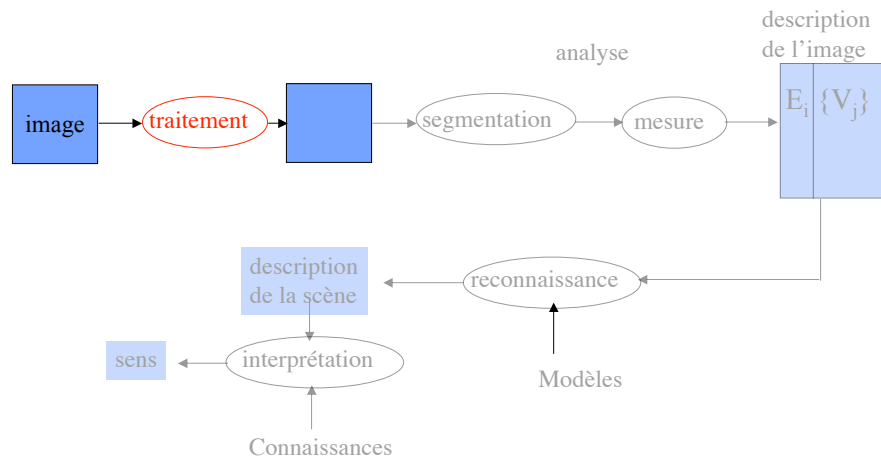


Traitements



RESTAURATION

- DÉGRADATIONS
- CORRECTION GÉOMÉTRIQUE
- RESTAURATION (Dégradations par SLSI)
 - Transformée de Fourier
 - Modélisation des dégradations
 - Restauration par filtre inverse

DÉGRADATIONS

- Prise de vue, contexte d'acquisition

- mouvement objet et/ou caméra (bougé)
- défocalisation
- brouillard atmosphérique
- interférences (source lumineuse- lumière diffusée)

- Capteur, Optique de la caméra

- diffraction
- aberrations (géométriques, chromatiques)
- distorsions (barillet, coussinet)

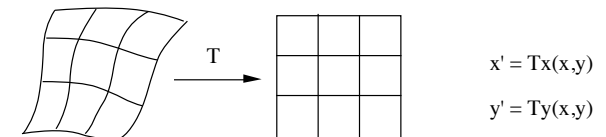
- Capteur, Échantillonnage, Électronique

- non linéarité du capteur
- ouverture du faisceau ou taille des micro-cellules (CCD)
- convertisseur Analogique - Numérique

- Transmissions

- hertzien : turbulences atmosphériques
- cable : parasites de lignes

CORRECTION des DISTORSIONS GÉOMÉTRIQUES



1- Déterminer la transformation

2- Corriger (appliquer la transformation)

CORRECTION des DISTORSIONS GÉOMÉTRIQUES

1- Déterminer la transformation

a- Modélisation polynômiale

$$x' = \sum_{r=0}^m \sum_{k=0}^{m-r} a_{rk} x^r y^k \quad y' = \sum_{r=0}^m \sum_{k=0}^{m-r} b_{rk} x^r y^k$$

$$m \approx 3$$

b- Détermination des paramètres

- =>
- mettre en correspondance un ensemble de points caractéristiques
 - résoudre un système d'équations linéaires

CORRECTION des DISTORSIONS GÉOMÉTRIQUES

Exemple : équations bi-linéaires

$$\begin{cases} r(x, y) = a_1.x + a_2.y + a_3.xy + a_4 \\ s(x, y) = b_1.x + b_2.y + b_3.xy + b_4 \end{cases}$$

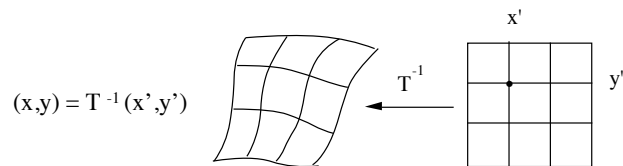
Minimisation au sens des moindres carrés :

$$E = \sum_{i=1}^n \left\{ [x'_i - r(x_i, y_i)]^2 + [y'_i - s(x_i, y_i)]^2 \right\}$$

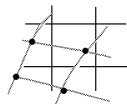
CORRECTION des DISTORSIONS GÉOMÉTRIQUES

2- Correction

- Pour chaque (x', y') , trouver le point (x, y) qui l'a produit



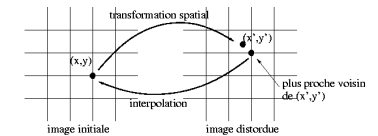
- (x, y) ne correspondant pas à un point de la trame d'entrée, calculer la valeur du pixel par interpolation, à partir des valeurs des points de la trame qui encadrent (x, y) .



