

Techniques du Traitement d'Images

Estimation du mouvement dans les séquences d'images

Master IA&D – TDI 2005

Antoine MANZANERA – ENSTA/LEI

Cours TI & Vision

Antoine MANZANERA – ENSTA/LEI

1



Karlsruhe2.avi

TELESURVEILLANCE

- Intrusion
- Trafic routier
- Poursuite de cibles

Large spectre d'applications



Mom_daughter_mp4.avi
+ Mom_daughter.avi

ROBOTIQUE

- Détection d'obstacles
- Ego-mouvement
- Guidage de missiles



Nasa_mp4.avi

CODAGE

- Compression
- Indexation

Cours TI & Vision

Antoine MANZANERA – ENSTA/LEI

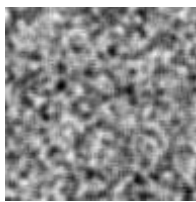
2

Plan du cours « Estimation de mouvement »

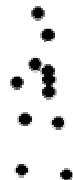
- Introduction : analyse du mouvement dans une séquence d'images
 - Calcul du mouvement apparent
 - Interprétation du flot optique
- Méthodes fréquentielles (transformations globales)
 - Méthodes par appariement (flot optique)
- Application : codage séquences *mpeg2*
- Méthodes différentielles (flot optique)
 - Approches multi-échelles
- Approches par pré-segmentation

Mouvement et perception

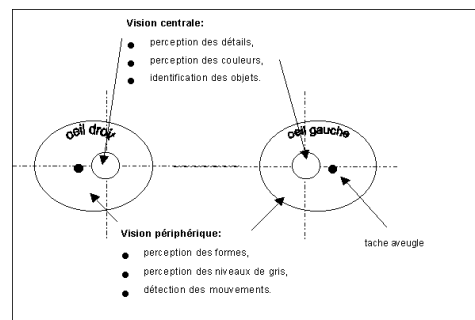
En vision, le mouvement constitue une source d'information perceptuelle très importante.



la forme par
le mvt

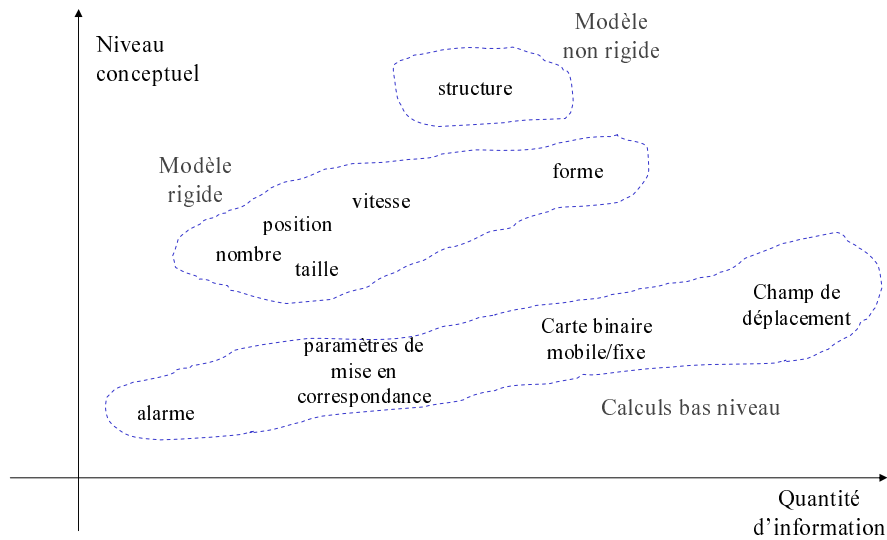


la structure par
le mvt



vision périphérique des vertébrés

Quelle information extraire ?



Cours TI & Vision

Antoine MANZANERA - ENSTA/LEI

5

Traitement d'images

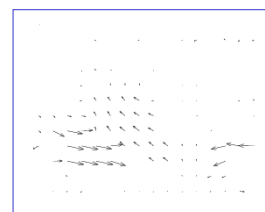
On distingue en général 3 tâches de traitement d'images :



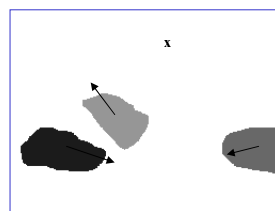
Niveau conceptuel ↓



DETECTION



ESTIMATION



SEGMENTATION

Cours TI & Vision

Antoine MANZANERA - ENSTA/LEI

6

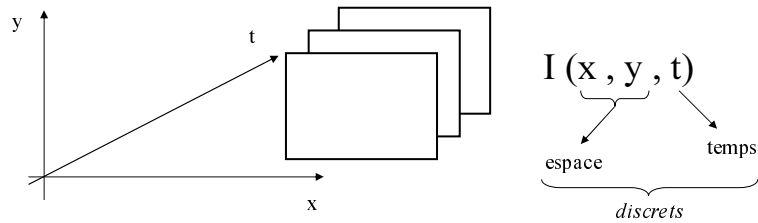
Mouvement et problèmes inverses

PROBLEME INVERSE :

Extraire des caractéristiques *physiques* (i.e. *objectives*) de l'environnement...

MAL POSE :

... à partir d'une information qui ne permet de les recouvrir que partiellement.

