

---

## **Systemes polarimétriques d'imagerie biomédicale**

---

LSIIT – TRIO et LSIIT – MIV

Axe «Imagerie Physique Multivariée» (IPM)

Axe «Imagerie et Robotique Médicale et Chirurgicale» (IRMC)

LSP (M. Torzynski)

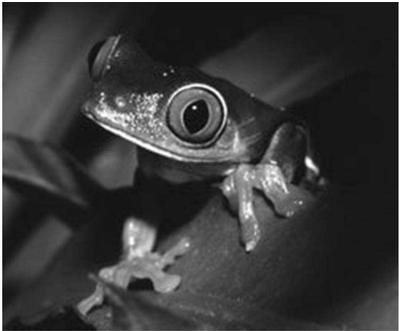
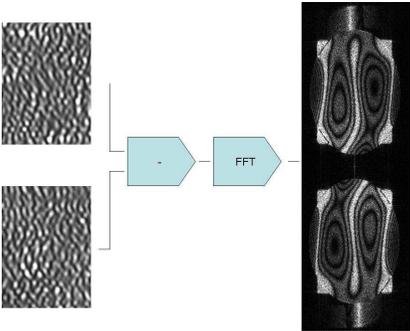
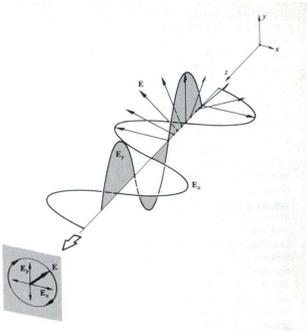
# Plan

---

1. Motivations et principes de l'imagerie polarimétrique
2. Application en imagerie médicale
3. Modélisation et traitement des données
4. Conclusion et perspectives

- ❑ **Objectif général** : caractérisation d'un objet ou d'un milieu physique.
- ❑ **Propriétés des ondes électromagnétiques et imagerie** :

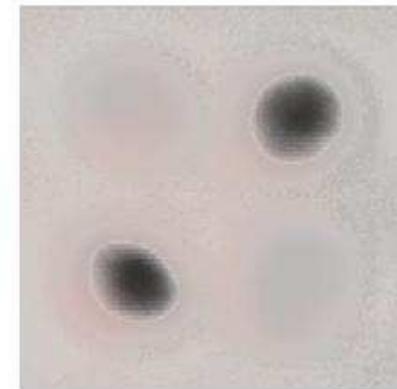
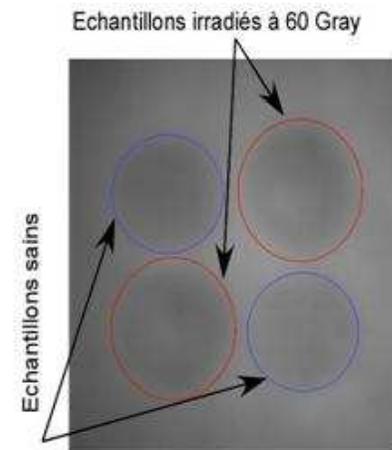
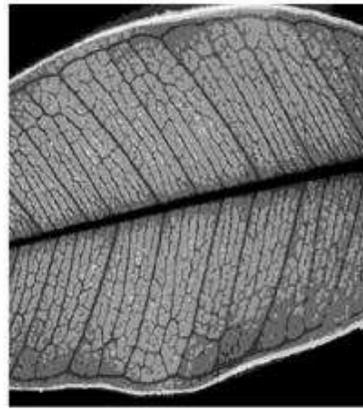
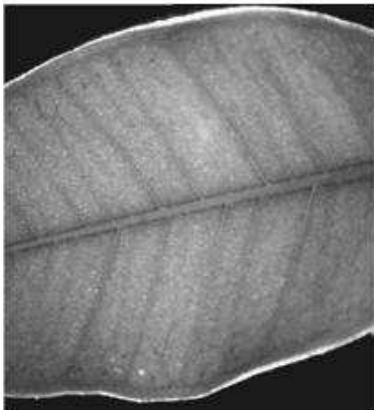
---

amplitude	fréquence	cohérence	polarisation
im. niveaux de gris	im. couleur	holographie	im. polarimétrique
			