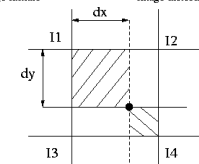
CORRECTION des DISTORSIONS GÉOMÉTRIQUES

Interpolation

ordre 0 - sélection du pixel entier le plus proche :



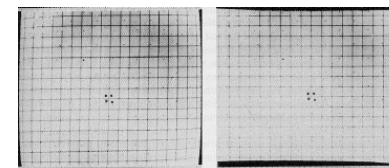
bi-linéaire - calcul à partir des 4 voisins entiers du pixel :



$$I = 11.(1-dx).(1-dy) + 12.dx.(1-dy) + 13.(1-dx).dy + 14.dx.dy$$

Exemples de correction géométrique

Déformation en barillet



TRANSFORMÉE DE FOURIER

Un OUTIL d' ANALYSE et de TRAITEMENT

Définitions

directe : $TF(f(x,y)) = F(u,v) = \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} f(x,y) e^{-2i\pi(ux+vy)} dx dy$

inverse : $TF^{-1}(F(u,v)) = f(x,y) = \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} F(u,v) e^{2i\pi(ux+vy)} dudv$

discrète : $F(u,v) = \frac{1}{M.N} \sum_{x=0}^{M-1} \sum_{y=0}^{N-1} f(x,y) e^{-2i\pi(\frac{ux}{M} + \frac{vy}{N})}$

avec : $\Delta u = \frac{1}{M\Delta x}$ $\Delta v = \frac{1}{N\Delta y}$

TRANSFORMÉE DE FOURIER

Propriétés :

Séparable : => calcul de la TF 1D, en lignes, puis en colonnes

Symétrie : $F(-u,-v) = F^*(u,v)$
=> possibilité d'implémenter un algorithme rapide FFT

Linéaire : $TF(af_1(x,y) + bf_2(x,y)) = a.F_1(u,v) + b.F_2(u,v)$

Décalage : $TF(f(x-a, y-b)) = e^{-2i\pi(au+bv)} F(u,v)$
une translation ne modifie pas le spectre

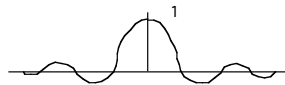
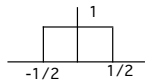
Convolution : $TF(f*h)(x,y) = F(u,v) . H(u,v)$

$$TF(f(x,y).h(x,y)) = (F*H)(u,v)$$

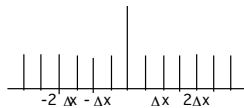
où convolution :

$$(f * h)(x,y) = \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} f(a,b).h(x-a,y-b)dadb$$

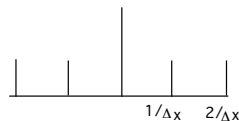
TRANSFORMÉE DE FOURIER : EXEMPLES



$$\sin c(u) = \frac{\sin(\pi u)}{\pi u}$$

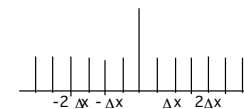


$$\sum_{n=-\infty}^{\infty} \delta(x - n\Delta x)$$

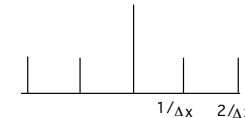


$$\frac{1}{\Delta x} \sum_{n=-\infty}^{\infty} \delta(\xi - \frac{n}{\Delta x})$$

TRANSFORMÉE DE FOURIER : ECHANTILLONNAGE



$$\sum_{n=-\infty}^{\infty} \delta(x - n\Delta x)$$



$$\frac{1}{\Delta x} \sum_{n=-\infty}^{\infty} \delta(\xi - \frac{n}{\Delta x})$$

échantillonnage $fe(x,y) = f(x,y) \cdot \frac{1}{\Delta x \Delta y} \sum_{m=-\infty}^{\infty} \sum_{n=-\infty}^{\infty} e^{2i\pi(\frac{mx}{\Delta x} + \frac{ny}{\Delta y})}$

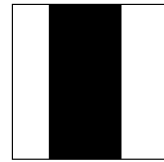
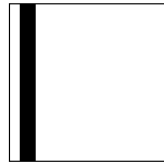
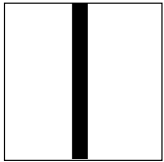
$$Fe(u,v) = \frac{1}{\Delta x} \frac{1}{\Delta y} \sum_{j=-\infty}^{\infty} \sum_{k=-\infty}^{\infty} F(u - \frac{j}{\Delta x}, v - \frac{k}{\Delta y})$$

