

# Analyse de la vidéo

## Chapitre 4.1 - La modélisation pour le suivi d'objet

10 février 2014

# Plan de la présentation

- 1 La représentation d'objets
- 2 Modèles géométriques
- 3 SIFT
- 4 Modèles d'apparence
- 5 Choix du modèle

# Plan de la présentation

- 1 La représentation d'objets
  - Modèles de forme et d'apparence
- 2 Modèles géométriques
- 3 SIFT
- 4 Modèles d'apparence
- 5 Choix du modèle

# Introduction

Applications du suivi d'objet :

- **Reconnaissance par le mouvement** : Classification d'objets basé sur le comportement
- **Surveillance automatique** : Détection de dangers ou événements suspects, trafic automobile
- **Interaction visuelle** : Interface humain-machine (ex : kinect)
- **Navigation automatique** : Plannification de trajet par la vidéo (ex : google car)

# Introduction

## Le suivi d'objet :

- On veut estimer la trajectoire d'un objet dans le plan image alors qu'il bouge dans une scène
  - Un moniteur d'objet (tracker) assigne une étiquette à l'objet suivi dans toutes les images de la vidéo
  - Un moniteur peut aussi fournir des informations de forme, d'action, d'orientation, de mémoire temporelle, etc.
- La tâche se sépare en deux catégories :
  - La modélisation de l'objet à suivre ;
  - L'algorithme de suivi basé sur le modèle.

# Introduction

Peut être complexe :

- Basé sur le mouvement apparent ;
- Bruit, changement d'illumination ;
- Déformation d'objets, occlusion ;
- Doit être en temps réel.

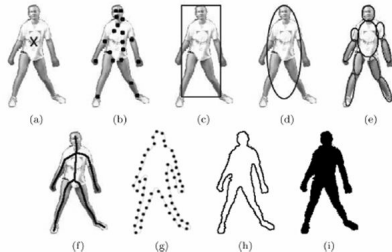
Mais on peut imposer des contraintes :

- Petits mouvements ;
- Changements de vitesses non-brusques ;
- Connaissance *a priori* de notre objet.

# Représentation des objets

On classe les types de modélisation en deux classes distinctes :

- **Modèle géométrique (de forme) :**



- **Modèle iconique (d'apparence) :** Description du contenu en terme de couleur, de texture, de mouvement, ...

# Plan de la présentation

- 1 La représentation d'objets
- 2 Modèles géométriques
  - Modèle "bounding-box"
  - Modèle de contours, silhouette, squelette
  - Application : Kinect
  - Points d'intérêt
- 3 SIFT
- 4 Modèles d'apparence
- 5 Choix du modèle



# Modèle d'approximation géométriques

## Approximation par formes géométriques

- Les objets sont représentés par des triangles, ellipses, carrés, ...
- Le mouvement est considéré constant pour tout l'objet et est facilement paramétrisable (affine, projection, ...)
- Peut être utilisé pour suivre des objets déformables, même s'il n'est pas adapté pour ça.

# Modèle d'approximation géométriques

**Modèle de contours/silhouettes** Le modèle des contours/silhouettes est très utile pour décrire l'**allure du mouvement d'objets non rigides**.

- *Contour* d'un objet → Frontière de l'objet
- *Silhouette* d'un objet → Intérieur de l'objet

→ Permet s'adapter aux changements de la taille des différentes composantes des objets suivis.

# Modèle articulé

## Modèle articulé

Ce modèle permet d'associer une primitive géométrique pour chaque membre d'un objet articulé en mouvement.

La relation entre les différentes parties, ainsi que les articulations les reliant, sont gouvernées par des lois de la mécanique du mouvement.

# Modèle squelettique

## Modèle squelettique

Le squelette d'un objet peut être généré en appliquant la transformation de l'axe médian pour la silhouette de l'objet.

→ Modèle intermédiaire entre le modèle des contours/silhouettes et le modèle articulé. → Peut être analysé pour la reconnaissance des actions d'objets, et aussi pour la synthèse du mouvement.

# Exemple de modélisation géométrique : Kinect

## Kinect

La kinect permet d'obtenir facilement un carte de profondeur de la scène à l'aide d'une caméra à infra-rouge.

La carte de profondeur nous permet d'obtenir la silhouette des joueurs (6 personnes détecté, 2 que l'on peut suivre).

