

Un pas vers un concept omni-polarimétrique

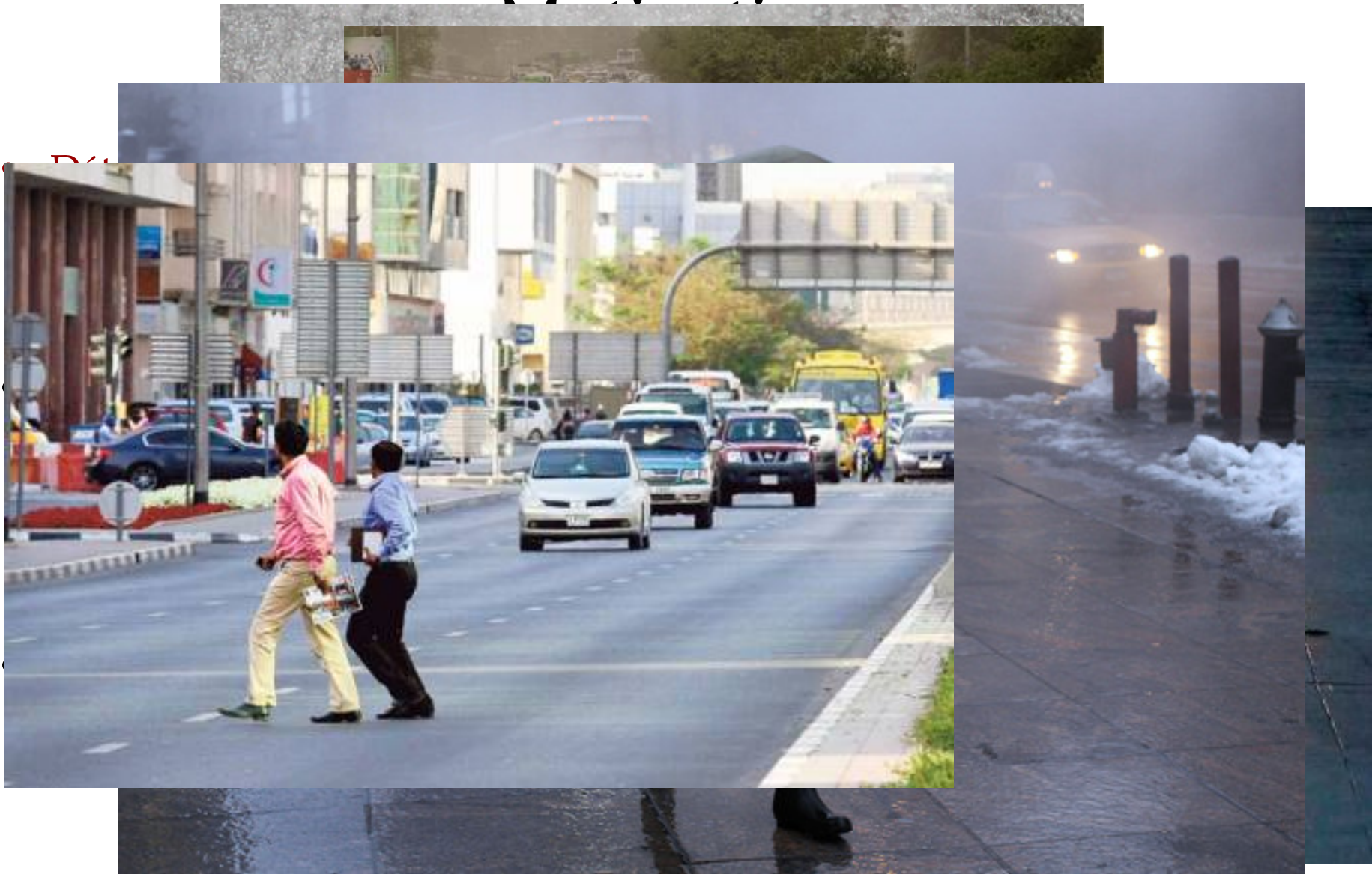
Samia Ainouz-Zemouche

Alexandrina Rogozan

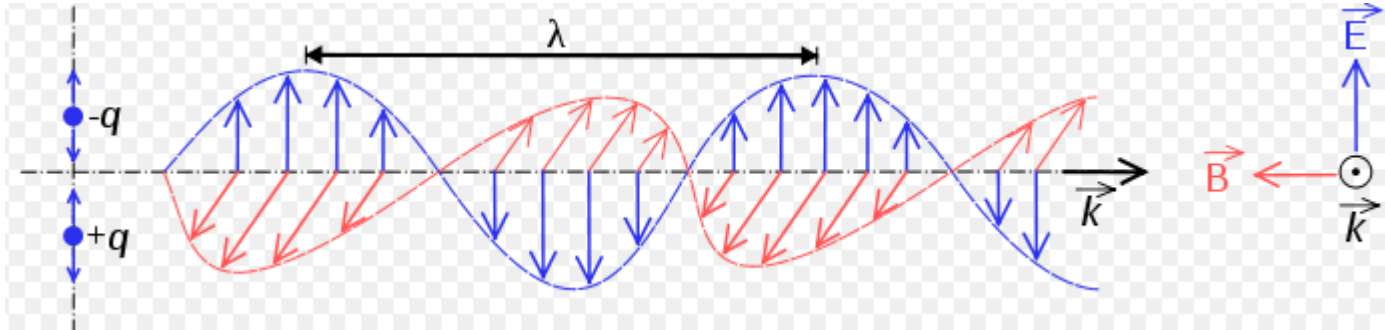
Abdelaziz Bensrhair

Motivation

- Détection et reconnaissance des obstacles routiers entourant un véhicule en mouvement, leur distance et leur position : **piéton**, autre véhicules,
 - Détecter des POI pertinents
 - Déduire des ROI
 - Calculer des attributs (texture, forme, couleur,...)
 - Classifieurs fondés sur des (multi) noyaux SVM



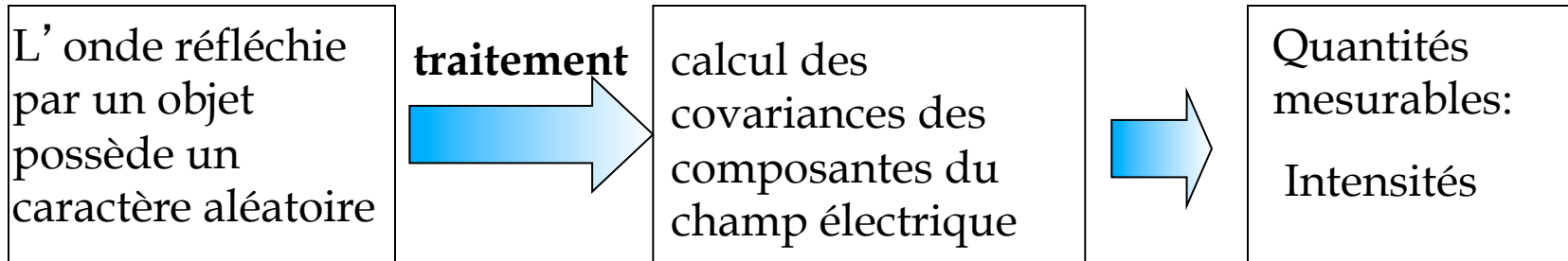
Imagerie polarimétrique



\vec{k} est la direction de la propagation

Polarisation : est une propriété des ondes vectorielles telles que la lumière, décrivant l'orientation de leurs oscillations