=> il faut que : $F(u,v)$ soit nulle pour $|u| > U$ et $|v| > V$

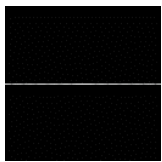
$$\Delta x \leq \frac{1}{2U} \quad \text{et} \quad \Delta y \leq \frac{1}{2V}$$

TRANSFORMÉE DE FOURIER : EXEMPLES

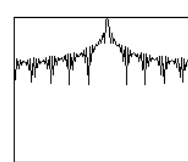
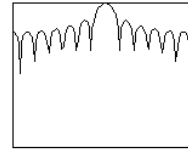
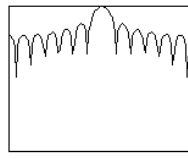
IMAGES
forme=noir=niveau 255)



MODULE DE TF
(blanc = 255)

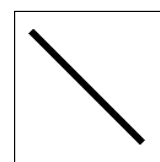
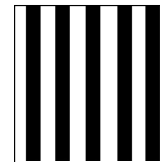
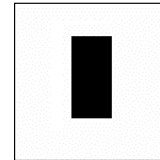


COUPE
ligne centrale (y=0)

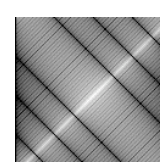
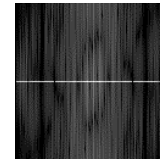
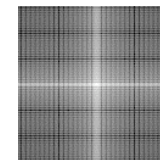


TRANSFORMÉE DE FOURIER : EXEMPLES

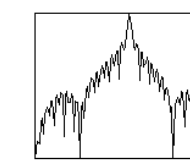
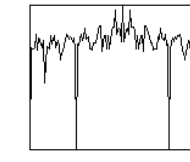
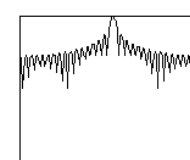
IMAGES
forme=noir=niveau 255)



MODULE DE TF
(blanc = 255)

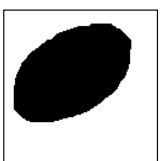
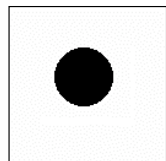
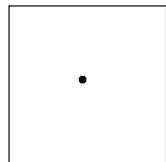


COUPE
ligne centrale (y=0)

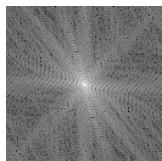
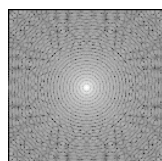
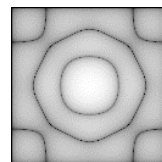


TRANSFORMÉE DE FOURIER : EXEMPLES

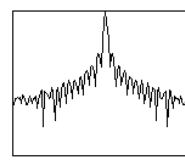
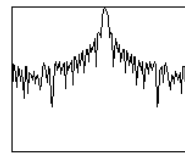
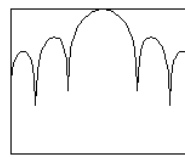
IMAGES
forme=noir=niveau 255)



MODULE DE TF
(blanc = 255)



COUPE
ligne centrale (y=0)



DÉGRADATION : MODÉLISATION

A cause des dégradations, au lieu d'obtenir :

$$g(x,y) = \iint f(a,b) \delta(x-a, y-b) da db = f(x,y)$$

on a :

$$g(x,y) = s(\iint f(a,b) h(a,b,x,y) da db) + n(x,y)$$

où s() est un opérateur non linéaire et n(x,y) le bruit

En négligeant le bruit

et en supposant le système linéaire et invariant spatialement:

$$g(x,y) = \iint f(a,b) h(x-a, y-b) da db$$

$$= (f * h)(x,y) \quad \text{convolution de f par h.}$$

DÉGRADATION : MODÉLISATION

Puisque f est dégradée par un système linéaire L
 $g(x,y) = L(\iint f(a,b) \delta(x-a, y-b) dadb)$

$$g(x,y) = \iint f(a,b) L(\delta(x-a, y-b)) dadb$$

donc : $h(x,y,a,b) = L(\delta(x-a, y-b))$

est la réponse impulsionnelle du système.