# Exemple de modélisation géométrique : Kinect

## Kinect

La kinect permet d'obtenir facilement un carte de profondeur de la scène à l'aide d'une caméra à infra-rouge.

La carte de profondeur nous permet d'obtenir la silhouette des joueurs (6 personnes détectés, 2 que l'on peut suivre).

# Exemple de modélisation géométrique : Kinect

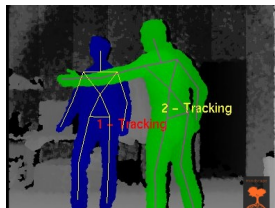


**Figure 1.** An intensity image and grayscale-coded depth image of a person. Since the background is similar color to the person's shirt, it is difficult for the computer to segment the person from the background using the intensity image. The segmentation is trivial using the depth image.

# Exemple de modélisation géométrique : Kinect

## Kinect

Des 6 joueurs détectables, on peut tracker que deux joueurs en simultané. Pour ce faire on utilise un hybride du modèle articulé et modèle squelettique.

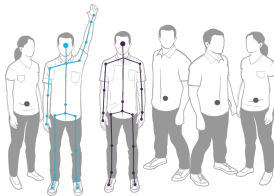




# Exemple de modélisation géométrique : Kinect

## Kinect

Des 6 joueurs détectables, on peut tracker que deux joueurs en simultané. Pour ce faire on utilise un hybride du modèle articulé et modèle squelettique.



# Exemple de modélisation géométrique : Kinect

## Kinect

On utilise le modèle articulé afin de pouvoir classifier les mouvements de chaque joueur : saut, bras levé, accroupi, etc.

On observe principalement l'angle entre les articulations.

# Représentation par les points d'intérêts

## Points d'intérêt

Les points d'intérêt peuvent être des coins d'objets, des points de fuites, etc. Ces points peuvent être détectés en utilisant, par exemple, le **détecteur de Harris** ou **SIFT**.

En général, pour chaque frame :

- 1 On détecte les points d'intérêt de la scène ;
- 2 On fait une mise en correspondance frame par frame en des points de l'objet avec les points de la scène.

# Avantages/Inconvénients des points d'intérêts

## Avantages :

- Sélection partielle de l'objet.
- Robustesse aux transformations de l'image ou de l'objet.
- Robustesse aux occlusions.

## Inconvénients :

- Temps de calcul de l'extraction de point.
- Temps de calcul de la mise en correspondance.

# Plan de la présentation

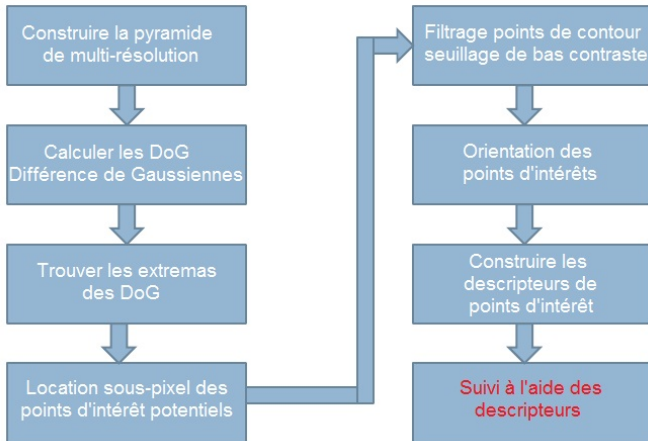
- 1 La représentation d'objets
- 2 Modèles géométriques
- 3 SIFT
  - Introduction
  - Multi-résolution et différence de Gaussienne (DoG)
  - Localisation de points d'intérêt
  - Primitive d'orientation et construction de descripteur
  - SURF
- 4 Modèles d'apparence

# Motivation

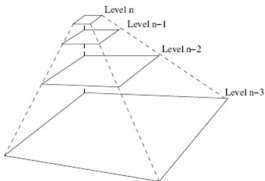
Pour fin de mise en correspondance de points d'intérêt, on voudrait trouver une primitive qui possèderait les caractéristiques suivantes :

- Invariant à la mise à échelle ;
- Invariant à la rotation ;
- Invariant à l'illumination ;
- Invariant au point de vue.