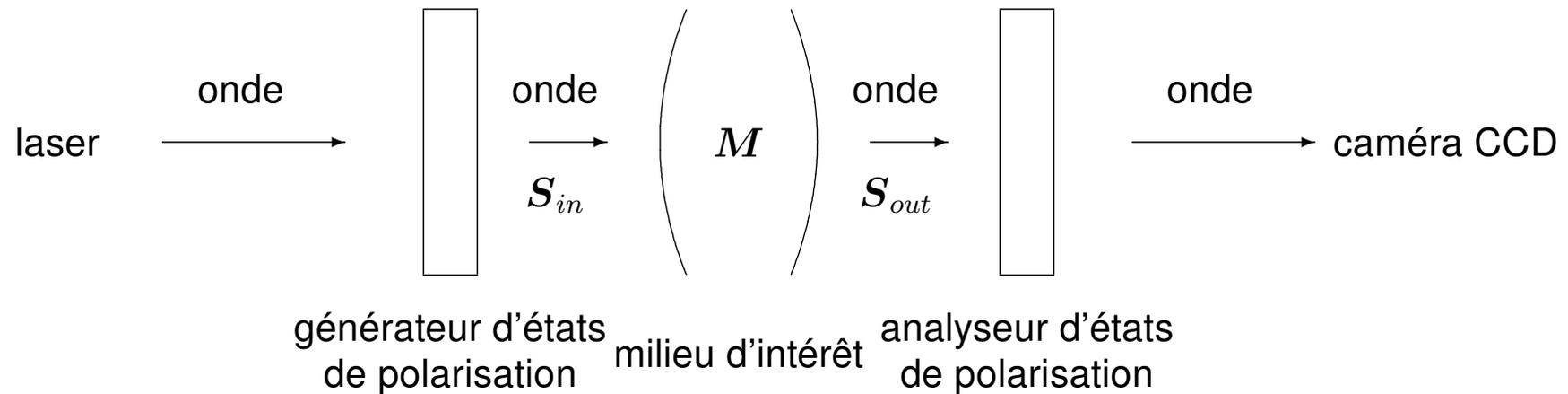
---

- ❑ **Intérêt de l'imagerie polarimétrique** : contenu informationnel important des données recueillies.

- ❑ **Cadres applicatifs** : imagerie médicale, imagerie biologique, observation de la Terre, vision et métrologie 3D.
- ❑ **Exemples en imagerie biologique et médicale (LSIIT)** :



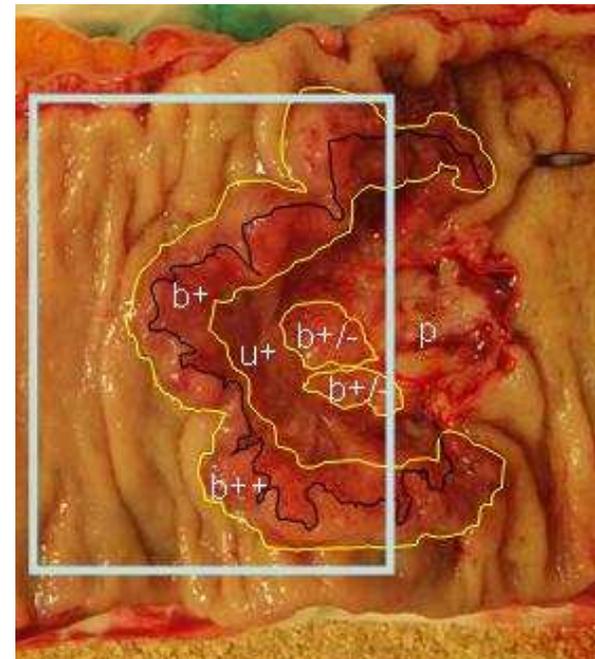
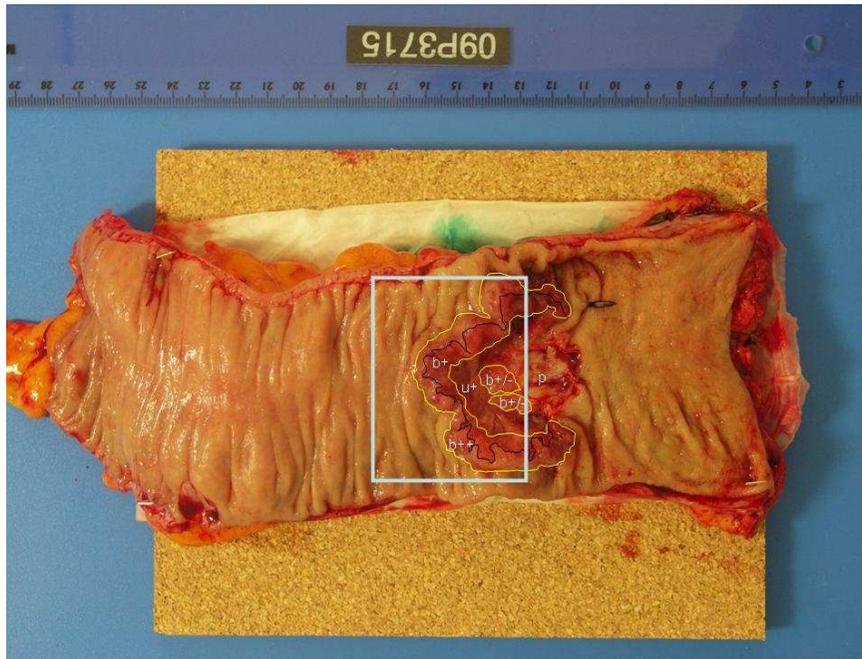
- ❑ Mesure de la polarisation de la lumière (transmise, diffusée, ou émise) par les objets.
- ❑ Imagerie polarimétrique
  - \* **passive** : imagerie de Stokes ;
  - \* **active** : imagerie de Mueller.
- ❑ Principe :