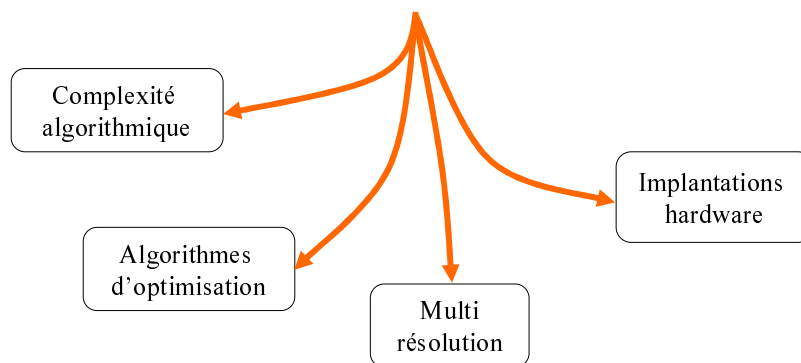


REGULARISATION →

Exploiter des connaissances *a priori* (i.e. *subjectives*)

Notions algorithmiques

En général le *temps réel* est *exigé* (même pour la compression dans le cas d'une transmission à la volée). Le temps de calcul est donc une préoccupation fondamentale dans le traitement des séquences d'images.



Calcul du mouvement apparent

(1) Le calcul d'un mouvement apparent *global* (mise en correspondance) entre deux images correspond à l'estimation des paramètres d'une transformation affectant *tous* les points de l'image : translation, rotation, homothétie, affinité,...

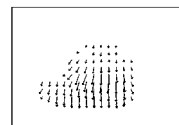
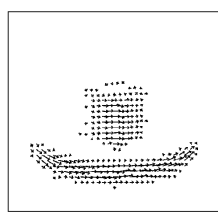
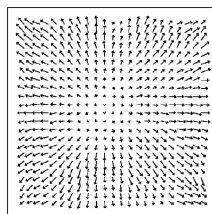
(2) Le calcul du mouvement apparent *local* consiste à associer à chaque pixel (x,y,t) de I un vecteur (v_x^t, v_y^t) représentant la *vitesse apparente* du pixel (x,y) à l'instant t .

—————→ Calcul du *flot optique* (= Champ de mouvement apparent)

Idéalement : le vecteur (v_x^t, v_y^t) représente la projection sur le plan image du vecteur vitesse (V_x^t, V_y^t, V_z^t) des objets de la scène par rapport au repère image (O,x,y,z) (grandeur objective).

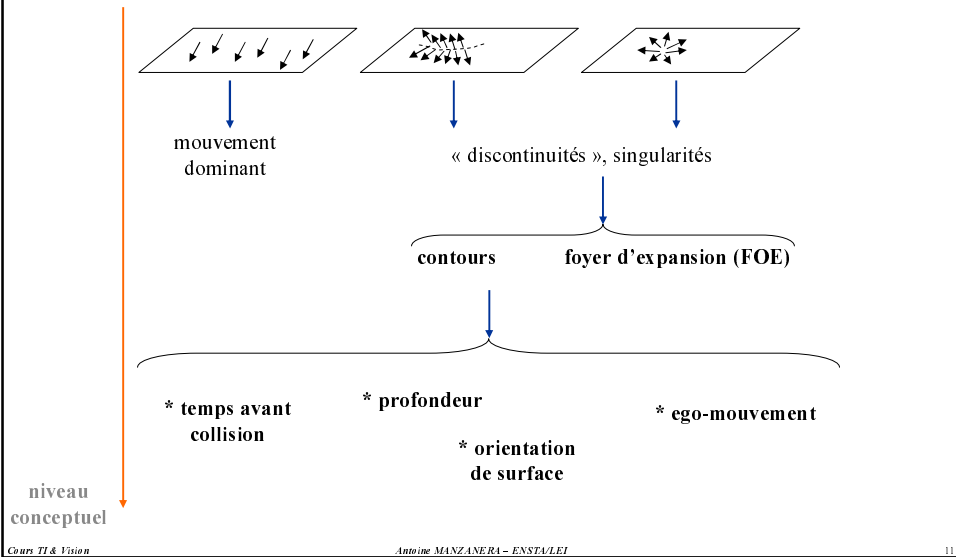
On le calcule à partir des variations temporelles de la fonction $I(x,y,t)$.

Exemples de flot optique



Source : Pierre Kornprobst - INRIA

Quelles informations peut fournir le flot optique ?



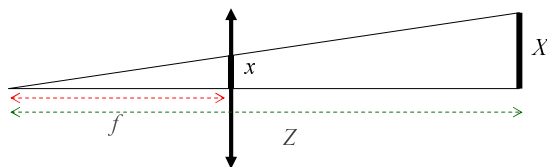
Distorsion perspective

On note (X, Y, Z) les coordonnées d'un point de la scène.

(x, y) les coordonnées du même point projeté dans l'image

f la distance focale de la caméra

Distorsion perspective
(modèle sténopé) :



$$x = f \frac{X}{Z}$$

$$y = f \frac{Y}{Z}$$

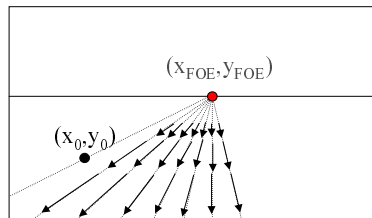
Le foyer d'expansion (FOE)

Lors d'un déplacement de la caméra dans une scène statique, les directions de vitesse des points projetés sur le plan image converge vers un point du plan projectif appelé FOE.

Si la caméra se déplace à la vitesse $(-X', -Y', -Z')$, alors tous les points de la scène sont à la même vitesse (X', Y', Z') (avec $X' = dX/dt$; $Y' = dY/dt$; $Z' = dZ/dt$).