# Survol de l'algorithme



# Espace multi-résolution



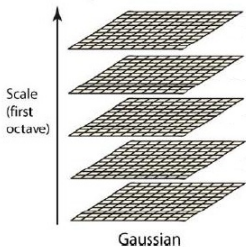
## Pyramide d'image multi-résolution





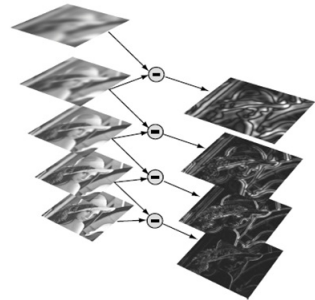
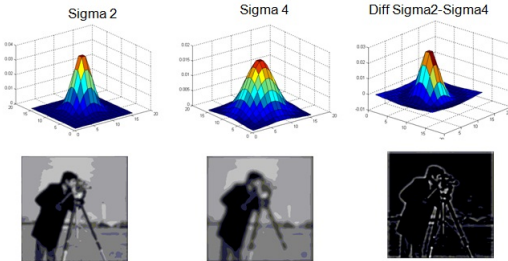
# Espace multi-résolution

**À chaque résolution (octave),** on applique un flou gaussiens aux images **avec des valeur d'écart-type différentes**. Par exemple, pour un octave, on peut généréré huit images flous :

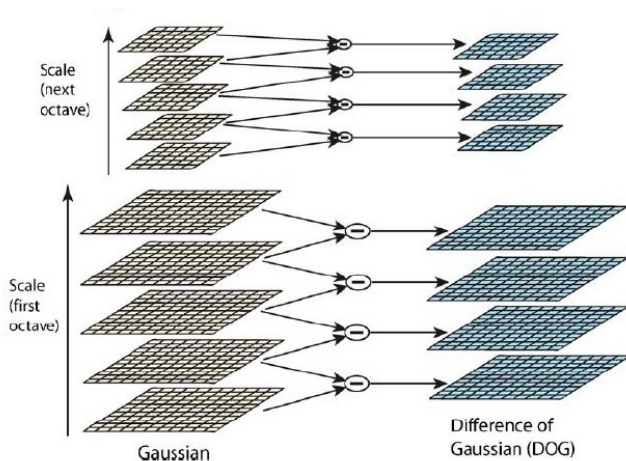


# Différence de Gaussienne (DoG)

Pour trouver les extremums de ces gaussiennes, on doit trouver le laplacien des gaussiennes. Une bonne approximation est la différence de gaussienne, qui permet de trouver les contours de notre image :



# Pyramide DoG

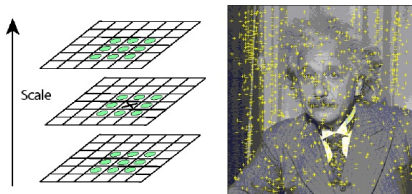


# Pyramide DoG



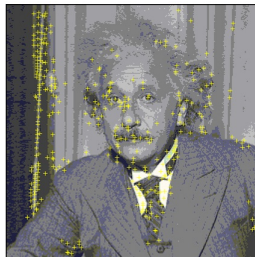
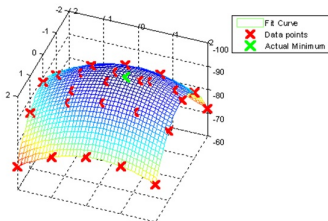
# Extremums à partir des DoG

Pour localiser des points d'intérêt potentiel, on trouve les points extrêmes dans un voisinage  $3 \times 3 \times 3$  des DoG :  $3 \times 3$  au DoG courant,  $3 \times 3$  au DoG précédent et  $3 \times 3$  au DoG suivant. On effectue cette opération un octave à la fois, pour tous les octaves.



# Raffinement de la position des extremums

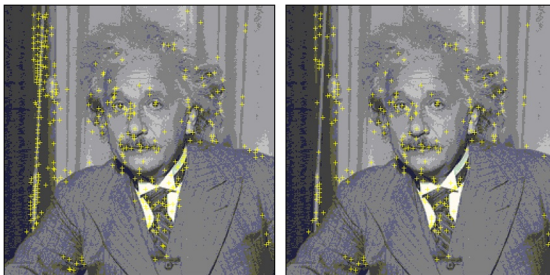
Pour un octave, les DoG me nous donneront pas exactement les même points d'intérêts potentiel. En fittant les points du cube  $3 \times 3 \times 3$  dans une fonction quadratique, on peut arriver à identifier l'emplacement sous-pixel du point d'intérêt extremum des DoG au pixel  $(x, y)$  :



# Élimination des faux extremums

De la même façon que le détecteur de Harris (Chapitre 4.1), on identifie, à l'aide du Hessien, les points qui sont des coins et on élimine les contours.