Imagerie polarimétrique



**Polarisation de l'onde :
vecteur de Stokes**

$$S = \begin{pmatrix} S_0 \\ S_1 \\ S_2 \\ S_3 \end{pmatrix} = \begin{bmatrix} \langle E_x E_x^* \rangle + \langle E_y E_y^* \rangle \\ \langle E_x E_x^* \rangle - \langle E_y E_y^* \rangle \\ 2 \operatorname{Re} \langle E_x^* E_y \rangle \\ 2 \operatorname{Im} \langle E_x^* E_y \rangle \end{bmatrix}$$

$$S_0 > 0,$$

$$S_0^2 \geq S_1^2 + S_2^2 + S_3^2$$

Condition d'admissibilité physique

Imagerie polarimétrique

$$S_0^2 = S_1^2 + S_2^2 + S_3^2 \quad \text{Onde totalement polarisée}$$

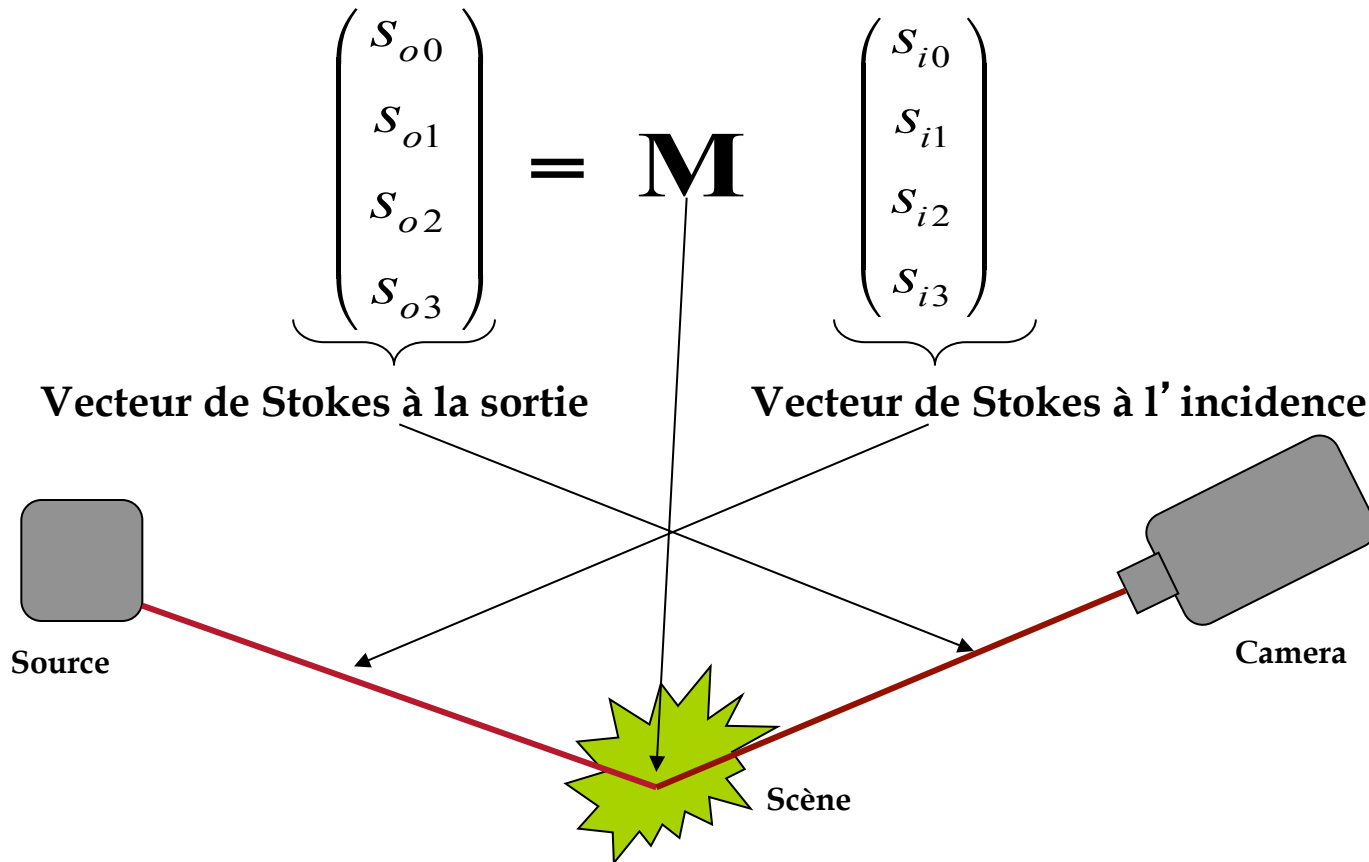
$$S_0^2 > S_1^2 + S_2^2 + S_3^2 \quad \text{Onde partiellement polarisée}$$

$$S_0^2 = 0 \quad \text{Onde non polarisée}$$

Imagerie polarimétrique

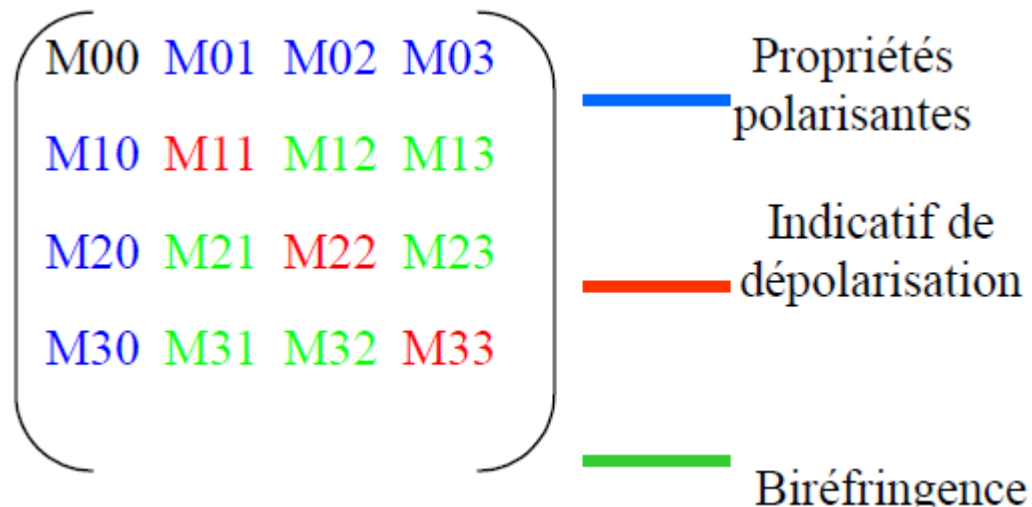
Matrice de Mueller- admissibilité physique

L' action d' un système sur une onde incidente S_i se traduit par un opérateur linéaire 4×4 nommé : **Matrice de Mueller**