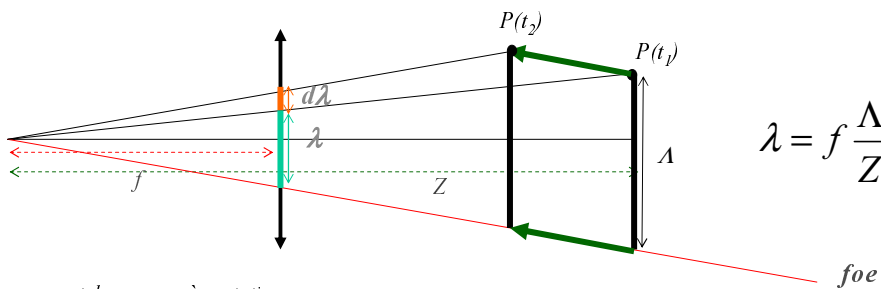
Soit (X_0, Y_0, Z_0) un point de la scène. Après un temps t , il est projeté sur l'image au point (x_t, y_t) , avec :

$$(x_t, y_t) = \left(f \frac{X_0 + tX'}{Z_0 + tZ'}, f \frac{Y_0 + tY'}{Z_0 + tZ'} \right)$$



$$(x_{FOE}, y_{FOE}) = \lim_{t \rightarrow -\infty} (x_t, y_t) = \left(f \frac{X'}{Z'}, f \frac{Y'}{Z'} \right)$$

Temps avant collision



mouvement dans une scène statique :

$$\lambda' = -\frac{f\Lambda}{Z^2} Z'$$

et donc

$$\frac{\lambda}{\lambda'} = -\frac{Z}{Z'}$$

temps avant collision

Profondeur et coordonnées scène

- Connaissant la profondeur d'un point de la scène on peut déterminer celle de tout point qui a la même vitesse :

$$Z_2 = \frac{Z_1 \lambda_2 \lambda_1'}{\lambda_2' \lambda_1}$$

- Calcul des coordonnées scène :

$$\begin{cases} Z = \frac{Z' \lambda}{\lambda'} \\ Y = \frac{yZ' \lambda}{f\lambda'} \\ X = \frac{xZ' \lambda}{f\lambda'} \end{cases}$$

Calcul du flot optique : limites et contraintes

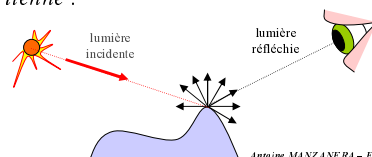


(1) On suppose :

MOUVEMENT \Leftrightarrow VARIATION D'INTENSITE

(\Leftarrow) On suppose que l'observation d'une variation d'intensité dans l'image traduit nécessairement l'existence d'un mouvement dans la scène. Cela correspond à une hypothèse d'éclairage constant sur la scène.

(\Rightarrow) C'est la variation de l'intensité dans l'image qui doit permettre de retrouver le mouvement apparent de l'objet dans la scène. On suppose donc que la lumière réfléchie par un point de la scène reste constante indépendamment du mouvement relatif scène / caméra. L'hypothèse sous-jacente est que les objets sont à surface lambertienne :



L'intensité de la lumière réfléchie est la même dans toutes les directions.

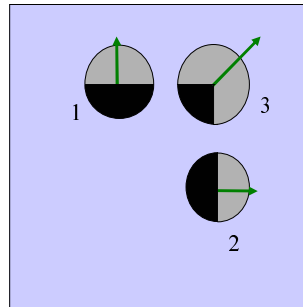
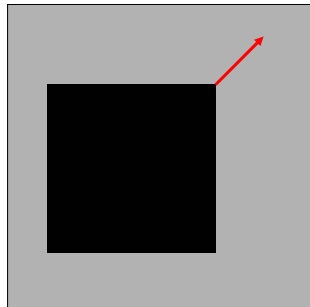
Calcul du flot optique : limites et contraintes



(2) PROBLEME DE L'OUVERTURE

On n' « accède » au mouvement apparent d'un point que grâce à un calcul effectué *dans un voisinage borné* de ce point.

→ On ne peut calculer que la composante du mouvement *dans la direction du gradient* (i.e. *perpendiculaire au contour*).



Cours TI & Vision

Antoine MANZANERA - ENSTA/LEI

17

Problème de l'ouverture

Un exemple classique de manifestation du problème de l'ouverture :
L'enseigne de barbier.



Barber's pole



Motion field



Optical flow

Cours TI & Vision

Antoine MANZANERA - ENSTA/LEI

18

Techniques fréquentielles

Les techniques fréquentielles d'estimation du mouvement entre deux images sont fondées sur l'équivalence translation/déphasage de la transformée de Fourier :

Rappel : l'expression d'une image dans le domaine fréquentiel consiste à décomposer la fonction bidimensionnelle en sommes de sinusoides complexes :

$$I(x, y) = \frac{1}{wh} \sum_{u=0}^{w-1} \sum_{v=0}^{h-1} F(u, v) e^{2i\pi(ux+vy)/wh}$$

Transformée de Fourier discrète inverse

Les coefficients des différentes sinusoides sont calculés par la transformée de Fourier :

$$F(u, v) = \sum_{x=0}^{w-1} \sum_{y=0}^{h-1} I(x, y) e^{-2i\pi(ux+vy)/wh}$$

Transformée de Fourier discrète directe

Notation (module, phase) : $F(u, v) = \|F(u, v)\| e^{j\phi_F(u, v)}$

La propriété de translation/déphasage dit que si F est la transformée de Fourier de I :

Alors la TF de I translatée de $(-\delta x, -\delta y)$, est G , avec :

$$\begin{array}{ccc} I(x, y) & \xrightarrow{\text{TF}} & F(u, v) \\ I(x + \delta x, y + \delta y) & \xrightarrow{\text{TF}} & G(u, v) = F(u, v) e^{2i\pi(u\delta x + v\delta y)/wh} \end{array}$$

Soit : $\|G(u, v)\| = \|F(u, v)\|$ et : $\phi_G(u, v) = \phi_F(u, v) + 2\pi(u\delta x + v\delta y)/wh$

Le déphasage entre F et G vaut donc : $\Delta\phi(u, v) = 2\pi(u\delta x + v\delta y)/wh$

Il suffit donc en théorie de considérer ce déphasage pour 2 couples (u, v) pour calculer $(\delta x, \delta y)$, mais cette technique est sensible au bruit et aux changements d'illumination qui induisent des variations dans les basses fréquences.