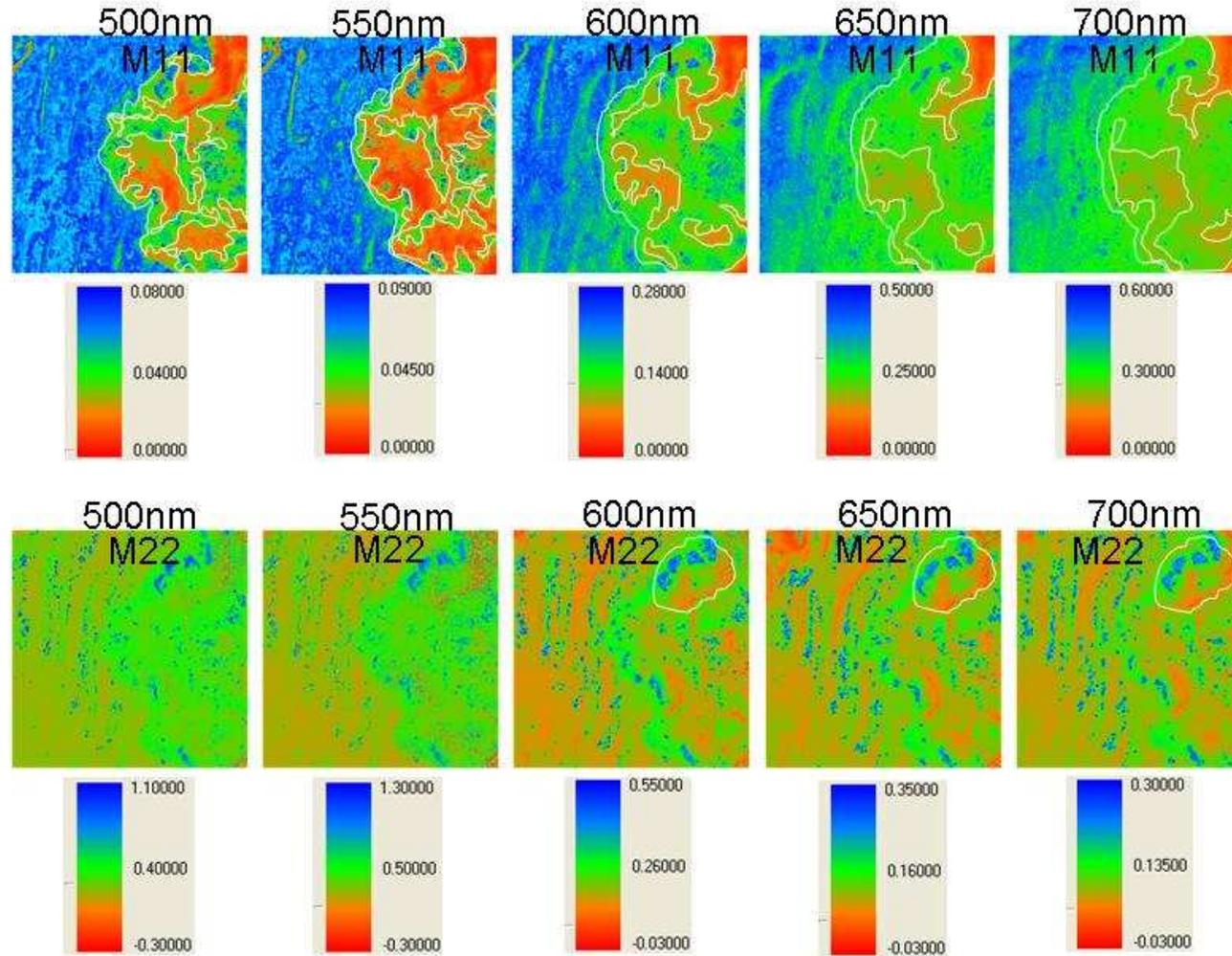
$$S_{out} = MS_{in}$$

- ❏ **Principe** : les propriétés optiques des tissus varient
  - d'un tissu à l'autre ;
  - avec l'apparition d'une pathologie.
  