Imagerie polarimétrique

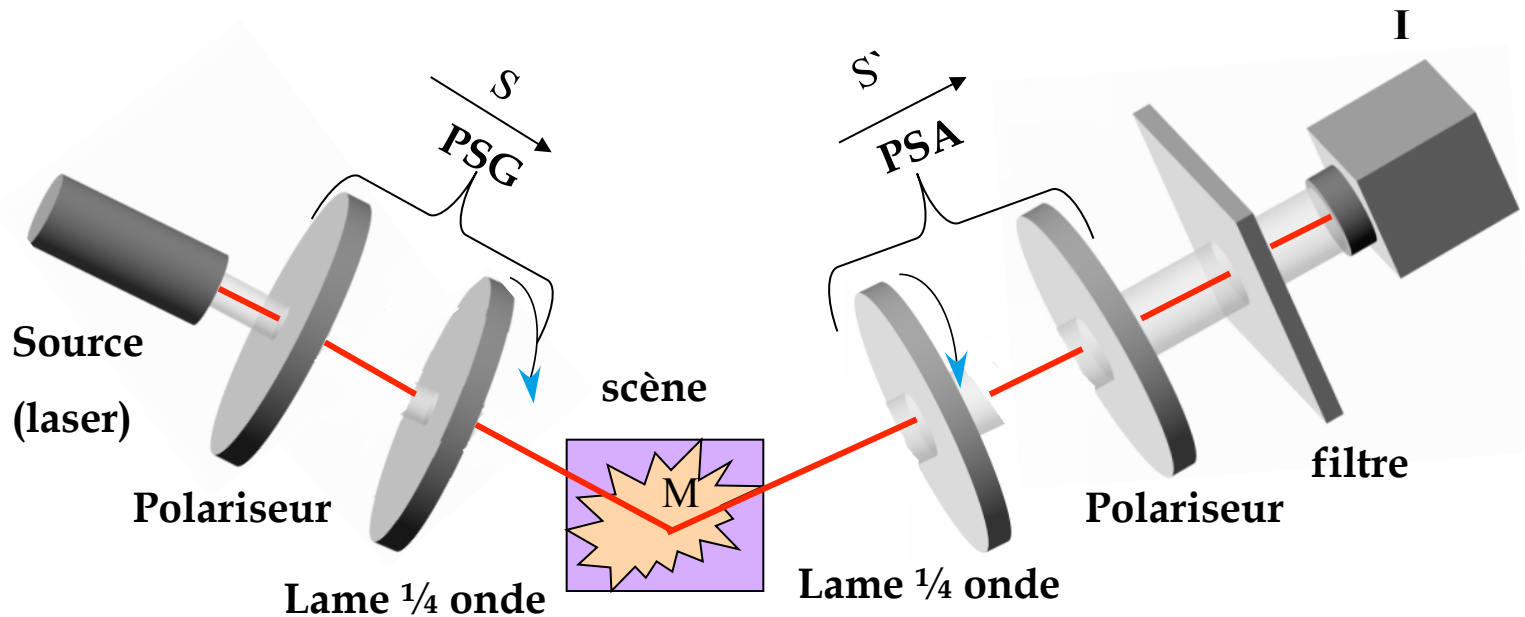
Acquisition des images de Mueller (Stokes)



Imagerie polarimétrique

Acquisition des images de Mueller (Stokes)

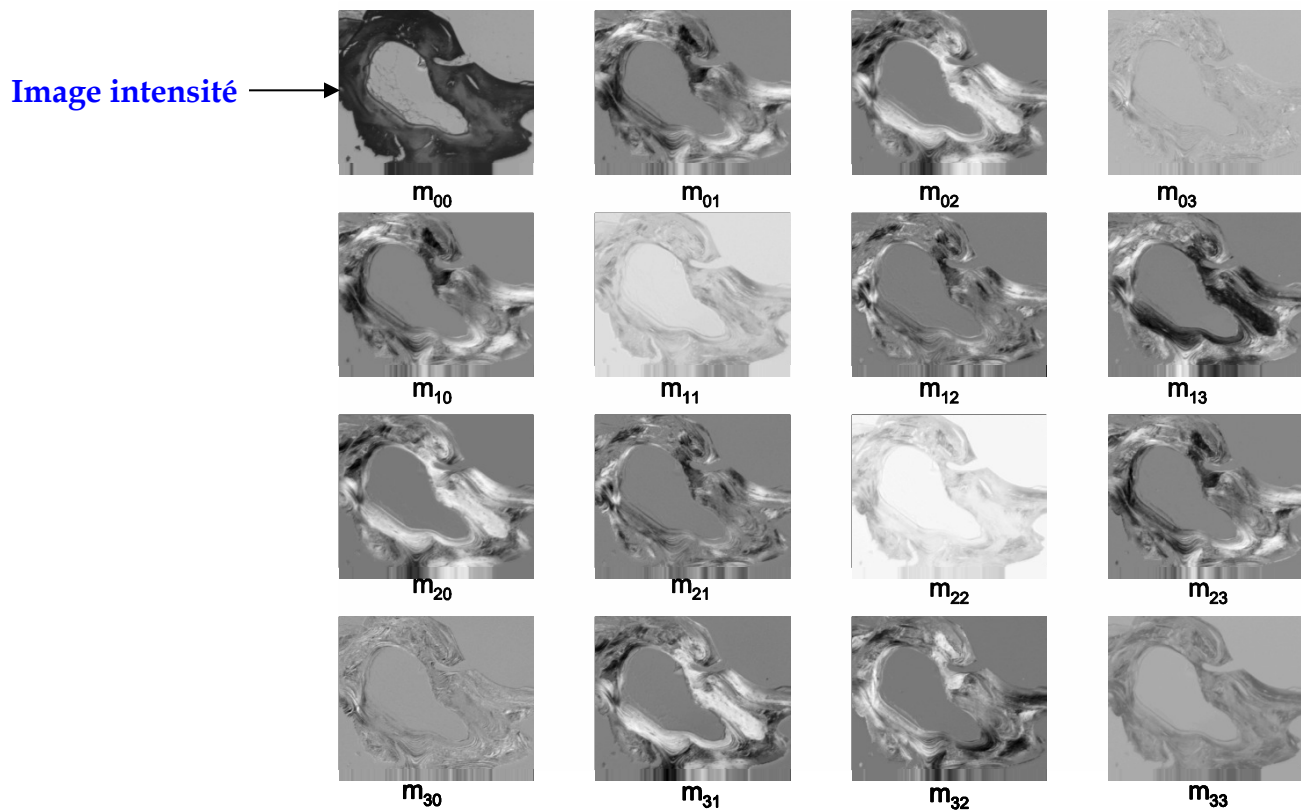
4 état incident \times 4 états d'analyse = 16 images



$$I = A(\theta, \theta', \psi) M G(\theta, \theta', \psi)$$

Imagerie polarimétrique

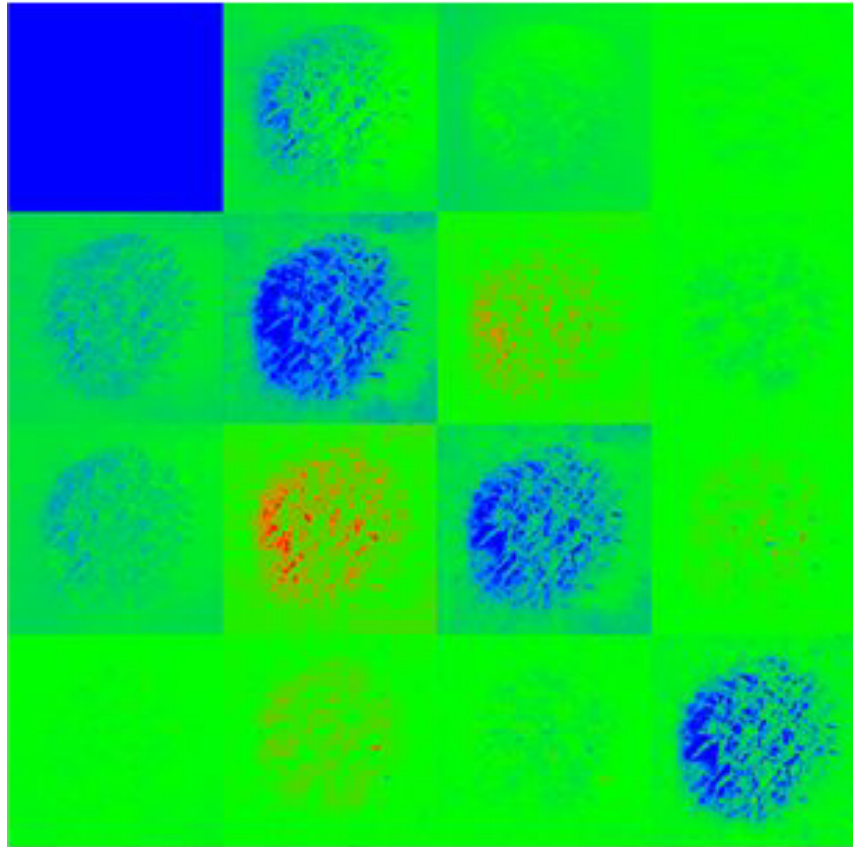
Exemple : diagnostic



Coupe histologique d'un os (650nm)