De plus, on effectue un seuil pour les extremums ayant un bas niveau de contraste dans l'espace multi-résolution (et non l'espace DoG).



# Orientation

On détermine l'orientation principale d'un point d'intérêt en utilisant le **gradient des DoG** pour chaque octave :

$$m(x, y) = \sqrt{(D(x+1, y) - D(x-1, y))^2 + (D(x, y+1) - D(x, y-1))^2}$$
$$\theta(x, y) = \tan^{-1} \left( \frac{D(x+1, y) - D(x-1, y)}{D(x, y+1) - D(x, y-1)} \right)$$

En utilisant une fenêtre centrée sur le point d'intérêt, on calcule, pour chaque point, l'angle et l'intensité du gradient, que l'on intègre à un **histogramme d'angle binarisé**.

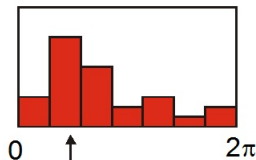


# Orientation

On ajoute le gradient à l'histogramme **seulement si la norme dépasse un certain seuil**. On garde alors la meilleure orientation principale de l'histogramme.



Pour chaque  
points d'intérêts



# Résumé partiel

Donc jusqu'à maintenant, on a :

- Des points d'intérêts ;
- Leur orientation principale.

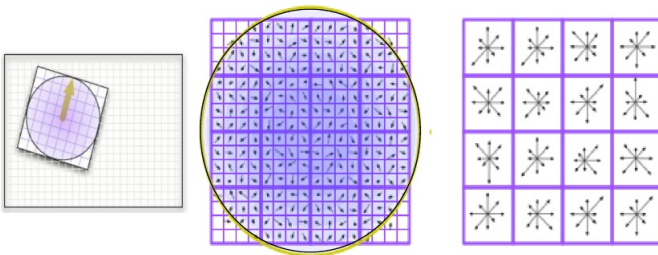
On voudrait alors obtenir les même points d'intérêt, même avec des mises à échelle, rotation, illumination différentes.

# Descripteur local (signature)

Prenons l'image originale  $I_s$  dans l'espace multi-résolution. On effectue alors les opérations suivantes :

- 1 On échantillonne les gradients de  $I_s$  dans une matrice 16x16 ;
- 2 On crée, de la même façon que précédemment, des histogrammes d'orientation (8 bins) pour chaque partie 4x4 de la matrice.
- 3 8 orientations x 4x4 vecteur d'histogramme = 128 dimensions !

Comment tenir compte des changements d'illumination ? On normalise les vecteurs de descripteurs d'orientation !



## SURF vs SIFT

Les points SURF sont une variante plus rapide (et plus robuste) des points SIFT. En résumé :

- On remplace les informations de gradient par les ondelettes de Haar du voisinage ;
- On approxime la matrice hessienne de la détection de point par des opération entières.

# Plan de la présentation

- 1 La représentation d'objets
- 2 Modèles géométriques
- 3 SIFT
- 4 Modèles d'apparence
  - Patches/modèle
  - Modèle probabiliste (Histogramme)
  - Modèle de texture (Matrice co-occurrence)
  - Descripteurs locaux
- 5 Choix du modèle

# Modèle de l'apparence

Les modèles d'apparence d'objets permettent de décrire le contenu des objets en terme de **primitives basées sur l'intensité** : couleur, texture, mouvement etc.

La plupart des modèles se basent sur la distribution spatiale de la caractéristique visuelle considérée pour modéliser l'apparence.

# Modèle de l'apparence

Quelques modèles d'apparence :

- **Patche/modèle** : Représentation directe en couleur ou niveau de gris de l'objet à suivre.
- **Histogramme (probabiliste)** : Représente la probabilité d'obtenir la valeur de la primitive dans l'objet. (Peut être approximé par les mixtures de gaussienne).
- **Matrice de co-occurrence (texture)** : Matrice qui, pour chaque pixel, représente l'information de son voisinage.

# Patche/modèle

## Patche/modèle :

Utile lorsqu'apparié à un modèle "bounding-box", on utilise directement l'image à l'intérieur de celle-ci pour la comparer au modèle précédent ou à une banque d'image.