- ❏ **Cadre général des travaux** : projet ANR *polarimétrie* (2007–2009).
  - **Porté par** le Laboratoire de Physique des Interfaces et Couches Minces (LPICM).
  - **Cadre applicatif** : gynécologie et cancer du côlon.
  - **Partenaires** :
    - \* académiques : LPICM, LSIIT ;
    - \* hospitaliers : Institut Mutualiste Montsouris et CHU de la Pitié-Salpêtrière ;
    - \* une société privée.

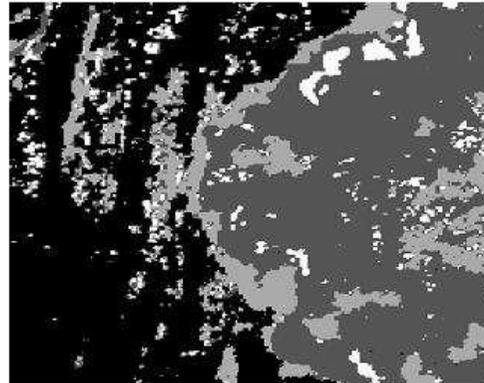
- Application : imagerie du côlon



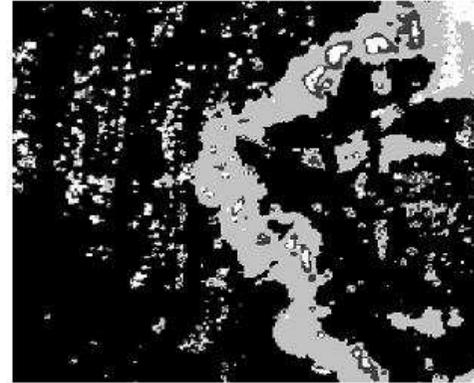
### ❑ Exploitation des données :



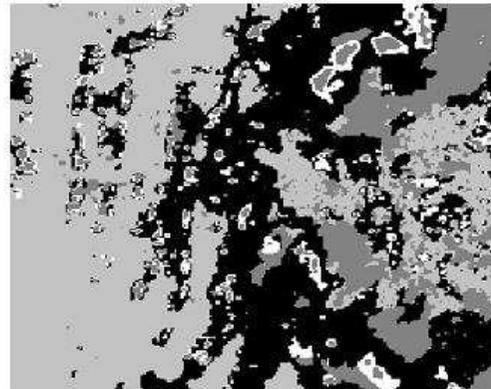
- Exploitation des données :