Imagerie polarimétrique

Exemple : diagnostic



Matrice de Mueller d'une biopsie de la peau de porc irradiée à 15 Gy

Imagerie polarimétrique

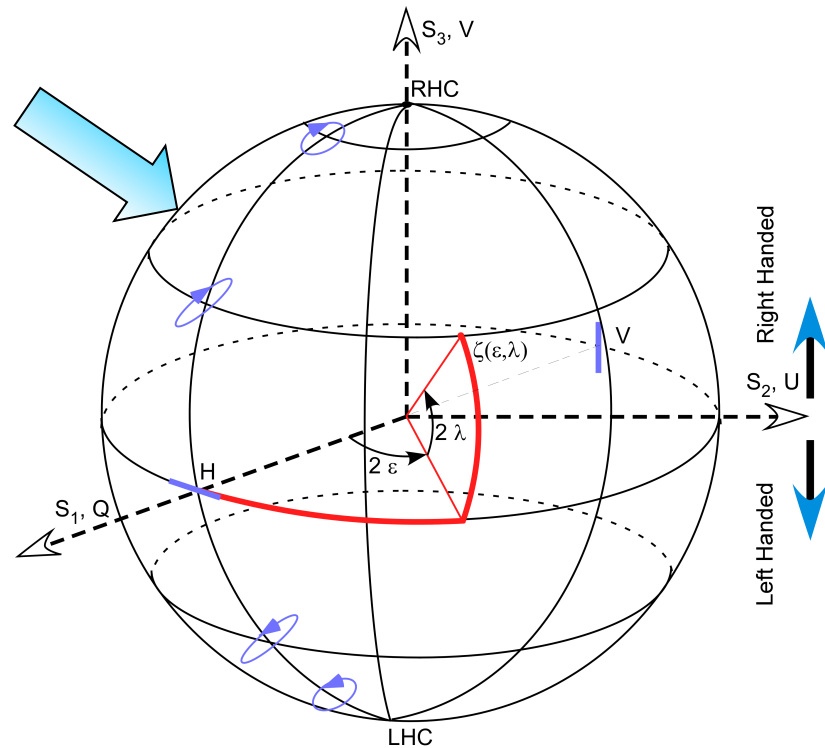
Propriétés

$$\bar{S} = S/S_0 = \begin{pmatrix} 1 \\ S_1/S_0 \\ S_2/S_0 \\ S_3/S_0 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 \\ \bar{S}_1 \\ \bar{S}_2 \\ \bar{S}_3 \end{pmatrix}$$

$$\rho = \frac{\sqrt{S_1^2 + S_2^2 + S_3^2}}{S_0}$$

$$\lambda = 0.5 \tan^{-1} \frac{S_2}{S_1}$$

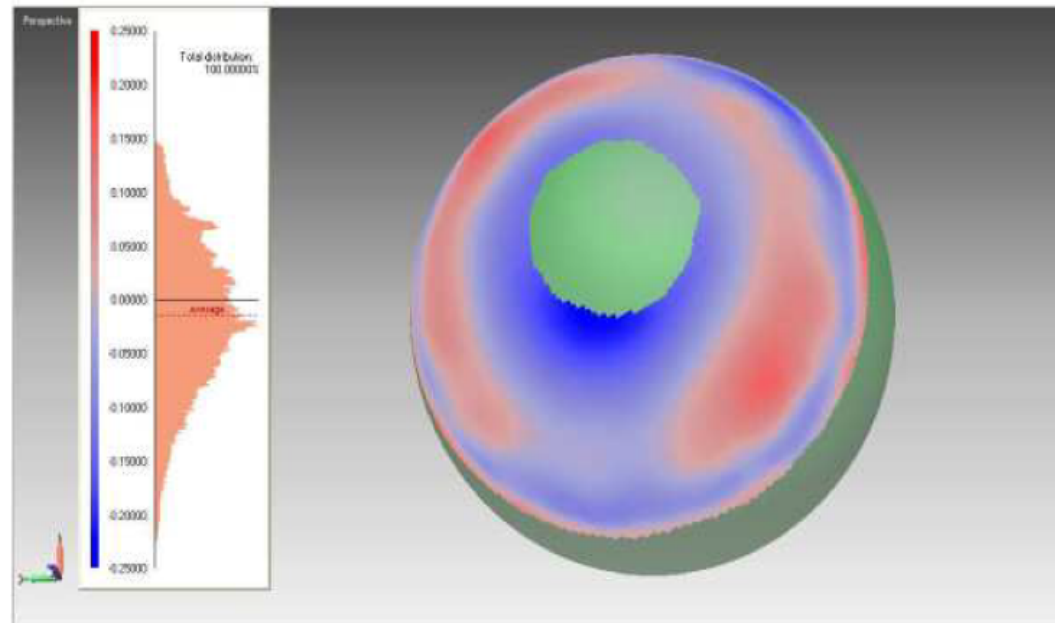
$$\varphi = \arg(S_1 + iS_2)$$



Imagerie polarimétrique

Application : sans calibration, sans appariement, sans triangulation

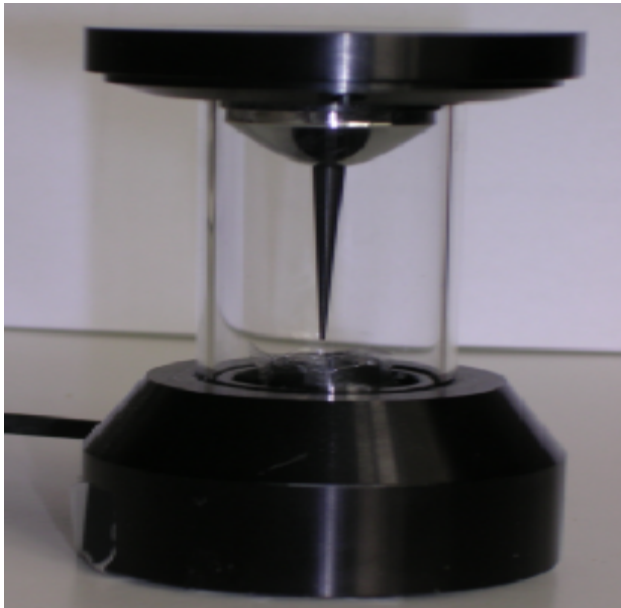
- Paramètres de polarisation (degré et angle)
- Normales en chaque point de la surface
- Intégration (relaxation)