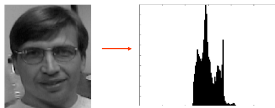


# Histogramme (probabiliste)

## Histogramme et densité de probabilité :

Au lieu d'utiliser directement la couleur, on peut observer la distribution de celle-ci dans son ensemble, sans tenir compte de l'arrangement spatial.

On peut utiliser un modèle non-paramétrique, l'histogramme, ou une fonction de densité probabiliste (PDF) tel les mixtures de gaussiennes.

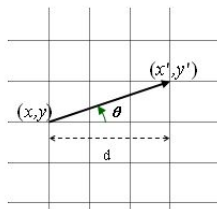


# Matrice de co-occurrence

## Matrice de co-occurrence (texture)

Outre l'analyse du domaine de Fourier, La matrice de co-occurrence peut être calculée pour chaque voisinage d'un pixel à l'intérieur de l'objet suivi.

Supposons que la valeur d'intensité des pixels est dans l'intervalle  $\{0, 1, \dots, m\}$ . On peut calculer la matrice de co-occurrence de distance  $d$  et une orientation  $\theta$  représentant le voisinage observé :



# Matrice de co-occurrence

La valeur de  $p(i, j)$  dans la matrice  $\mathbf{C}$  contient la fréquence d'occurrence des deux intensités  $i$  et  $j$  sur des pixels  $(x, y)$ ,  $(x', y')$ .

$$\mathbf{C}(d, \theta) = \begin{pmatrix} p(0, 0) & p(0, 1) & \dots & p(0, j) & \dots & p(0, m) \\ p(1, 0) & p(1, 1) & \dots & p(1, j) & \dots & p(1, m) \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ p(i, 0) & p(i, 1) & \dots & p(i, j) & \dots & p(i, m) \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ p(m, 0) & p(m, 1) & \dots & p(m, j) & \dots & p(m, m) \end{pmatrix}$$

# Matrice de co-occurrence

En principe, on calcule la matrice pour 4 ou 8 direction, à une distance de 1 et 2 pixels. On combine ensuite les matrices pour en former qu'une seule. **C**. Plusieurs caractéristiques de texture peuvent être extraites.

Voici quelques exemples :

- Energie =  $\sum_i \sum_j [p(i, j)]^2$
- Entropie =  $-\sum_i \sum_j p(i, j) \log(p(i, j))$
- Contraste =  $\sum_i \sum_j (i - j)^2 p(i, j)$
- Moment d'inertie =  $\sum_i \sum_j \frac{1}{1+(i-j)^2} p(i, j)$

# Descripteur local

## Descripteur locaux

Suite à une segmentation de l'image, on peut décrire chaque objet ou chaque partie d'objets segmentés par une des primitives précédentes.



Particulièrement adapté au modèle articulé.

# Plan de la présentation

- 1 La représentation d'objets
- 2 Modèles géométriques
- 3 SIFT
- 4 Modèles d'apparence
- 5 Choix du modèle
  - Sélection du modèle géométrique et d'apparence

# Le choix du modèle

## Le choix du modèle géométrique

On choisit le modèle de forme selon l'application :

- Une représentation par points est idéal pour suivre des objets petit dans une grande scène ou qui a beaucoup d'occlusion. (ex : oiseau)
- Une représentation par forme géométrique est plus approprié à de gros objets à déformation faible (ex : voiture)
- Une représentation par silhouette, contour, modèle articulé est adapté à des mouvements complexes ou de la reconnaissance d'actions (ex : kinect)

# Le choix du modèle

## Le choix du modèle d'apparence

On détermine le modèle d'apparence en fonction de la facilité à distinguer l'objet des autres ou de la scène par rapport à celle-ci.

- On choisit l'espace de couleur qui nous facilite la tâche.
- On choisit un modèle de texture lorsque celle-ci se démarque des autres.
- Une représentation par points augmentés (ex : SIFT, SURF) permet de combiner à la fois des aspects d'apparence et de position.



# La détection de l'objet

## La détection de l'objet par rapport à la scène

- On utilise les images directement, sans traitement ;
- On apprend le background pour segmenter facilement les objets ;
- On segmente la scène (depth map ou segmentation spatiale) afin de détecter des objets à suivre ;
- On utilise une représentation en points des objets et la scène au complet.