map @ 500 nm

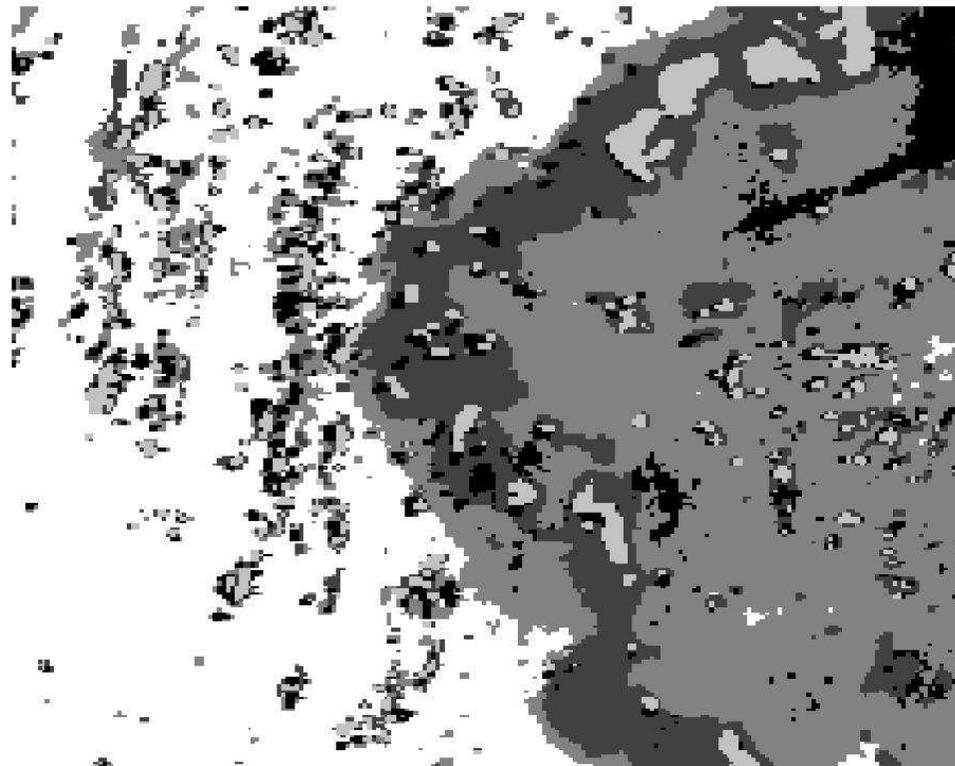


map @ 600 nm

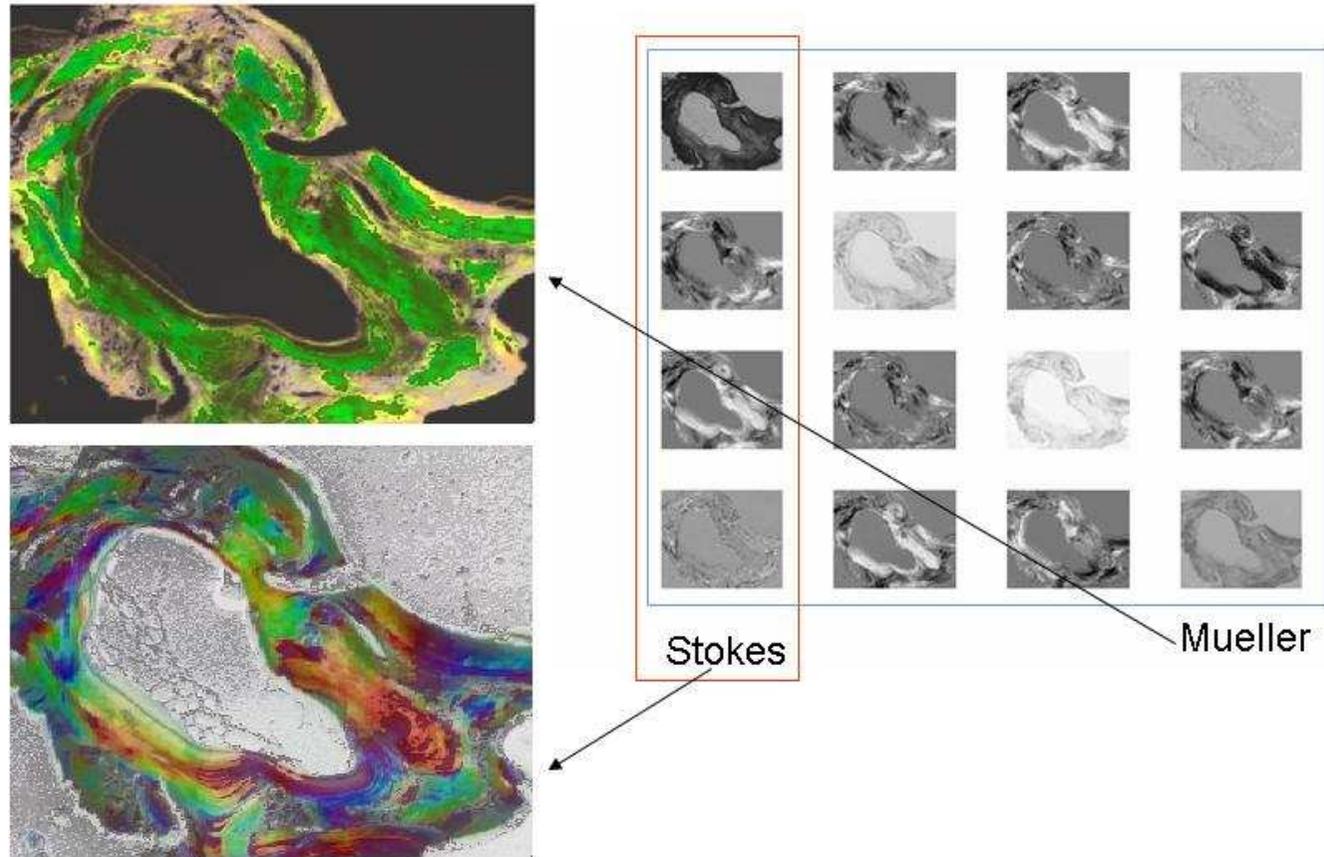


map @ 700 nm

- Exploitation des données :



### ❑ Stokes ou Mueller ?



- ❑ *Biopol* : microscope multispectral, imagerie de Mueller.  
Financé par le Bonus Qualité Recherche (BQR) de l'UDS.  
Grossissement :  $10 \times$  à  $400 \times$ .  
Cadence : 16 images en 0,1 seconde.  
Extension : incorporer la fluorescence.