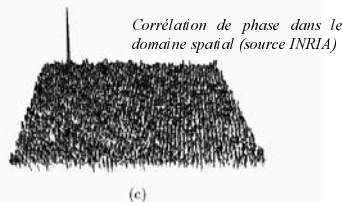
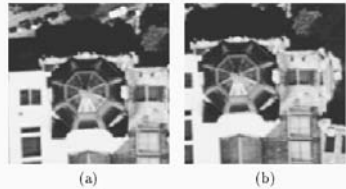
On utilise plutôt la technique de corrélation de phase.

Corrélation de phase

La technique de corrélation de phase exploite une conséquence directe de la propriété de translation/déphasage. Si F est la TF de I et G la TF de I translatée de $(-\delta x, -\delta y)$, alors le déphasage entre F et G est égal à leur spectre de puissance croisé normalisé (SPCN), i.e. :

$$\frac{F^*(u, v)G(u, v)}{\|F^*(u, v)G(u, v)\|} = e^{2i\pi(u\delta x + v\delta y)/wh}$$

La TF inverse du SPCN est donc égale à la fonction de Dirac du vecteur de translation : $\delta_{(\delta x, \delta y)}(x, y)$



La technique de corrélation de phase consiste donc à :

1. Calculer les TF de $I(x, y, t)$ et $I(x, y, t+1)$, soit F_1 et F_2
2. Calculer χ le SPCN de F_1 et F_2
3. Calculer D la TF inverse de χ
4. Rechercher le maximum de D

Avantages et inconvénients

- + Robuste car toutes les fréquences contribuent au calcul
- + Relativement rapide grâce au calcul de la FFT
- En pratique limité à un déplacement global sur toute l'image

Invariant de Fourier-Mellin

L'utilisation de la transformée de *Fourier-Mellin* permet de calculer les paramètres d'une similitude (*rotation et homothétie*) comme un *vecteur de translation* de manière analogue au cas précédent, grâce à une représentation log-polaire de l'espace des fréquences $(u, v) \rightarrow (\theta, \log \rho)$:

Soit g l'image transformée de f par une rotation d'angle α , une homothétie de rapport σ et une translation de vecteur (x_0, y_0) :

$$g(x, y) = f(\sigma(\cos \alpha x + \sin \alpha y) - x_0, \sigma(-\sin \alpha x + \cos \alpha y) - y_0)$$

Les amplitudes des transformées de Fourier de f et g sont liées par la relation suivante :

$$\|G(u, v)\| = \frac{1}{\sigma} \|F(\frac{1}{\sigma}(u \cos \alpha + v \sin \alpha), \frac{1}{\sigma}(-u \sin \alpha + v \cos \alpha))\|$$

donc l'amplitude : $\left\{ \begin{array}{l} \bullet \text{ ne dépend pas de la translation } (x_0, y_0). \\ \bullet \text{ subit une rotation d'angle } \alpha \\ \bullet \text{ subit une modification d'échelle d'un facteur } 1/\sigma \end{array} \right.$

En passant les fréquences en coordonnées polaires :

$$F_p(\theta, \rho) = \|F(\rho \cos \theta, \rho \sin \theta)\|, 0 \leq \theta \leq 2\pi, 0 \leq \rho < \infty$$

$$G_p(\theta, \rho) = \|G(\rho \cos \theta, \rho \sin \theta)\|, 0 \leq \theta \leq 2\pi, 0 \leq \rho < \infty$$

Enfin, en passant la coordonnée radiale au logarithme :

$$r = \log \rho$$

$$s = \log \sigma$$

$$F_p(\theta, r) = F_p(\theta, \rho)$$

$$G_p(\theta, r) = G_p(\theta, \rho)$$

on obtient :

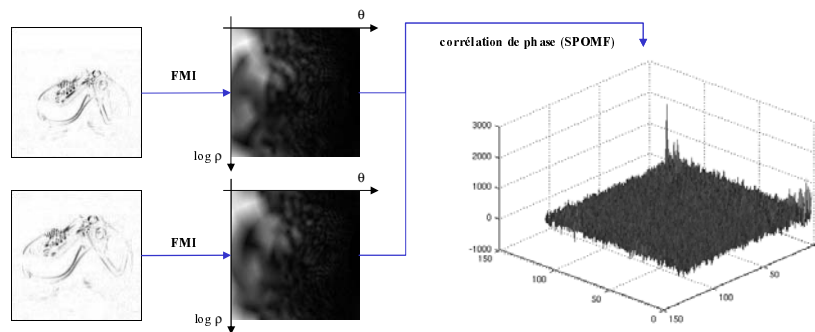
$$G_p(\theta, r) = \frac{1}{\sigma} F_p\left(\theta - \alpha, \frac{\rho}{\sigma}\right)$$

on obtient :

$$G_{ip}(\theta, r) = \frac{1}{\sigma^2} F_{ip}(\theta - \alpha, r - s)$$

Donc une similitude dans l'espace image se traduit par une *translation* dans l'espace des fréquences *log-polaires*.

Invariant de Fourier-Mellin



Un exemple d'utilisation de la transformée de Fourier-Mellin : calcul de la position de la tête des Robots Aibo dans l'image par corrélation de phase des invariants de Fourier-Mellin. (FMI-SPOMF : Fourier-Mellin Invariant Symmetric Phase Only Matched Filtering) : *J.C. Bailly et M. Nottale 2004.*



L'information de phase de l'image originale est perdue dans la FMI. Le FMI-SPOMF revient à chercher la meilleure (rotation, homothétie) qui mette en correspondance 2 spectres d'amplitude. *On ne retrouve donc pas les paramètres de translation entre les deux images, et de plus l'information de forme portée par la phase n'existe plus.*

Pour compléter cette transformation, on peut appliquer une corrélation de phase classique sur le couple d'image de départ, après avoir appliqué sur l'une des images la transformation (rotation, homothétie) fournie par le FMI-SPOMF.