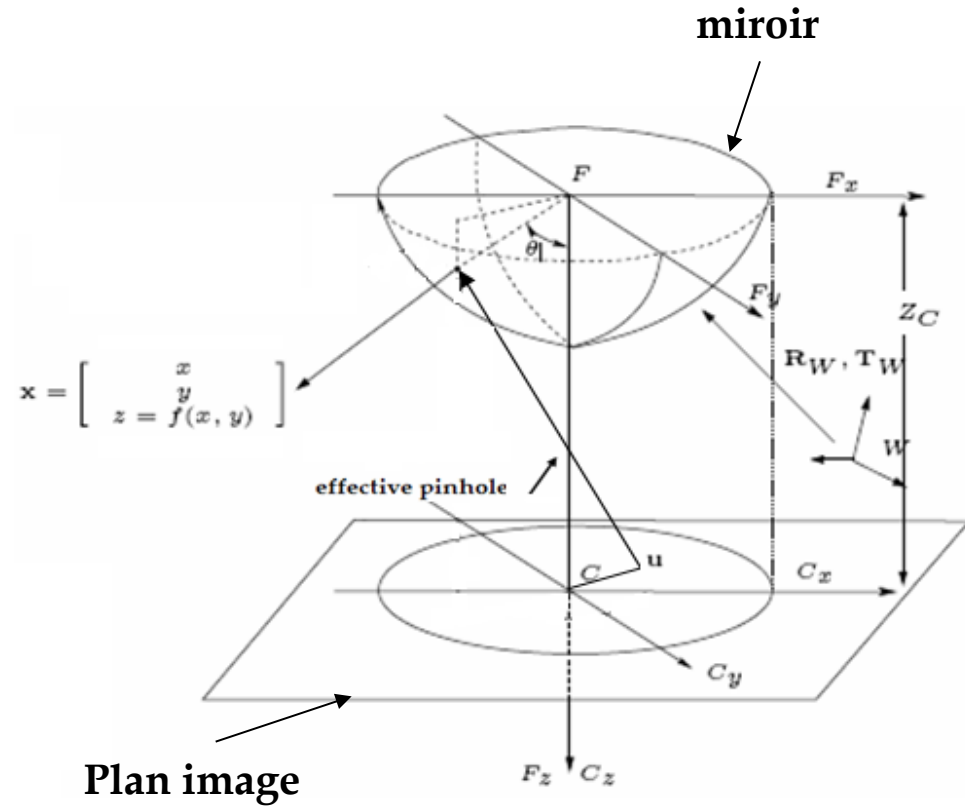
3D reconstruction and error map.

Demi sphère transparente

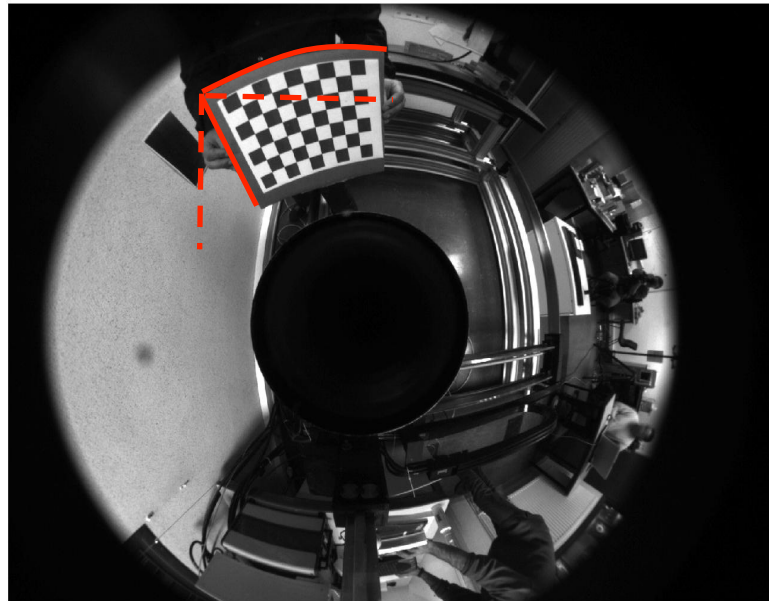
Imagerie omnidirectionnelle



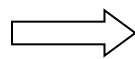
Capteur catadioptrique



Imagerie omnidirectionnelle

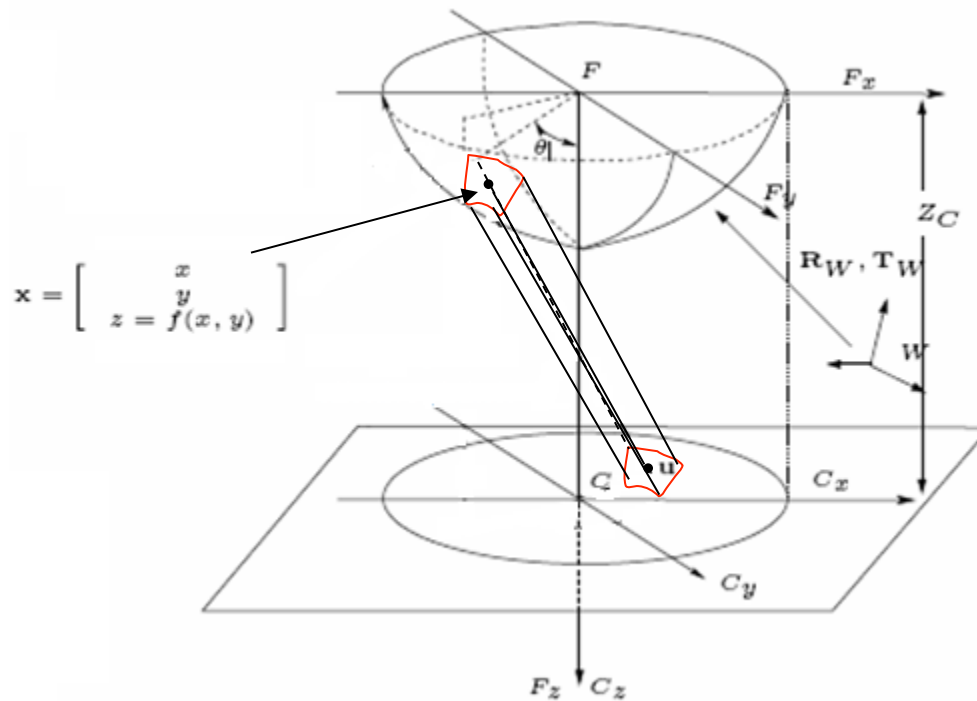


Voisinage carré



?