▣ Paramétrisation en imagerie de Stokes :

● Définitions :

$$\mathbf{S} = [S_0 \ S_1 \ S_2 \ S_3]^t \quad \text{vecteur de Stokes}$$

$$\mathbf{H} = \begin{bmatrix} S_0 + S_1 & S_2 - iS_3 \\ S_2 + iS_3 & S_0 - S_1 \end{bmatrix} \quad \text{matrice de cohérence (de corrélation)}$$

● Contraintes :

Contrainte d'admissibilité physique :  $\mathbf{H}$  doit être semi-définie positive.

$\implies$  contraintes sur  $\mathbf{S}$ .

● Paramétrisation :

$$\mathbf{H} = \mathbf{\Lambda} \mathbf{\Lambda}^H \text{ (décomposition de Cholesky)} \quad \Leftrightarrow \mathbf{H} \text{ semi-définie positive}$$

\* En  $\mathbf{\Lambda}$  : sans contrainte sur les  $\lambda_i$ 's, mais perte de linéarité

\* En  $\mathbf{S}$  : contrainte d'admissibilité :  $S_0 \geq \sqrt{S_1^2 + S_2^2 + S_3^2}$

Cette contrainte est convexe

$\longrightarrow$  *convex program*

$\longrightarrow$  paramétrisation retenue :  $\mathbf{S}$

● Equation d'observation :

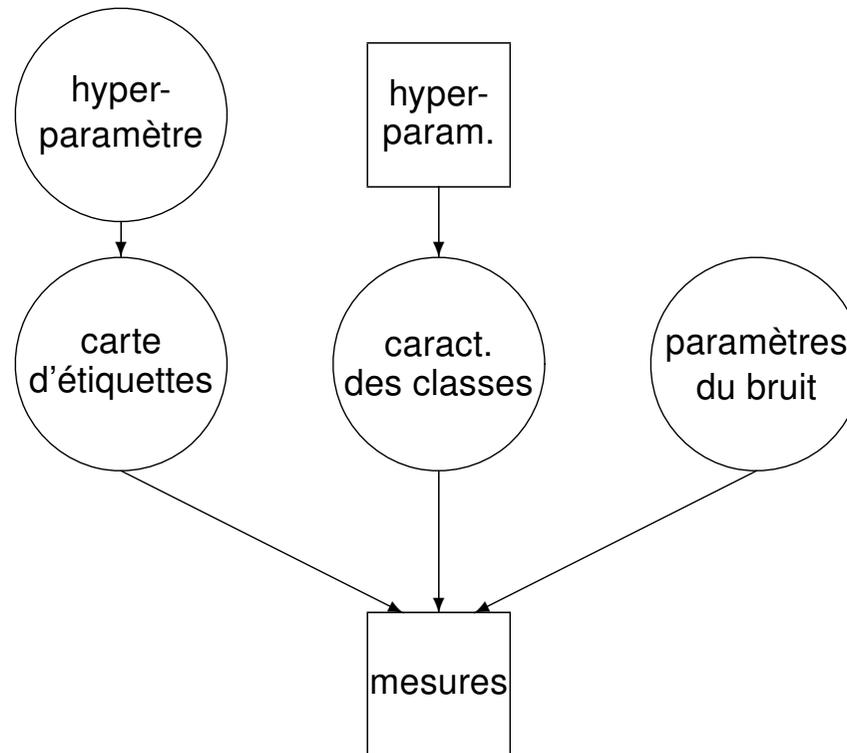
$$\mathbf{I} = \mathbf{P}\mathbf{S} + \varepsilon \text{ (pixelwise)}$$