Dans le plan de Fourier : $G(u,v) = F(u,v) \cdot H(u,v)$
 H est la fonction de transfert du système

RESTAURATION

BUT : inverser l'effet du processus de dégradation

EXEMPLE : filtre inverse
 (cas des systèmes linéaires invariant spatialement, sans bruit)

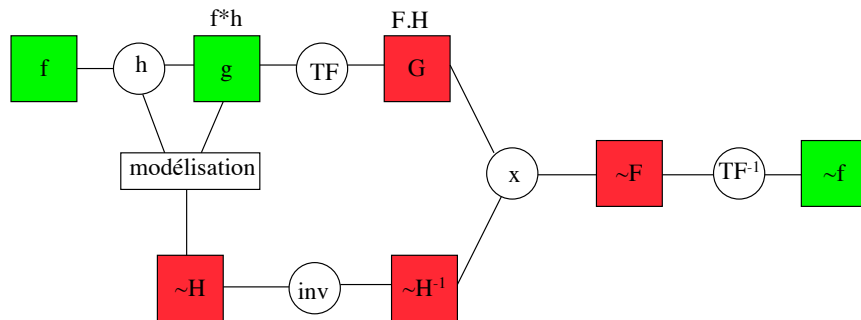
$$g(x,y) = \iint f(a,b) h(x-a, y-b) dadb = (f * h)(x,y)$$

$$G(u,v) = F(u,v) \cdot H(u,v) \Rightarrow F(u,v) = G(u,v) \cdot H^{-1}(u,v)$$

$$\Rightarrow TF^{-1}(G(u,v) \cdot H^{-1}(u,v)) = f(x,y)$$

RESTAURATION

Filtre inverse



RESTAURATION

Détail :

$$g(x,y) = \int_0^T f(x - v_x \cdot t, y - v_y \cdot t) dt$$

$$G(u,v) = \iint_{-\infty}^{\infty} \left[\int_0^T f(x - v_x t, y - v_y t) dt \right] e^{-2i\pi(ux+vy)} dx dy$$

$$G(u,v) = \int_0^T \left[\iint_{-\infty}^{\infty} f(x - v_x t, y - v_y t) e^{-2i\pi(ux+vy)} dx dy \right] dt$$

Entre [] : TF de $f(x,y)$ translattée de $V \cdot t$

Or (théorème du décalage) : $f(x-a) \leftrightarrow F(u)e^{-2i\pi ua}$

$$G(u,v) = \int_0^T F(u,v) \cdot e^{-2i\pi(uv_x t + v \cdot v_y t)} dt$$

$$G(u,v) = F(u,v) \cdot \int_0^T e^{-2i\pi(uv_x t + v \cdot v_y t)} dt$$

RESTAURATION

$$G(u, v) = F(u, v) \cdot \int_0^T e^{-2i\pi(uv_x t + v_y v_x t)} dt$$

de la forme : $G(u, v) = F(u, v) \cdot H(u, v)$

donc :

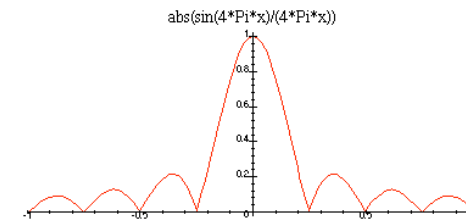
(on se limite à un bougé selon l'axe des x : $v_y=0$ et $v_x=d/T$)

$$H(u, v) = \int_0^T e^{-2i\pi(uv_x t)} dt$$

$$H(u, v) = \frac{-1}{2i\pi uv_x} \left[e^{-2i\pi uv_x t} \right]_0^T$$

$$H(u, v) = T \cdot e^{-i\pi u d} \frac{\sin(\pi u d)}{\pi u d}$$

RESTAURATION



$H=0$ pour $\pi u d = k \pi$, soit $u = k/d$
 \Rightarrow les zéros de H sont distants de $1/d$

Dans la pratique, on calcule le cepstrum, cad le spectre de la TF du log du spectre de la TF de l'image dégradée.

Le fait de reprendre la TF va inverser à nouveau la distance entre les zéros : les zéros sont distants de d .

RESTAURATION

exemple



RESTAURATION

Méthode : exemple d'un bougé (mouvement rectiligne uniforme)

1- modéliser la dégradation : $g(x, y) = \int_0^T f(x - v_x t, y - v_y t) dt$

2- évaluer la TF : $G(u, v) = F(u, v) \cdot \int_0^T e^{-2i\pi(uv_x t + v_y v_x t)} dt$

3- évaluer H :

$$H(u, v) = T \cdot e^{-i\pi u d} \frac{\sin(\pi u d)}{\pi u d} \quad \text{si } d = v_x \cdot T \text{ et } v_y = 0$$

4- évaluer les valeurs des paramètres dans l'image :

$H(u, v) = 0$ pour $\pi u d = k\pi$ cad $u = k/d$
 donc les 0 de H sont distants de $1/d$

5- générer $H(u, v)$

6- générer $1/H(u, v)$

7- calculer $F'(u, v) = G(u, v) / H(u, v)$

8- calculer $f'(x, y) = TF^{-1}(F'(u, v))$