Imagerie omni-polarimétrique



$$\mathbf{u} = K_C R_C (\mathbf{X} - T_C)$$

Imagerie omni-polarimétrique

Automatisation : idée

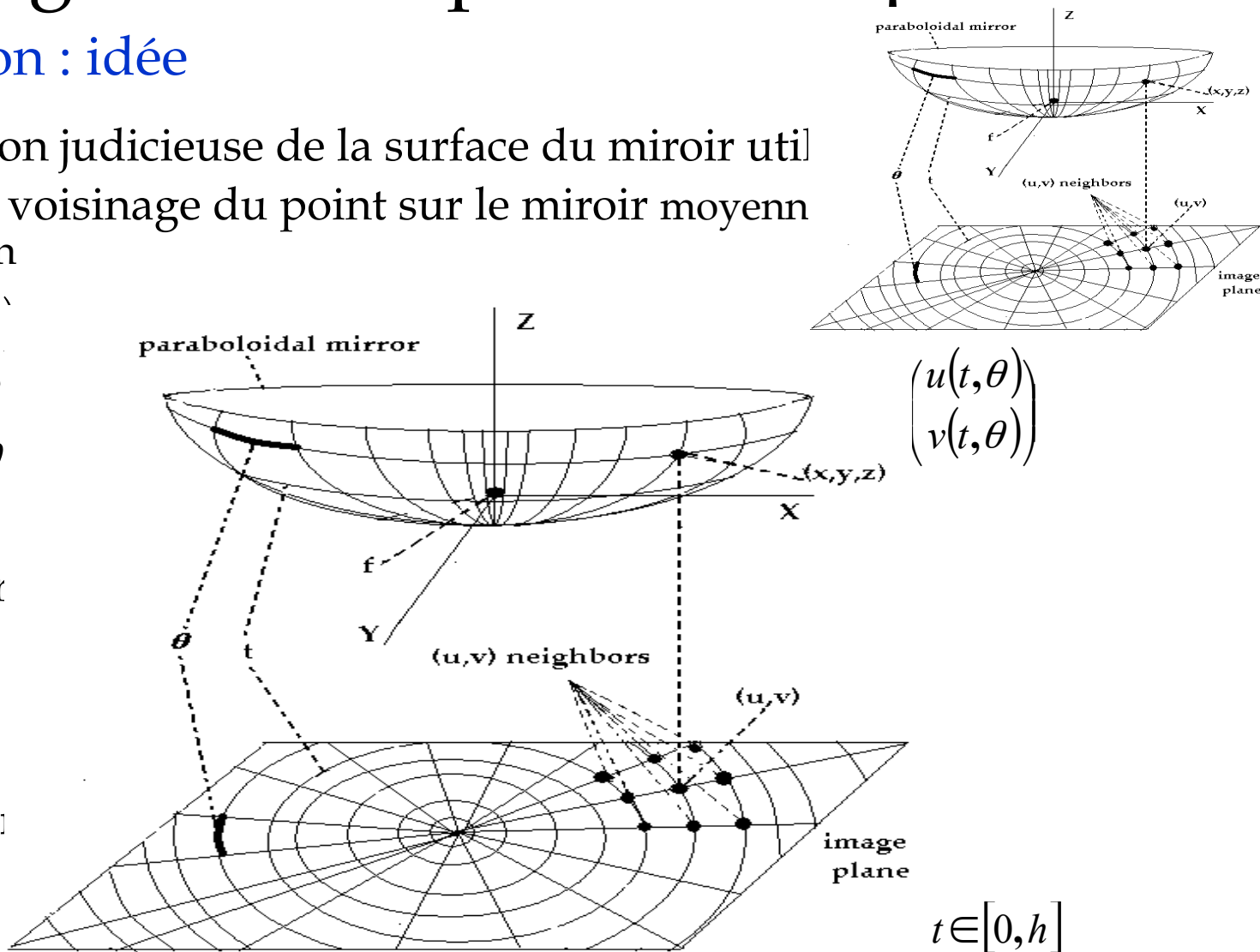
- Paramétrisation judicieuse de la surface du miroir util
- Projection du voisinage du point sur le miroir moyenn paramétrisation

$$X = \begin{pmatrix} x(t, \theta) \\ y(t, \theta) \\ f(t, \theta) \end{pmatrix}$$

Exemple : mir

Paramétrisatio:

$$x = f \sqrt{2t} \cos(\theta),$$



$$\begin{pmatrix} u(t, \theta) \\ v(t, \theta) \end{pmatrix}$$

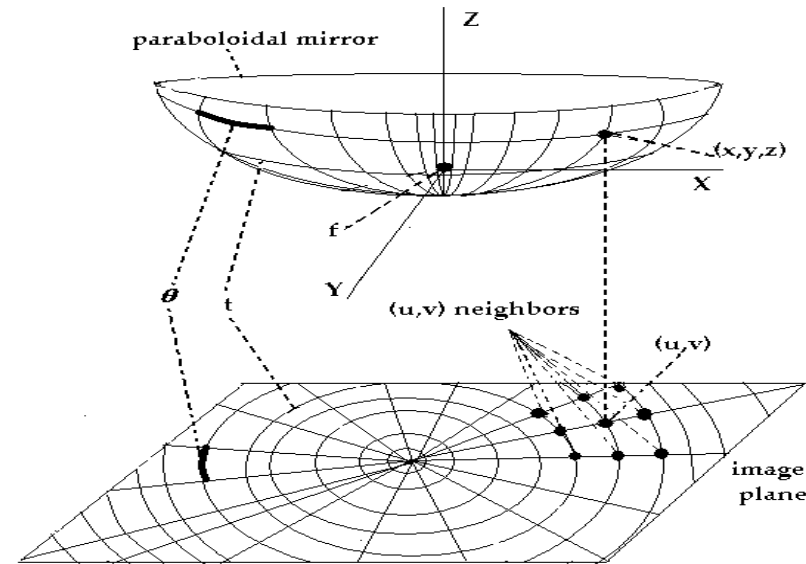
$$t \in [0, h]$$

Imagerie omni-polarimétrique

Automatisation

$$u = u_0 + \sigma_u \sqrt{2t} \cos\left(\theta + \frac{\pi}{2}\right)$$

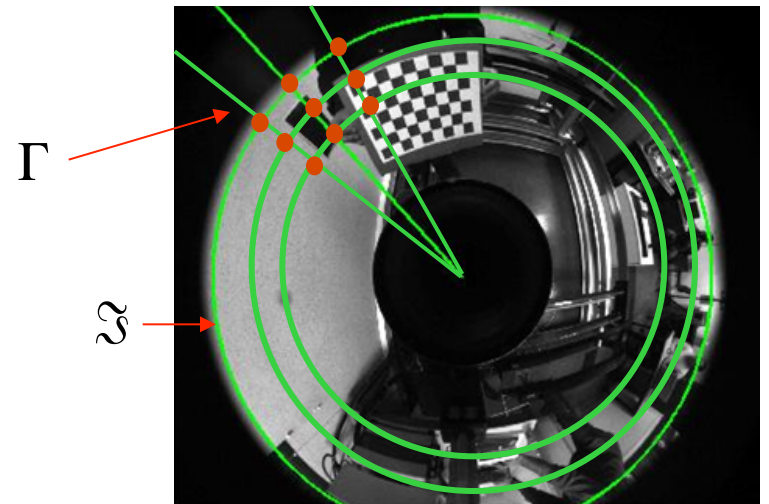
$$v = v_0 + \sigma_v \sqrt{2t} \sin\left(\theta + \frac{\pi}{2}\right)$$



Deux pixels voisins sont sur :

le même cercle de rayon $\left(\frac{u - u_0}{2\sigma_u}\right)^2 + \left(\frac{v - v_0}{2\sigma_v}\right)^2$