▣ Inversion : cas constant par morceaux

- Principe : segmentation et estimation conjointes

Catalogue  $\{S_k, k = 1, \dots, K\}$  ou  $\{M_k, k = 1, \dots, K\}$

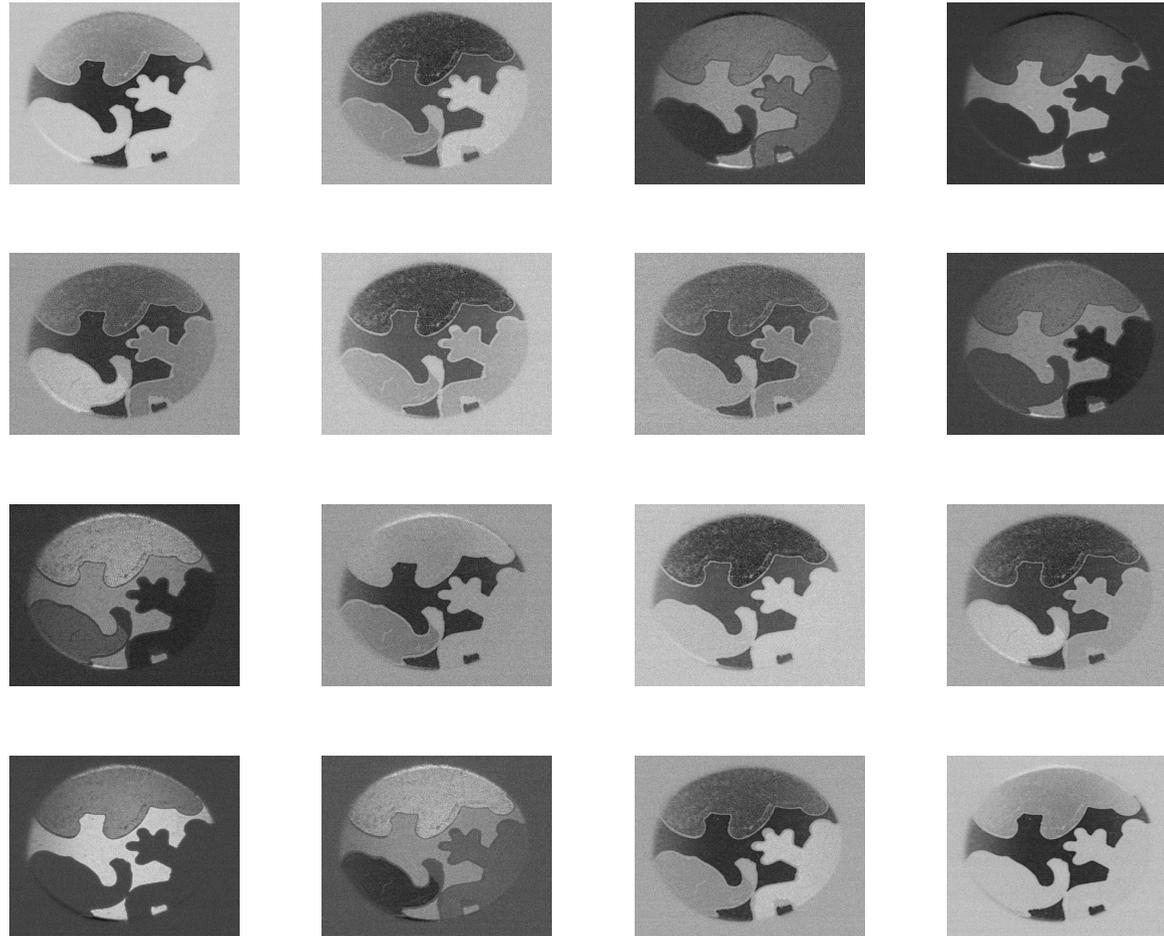
- Modèle :



- Estimateur : maximum de vraisemblance généralisé (MVG)

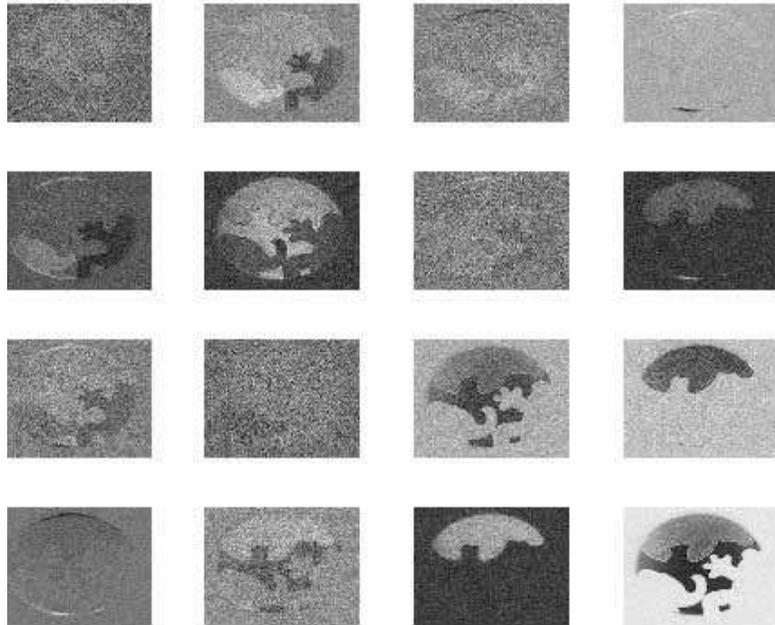
#### ❑ Inversion : cas constant par morceaux en imagerie de Mueller

- Données (réelles) :