Notons enfin, que comme pour la corrélation de phase, cette méthode est utilisée en pratique pour estimer des transformations *globales*, car elle utilise la contribution de tout le spectre (ou au moins une large partie), ce qui implique une étendue spatiale importante des pixels utilisés pour l'estimation de chaque transformation.

Technique par appariement

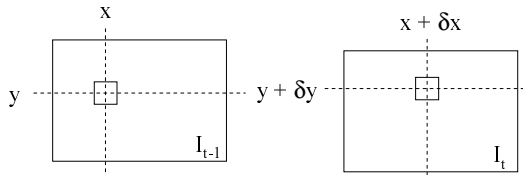
Mesure d'appariement :

On considère $B \subset \mathbb{Z}^2$ voisinage de l'origine :



$$A'_{(x,y)}(\delta x, \delta y) = \sum_{(b_1, b_2) \in B} (I(x + b_1, y + b_2, t - 1) - I(x + \delta x + b_1, y + \delta y + b_2, t))^2$$

C'est la somme des différences au carré de 2 blocs :



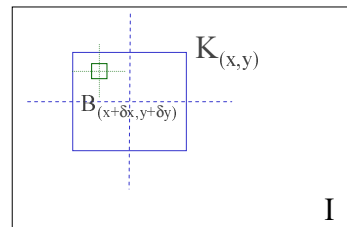
typiquement :
B de taille
9x9, 15x15...

Solution du flot optique :

$$(v'_x, v'_y) = \arg \min_{(\delta x, \delta y) \in K} A'_{(x,y)}(\delta x, \delta y)$$

$$K \subseteq I$$

pour limiter le temps de calcul
+ stratégies d'optimisation...



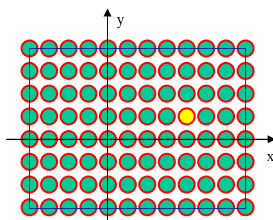
Cours TI & Vision

Antoine MANZANERA - ENSTA/LEI

23

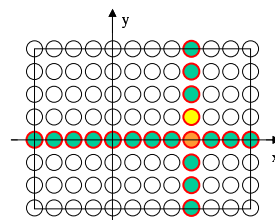
Appariement : stratégies d'optimisation

Le principe des stratégies d'optimisation est de parcourir « intelligemment » l'espace de recherche K pour minimiser la complexité de calcul de l'optimum d'appariement :



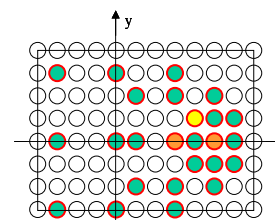
EXHAUSTIF

K



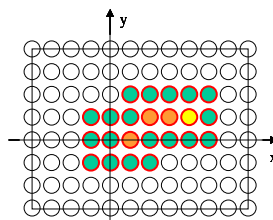
SEPARABLE

K



HIERARCHIQUE

K



DESCENTE DE GRADIENT

K

Pour chaque point de K, on ne calcule la somme des différences que tant qu'on demeure inférieur à un seuil T . Le meilleur déplacement correspond à celui pour lequel le plus de points ont été examinés.

SEQUENTIEL

En l'absence d'hypothèse sur la fonction d'appariement (séparabilité, convexité...) dans le domaine K, seul le parcours exhaustif garantit le calcul d'un optimum *global* sur K.

Cours TI & Vision

Antoine MANZANERA - ENSTA/LEI

24

Exemple : norme mpeg2 de codage video



Flot optique sous-résolu

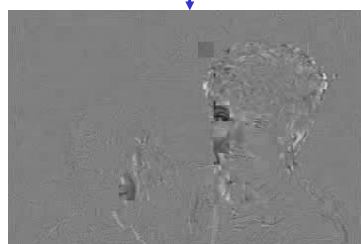
- Découpage en blocs 16×16 ou 32×32 .
- Hypothèse de même déplacement pour tous les pixels du blocs.
- Codage : déplacements + erreurs comprimées.

↳ Compression statique *JPEG* :

- Transformée en cosinus discrète
- Quantification
- Codage entropique



Trame prédite



Erreurs de prédiction

+ démo soft
VcDemo
TU Delft

Norme mpeg4 de codage video



➡ OBJETS VIDEO

Segmentation au sens du mouvement :

✓ Codage de la forme

Calcul du masque des objets mobiles

✓ Codage du mouvement

Estimations de mouvement indépendantes

✓ Codage du fond

- statique
- panoramique (mode *sprite*)



Techniques différentielles

HORN & SCHUNCK 1981

Exploitation directe de la contrainte (1) :

$$I(x, y, t) = I(x + \delta x, y + \delta y, t + \delta t)$$

Formule de Taylor

$$= I(x, y, t) + \frac{\partial I}{\partial x} \cdot \delta x + \frac{\partial I}{\partial y} \cdot \delta y + \frac{\partial I}{\partial t} \cdot \delta t + \dots$$

Termes d'ordres supérieures négligés

SOIT :

$$\nabla I \cdot \mathbf{v} + \frac{\partial I}{\partial t} = 0$$

avec

$$\begin{cases} \nabla I = (\frac{\partial I}{\partial x}, \frac{\partial I}{\partial y}) & \text{gradient spatial} \\ \mathbf{v} = (v'_x, v'_y) & \text{inconnues} \\ \frac{\partial I}{\partial t} & \text{gradient temporel} \end{cases}$$