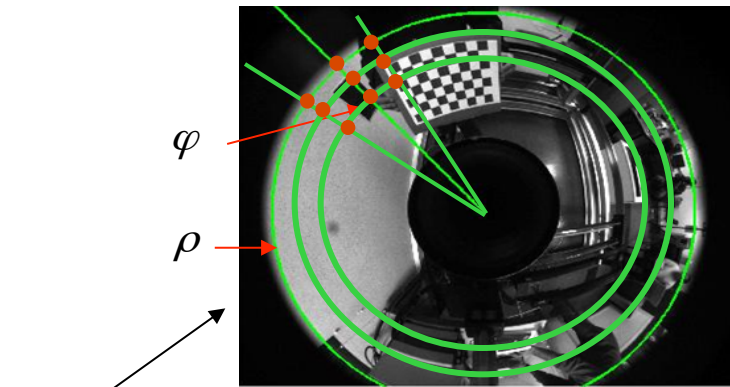
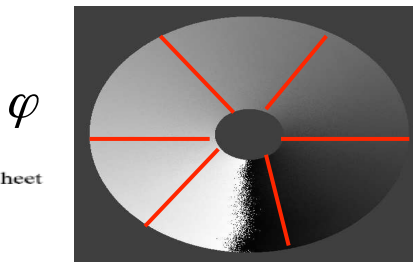
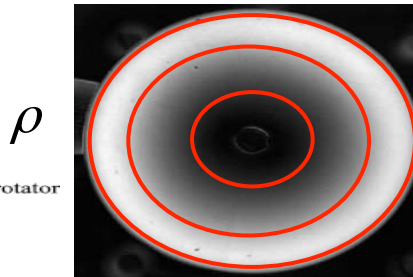
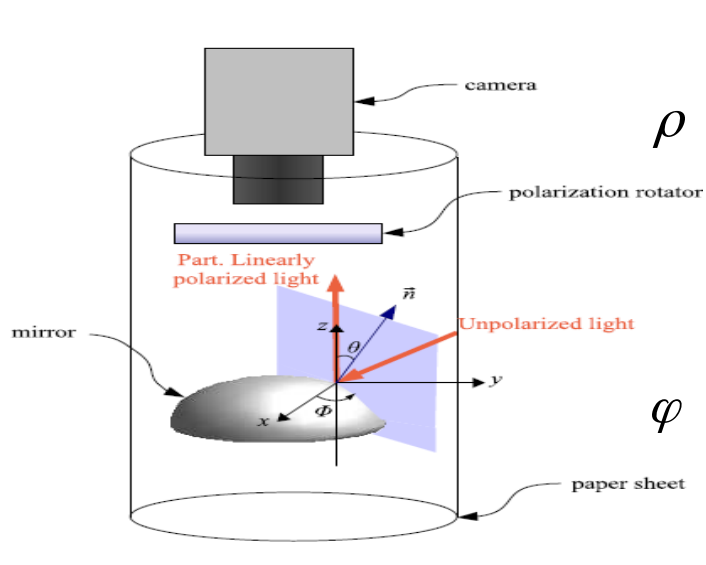
ou sur la même radiale d'angle $\text{tg}^{-1}\left(\frac{\sigma_u}{\sigma_v} \frac{v - v_0}{u - u_0}\right)$



Imagerie omni-polarimétrique

Apport de la polarisation

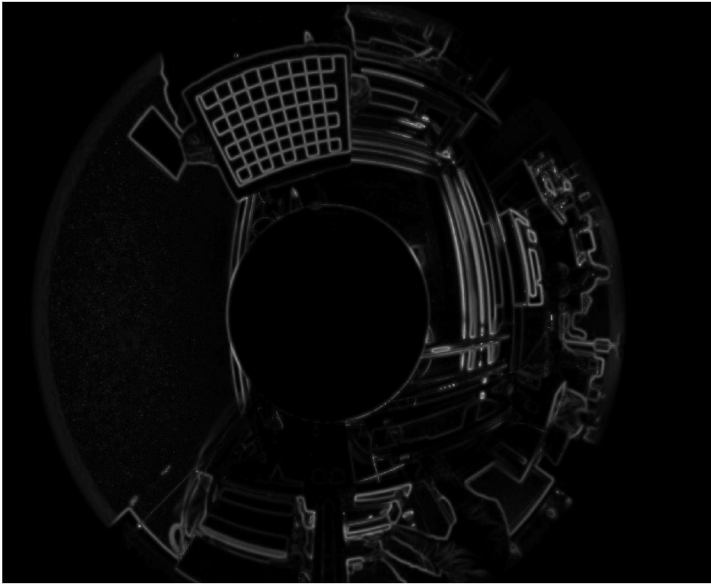
- Calcul des paramètres de la polarisation
- **Méthode non paramétrique (sans calibration)**



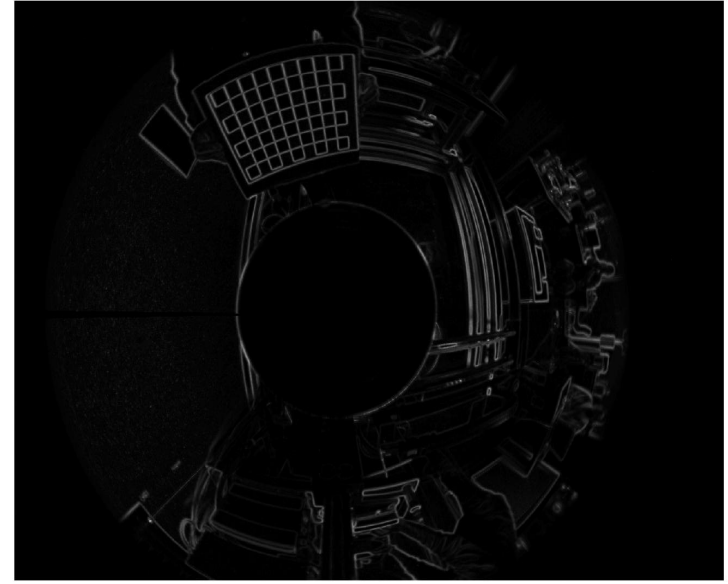
- Voisinage adapté
- Traitement

Application

Détection de contours



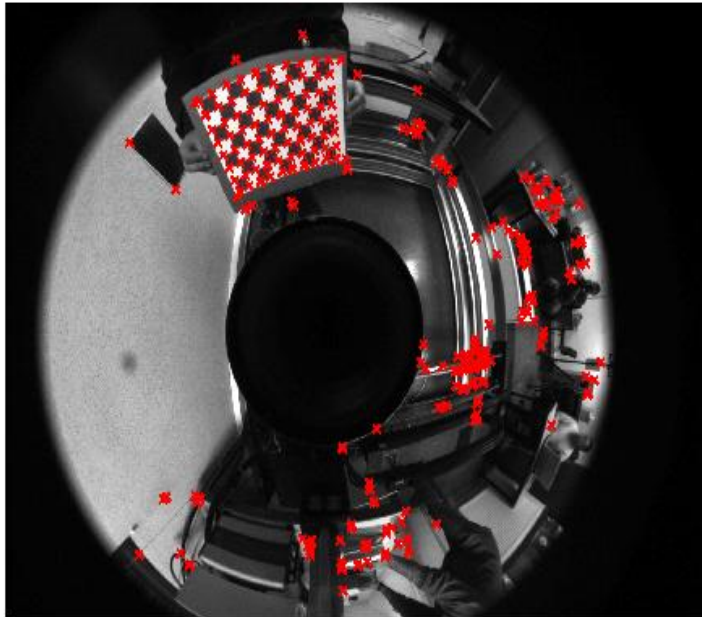
détection paramétrique



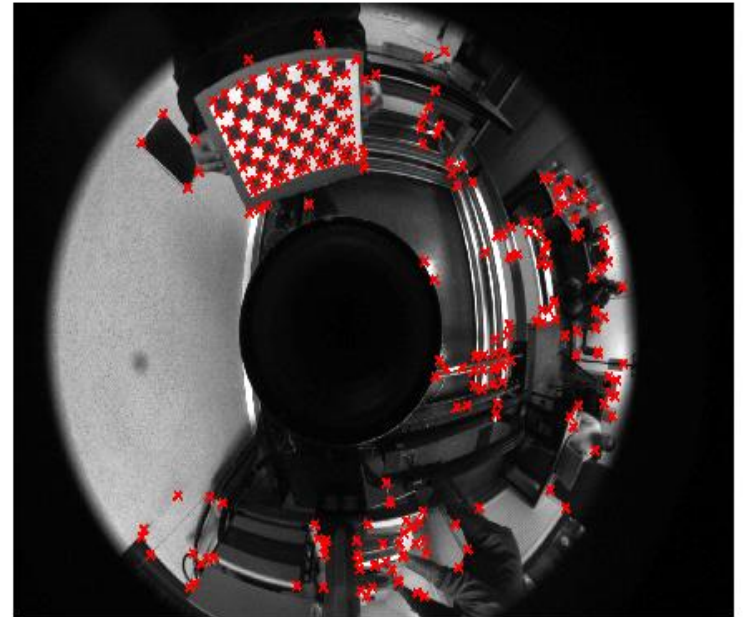
détection adaptée(pola)

