	EKF (68.0	76.5	9	1	25
	PF (75.0	60.0	-	-	-
	HDA (97.8	75.3	21	0	8
	Notre approche	70.1	75.9	16	0	5

Suivi multi-cibles : Résultats

Comparaison avec l'état de l'art

Séquence	Méthode	MOTA (%)	MOTP (%)	MT	ML	IDS
Pets 2009 S2-L1-V1	OM+APP (90.6	80.2	21	1	11
	KSP (80.3	72.0	17	2	13
	EKF (68.0	76.5	9	1	25
	PF (75.0	60.0	-	-	-
	HDA (97.8	75.3	21	0	8
	Notre approche	70.1	75.9	16	0	5