Equation de contrainte du mouvement apparent (ECMA)

ou : équation du flot optique

Cours TI & Vision

Antoine MANZANERA - ENSTA/LEI

27

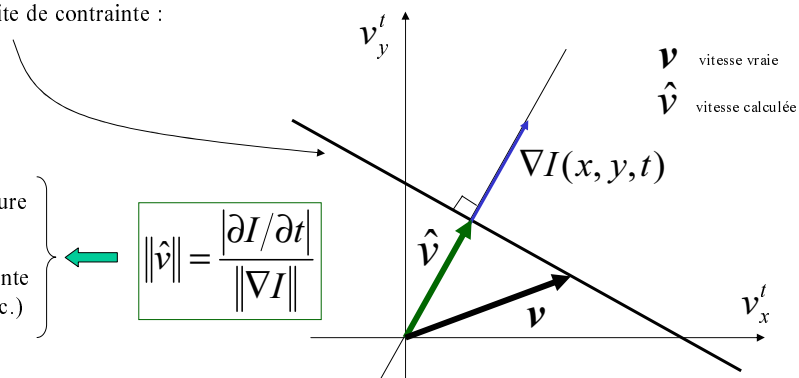
Interprétation de l'ECMA

(1) En faisant l'hypothèse d'une certaine *régularité* du champ et de *petits déplacements*, les *changements temporels* dans l'image sont *équivalents* (au premier ordre) au produit scalaire des *changements spatiaux* et de la *vitesse apparente*.

(2) Droite de contrainte :

pb d'ouverture
||
sous-contrainte
(1 eq°, 2 inc.)

$$\|\hat{\mathbf{v}}\| = \frac{|\partial I / \partial t|}{\|\nabla I\|}$$



Cours TI & Vision

Antoine MANZANERA - ENSTA/LEI

28

Résolution de l'ECMA

HORN & SCHUNCK 1981

Résolution de l'ECMA par ajout d'une contrainte de régularité.

⇔ Régularisation du pb mal posé par hypothèse de champ lisse de déplacement.

→ Minimisation d'une fonction de coût :

$$C_{(x,y)}^t(v_x^t, v_y^t) = \underbrace{\left(\nabla I \cdot v + \frac{\partial I}{\partial t} \right)^2}_{\text{ECMA}} + \lambda \underbrace{\left[\left(\frac{\partial v_x^t}{\partial x} \right)^2 + \left(\frac{\partial v_x^t}{\partial y} \right)^2 + \left(\frac{\partial v_y^t}{\partial x} \right)^2 + \left(\frac{\partial v_y^t}{\partial y} \right)^2 \right]}_{\text{REGULARISATION}}$$

facteur de pondération

Cours TI & Vision

Antoine MANZANERA - ENSTA/LEI

29

Résolution de l'ECMA

HORN & SCHUNCK 1981

1. Minimisation d'une fonctionnelle quadratique :

$$C_{(x,y)}(u, v) = (I_x u + I_y v + I_t)^2 + \lambda (u_x^2 + u_y^2 + v_x^2 + v_y^2)$$

avec : $\begin{cases} (u, v) \text{ composantes du champ (inconnues) à calculer} \\ \{I_x, I_y, I_t\} \text{ dérivées partielles de l'image} \\ \{u_x, u_y, v_x, v_y\} \text{ dérivées partielles des composantes du champ} \end{cases}$

→ Annulation des dérivées premières $\partial/\partial u(\dots) = 0$; $\partial/\partial v(\dots) = 0$

Equations d'Euler-Lagrange de minimisation de C :

$$\begin{cases} 2(I_x u + I_y v + I_t)I_x + 2\lambda \left[\left(\frac{\partial}{\partial u} \frac{\partial u}{\partial x} \right) \frac{\partial u}{\partial x} + \left(\frac{\partial}{\partial u} \frac{\partial u}{\partial y} \right) \frac{\partial u}{\partial y} \right] = 0 \\ 2(I_x u + I_y v + I_t)I_y + 2\lambda \left[\left(\frac{\partial}{\partial v} \frac{\partial v}{\partial x} \right) \frac{\partial v}{\partial x} + \left(\frac{\partial}{\partial v} \frac{\partial v}{\partial y} \right) \frac{\partial v}{\partial y} \right] = 0 \end{cases}$$

soit : $\begin{cases} (I_x u + I_y v + I_t)I_x + \lambda \Delta u = 0 \\ (I_x u + I_y v + I_t)I_y + \lambda \Delta v = 0 \end{cases}$ avec $\begin{cases} \Delta u = \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} \\ \Delta v = \frac{\partial^2 v}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 v}{\partial y^2} \end{cases}$ laplaciens de u et v

Cours TI & Vision

Antoine MANZANERA - ENSTA/LEI

30

Résolution de l'ECMA

2. Approximation du Laplacien : $\nabla^2 f = f - \tilde{f}$ \tilde{f} = moyenne de f dans un certain voisinage

$$\text{soit : } \begin{cases} (v - \tilde{v})(I_x^2 + I_y^2 + \lambda) = -I_y(I_x \tilde{u} + I_y \tilde{v} + I_t) \\ (u - \tilde{u})(I_x^2 + I_y^2 + \lambda) = -I_x(I_x \tilde{u} + I_y \tilde{v} + I_t) \end{cases}$$

3. Schéma itératif de résolution :

$$\text{Méthode de Gauss-Seidel : } \begin{cases} u^k = \tilde{u}^{k-1} - I_x(I_x \tilde{u}^{k-1} + I_y \tilde{v}^{k-1} + I_t) \cdot (I_x^2 + I_y^2 + \lambda)^{-1} \\ v^k = \tilde{v}^{k-1} - I_y(I_x \tilde{u}^{k-1} + I_y \tilde{v}^{k-1} + I_t) \cdot (I_x^2 + I_y^2 + \lambda)^{-1} \end{cases}$$

Soit, en reprenant les notations originales :