Application

Détection de primitives



Harris paramétrique



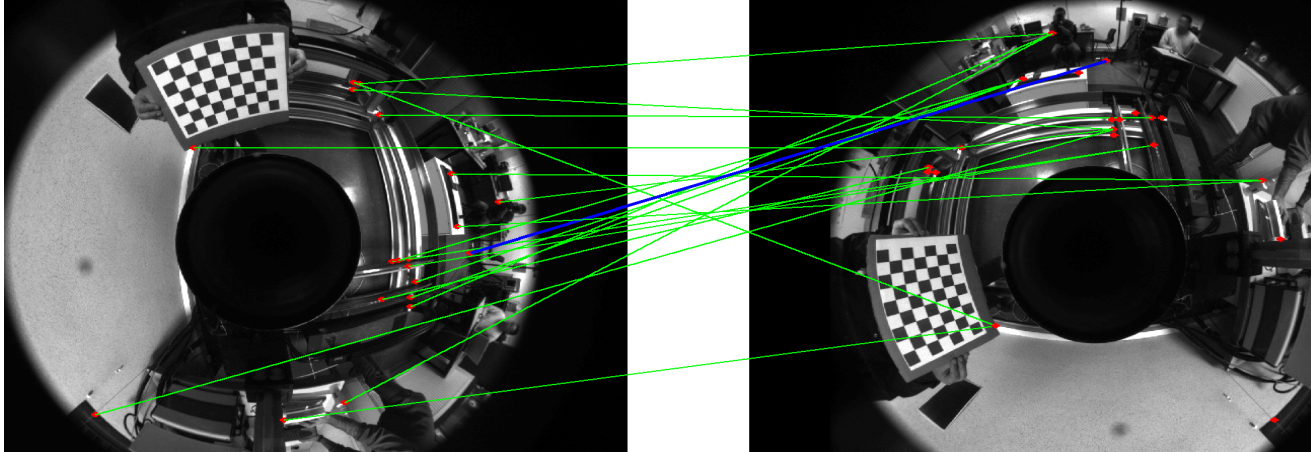
Harris adaptée

Application

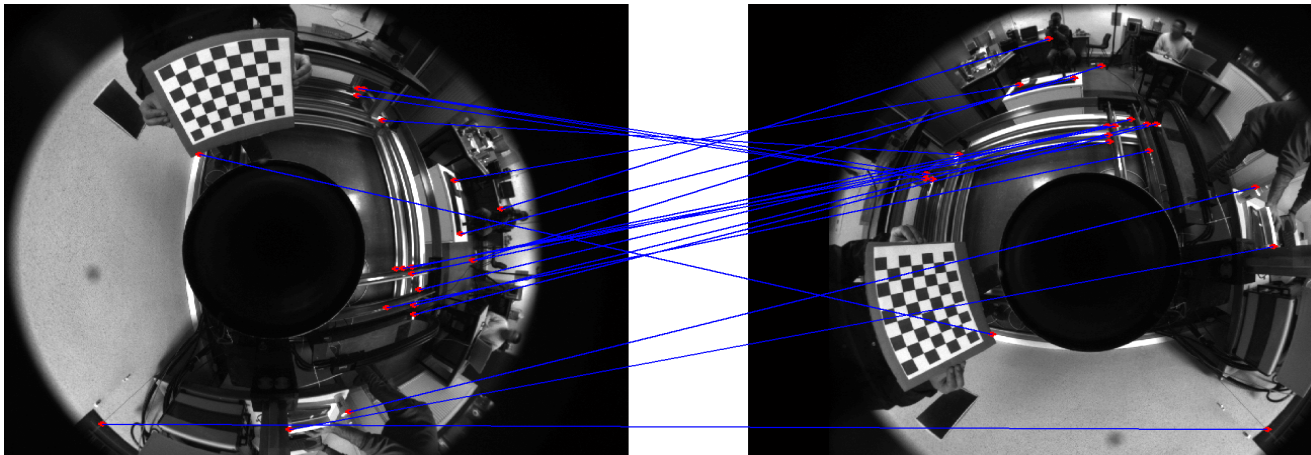
Appariement

$$NSSD(u,v) = \frac{\|neigh(u) - neigh(v)\|^2}{\sqrt{\|neigh(u)\| \|neigh(v)\|}}$$

Normalized Sum of Squared Differences



Méthode classique



Méthode adaptée

Omni-pola-RDF

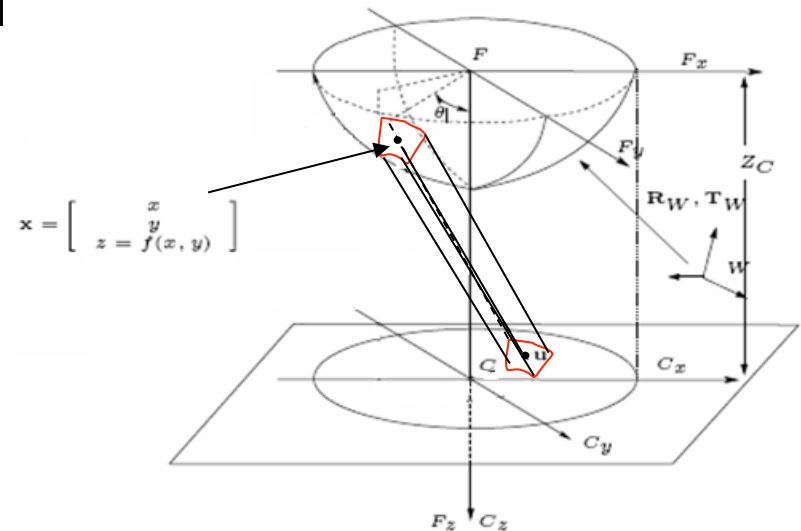
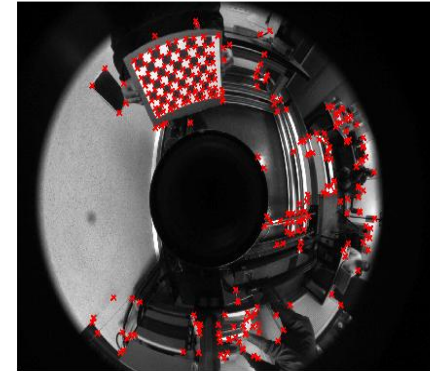
Détection de piétons -sécurité routière

Détecter des POI pertinents

Déduire des ROI piétons

Calculer des attributs (texture, forme, couleurs,...)

Classifieurs fondés sur des (multi) noyaux SVM



Références



Frankot, R. & Chellapa, R. (1988)

A method for enforcing integrability in shape from shading algorithms
IEEE Trans. Pattern Analysis and Machine intelligence. 10(4). 439-451



Miyazaki, D., Kagesawa, M., & Ikeuchi, K. (2004)

Transparent surface modeling from a pair of polarization images
IEEE Trans. Pattern Analysis and Machine intelligence. 26(1). 73-82



O.Morel et Al (2006)

Active lighting applied to 3d reconstruction of specular metallic surfaces by polarization imaging
Applied Optics 45(17), 4062-4068



Ainouz, S., Morel, O., & Fofi, D.(2008)

Mirror-adapted matching of catadioptric images
In ICIP 2008



Ainouz, S., Morel, O., & Fofi, D.(2009)

Catadioptric images matching by polarization imaging
In ICIP 2009



A. Miron, B.Besbes, A. Rogozan, S.Ainouz, A.Bensrhair

Intensity Self Similarity Features for Pedestrian Detection in Far-Infrared Images
IEEE IV2012