ALGORITHME DE HORN & SCHUNCK

avec :

$$\begin{cases} N = \frac{\partial I}{\partial x} \tilde{v}_x^{k-1} + \frac{\partial I}{\partial y} \tilde{v}_y^{k-1} + \frac{\partial I}{\partial t} \\ D = \lambda + \left(\frac{\partial I}{\partial x}\right)^2 + \left(\frac{\partial I}{\partial y}\right)^2 \end{cases}$$

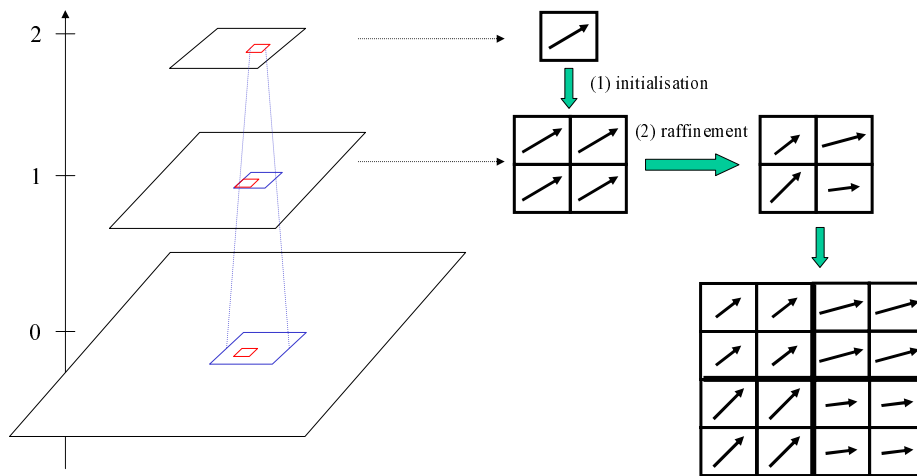
• Initialisation : $v_x^0 = 0$ $v_y^0 = 0$

• Répéter jusqu'à convergence :

$$\begin{cases} v_x^k = \tilde{v}_x^{k-1} - \frac{\partial I}{\partial x} \frac{N}{D} \\ v_y^k = \tilde{v}_y^{k-1} - \frac{\partial I}{\partial y} \frac{N}{D} \end{cases}$$

Estimation multi-échelles

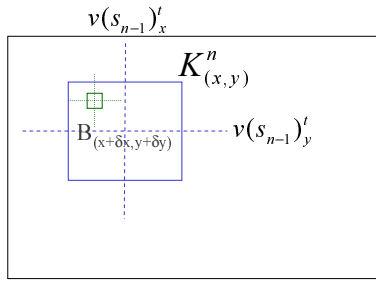
Niveau



Principe du calcul multi-échelles

ALGORITHME PAR CORRELATION

$$(v(s_n)'_x, v(s_n)'_y) = \arg \max_{(\delta x, \delta y) \in K^n} C^t_{(x,y)}(\delta x, \delta y)$$



$$\text{avec : } K^n_{(x,y)} = [v(s_{n-1})'_x \pm \Delta_1] \times [v(s_{n-1})'_y \pm \Delta_2]$$

ALGORITHME DE HORN & SCHUNCK

• Initialisation : $v(s_0)_x^0 = 0$ $v(s_0)_y^0 = 0$

• Répéter jusqu'à convergence :

$$\begin{cases} v(s_0)_x^k = \tilde{v}(s_0)_x^{k-1} - \frac{\partial I}{\partial x} \frac{N}{D} \\ v(s_0)_y^k = \tilde{v}(s_0)_y^{k-1} - \frac{\partial I}{\partial y} \frac{N}{D} \end{cases}$$

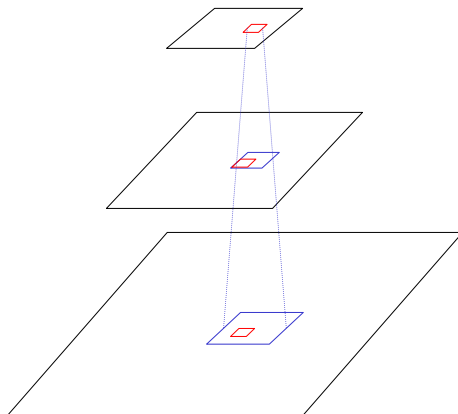
• Init. : $v(s_1)_x^0 = v(s_0)_x^\infty$ $v(s_1)_y^0 = v(s_0)_y^\infty$

• Répéter jusqu'à convergence :

$$\begin{cases} v(s_1)_x^k = \tilde{v}(s_1)_x^{k-1} - \frac{\partial I}{\partial x} \frac{N}{D} \\ v(s_1)_y^k = \tilde{v}(s_1)_y^{k-1} - \frac{\partial I}{\partial y} \frac{N}{D} \end{cases}$$

.../...

Avantages des calculs multi-échelles

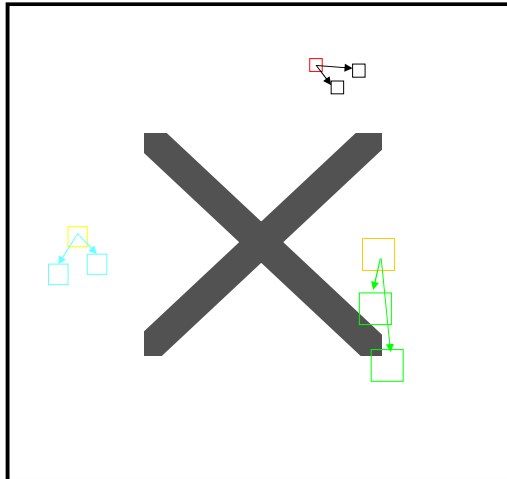


- ✓ Agrandir le domaine des vitesses calculables
- ✓ Diminuer le temps de calcul
- ✓ Prévoir les inconsistances
- ✓ Régulariser de manière implicite
- ✓ Résoudre les problèmes d'aliasing temporel

Calculs multi-échelles et aliasing temporel

L'aliasing temporel correspond à l'indécidabilité du problème de mise en correspondance de motifs dans le cas de structures périodiques lorsque l'amplitude du déplacement est supérieure à celle des motifs.

Ce problème se rencontre à différentes échelles dans l'image :



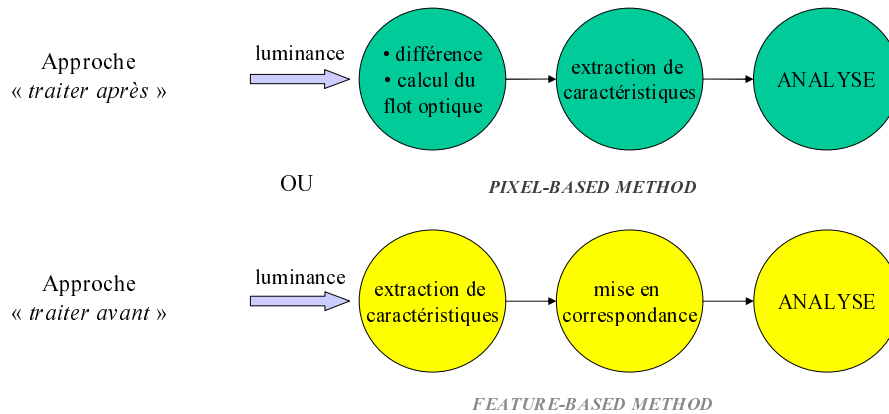
Calculs multi-échelles et aliasing temporel



Pyramide Gaussienne

Approches par pré-segmentation

Il existe classiquement 2 approches de l'analyse du mouvement :



Cours TI & Vision

Antoine MANZANERA - ENSTA/LEI

37

Approches par pré-segmentation

Dans le cadre du calcul du flot optique, on cherche un compromis entre les deux approches « pixel-based » et « feature-based ».

En effet, pour l'extraction de certaines caractéristiques du flot optique, il est intéressant d'avoir un champ dense (pixel-based), mais une pré-segmentation permet de différencier le calcul spatialement (feature-based), pour éviter l'apparition et la propagation des erreurs.

Exemple de pré-segmentation : *Calcul des points d'intérêt*

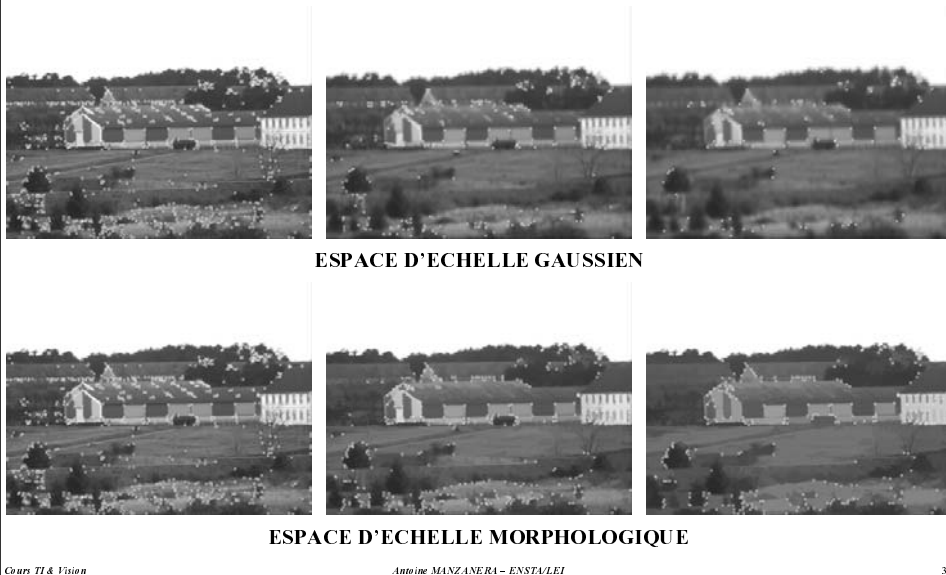


Cours TI & Vision

Antoine MANZANERA - ENSTA/LEI

38

Exemple de calcul de points d'intérêt

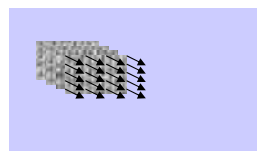


Points d'intérêt et flot optique

Lien avec le flot optique : *RESTREINDRE*, ou *DIFFERENCIER* le calcul du flot optique pour les points d'intérêt.

Lien avec la vision biologique :

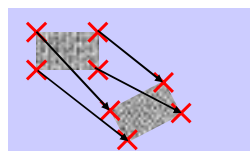
2 types de perception du mouvement bien distincts chez les primates :



petits mouvements



analyse du flux optique



grands mouvements



mise en correspondance de points caractéristiques

Points d'intérêt et flot optique

Avantages *algorithmiques* de la pré-segmentation
par point d'intérêt :

✓ problème bien posé au voisinage des points d'intérêt

↔ *consistance du flot*

✓ réduction du temps de calcul

↔ *diminution du domaine de définition*

✓ optimisation convexe

↔ *algorithmique gloutonne, implantation hardware, ...*

Bibliographie du chapitre

- **B.K.P Horn & B. Schunck 1974 « Determining Optical Flow » Artificial Intelligence 23 185-203**
- **D.H. Ballard & C.M Brown 1982 « Computer Vision » Prentice Hall (Ch. 3, Ch. 7)**
- **T.S Huang 1983 « Image sequences processing and dynamic scene analysis » Springer Verlag NATO ASI Series**
- **J.M. Jolion & A. Rosenfeld 1994 « A pyramid framework for early vision » Kluwer Academic Publishers Dordrecht, NL**
- **R. Jain, R. Kasturi, & B. Schunck 1995 « Machine Vision » McGraw-Hill Inc. (Ch.14)**