- ❑ Inversion : cas constant par morceaux en imagerie de Mueller
  - Estimées :

Inversion naïve :

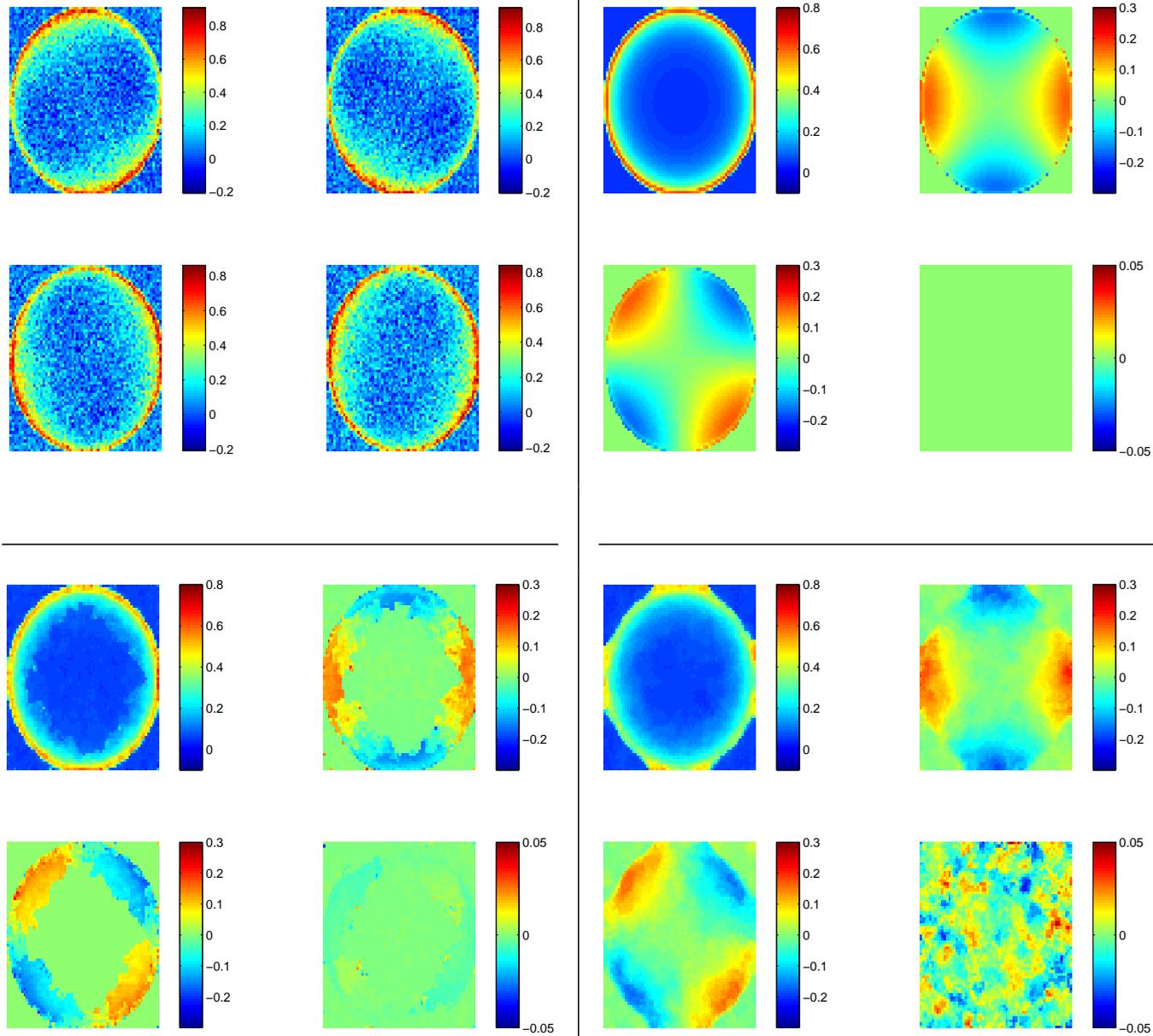


Méthode proposée :



### ❏ Inversion : cas général

- **Trois approches** en cours de développement (Stokes) :
  - \* minimisation d'un critère régularisé ;
  - \* mélange contextuel de lois gaussiennes ;
  - \* inversion – lissage.
- **Choix d'une méthode** : compromis temps de calcul / qualité de la solution.
- **Perspective** à court terme : implantation du cas Mueller.



- ❏ **Conclusion** : mise en évidence de l'intérêt de l'imagerie de Mueller multispectrale dans le domaine biologique et médical.
- ❏ **Perspectives** :
  - finalisation, validation, comparaison des algorithmes de traitement ;
  - optimisation des instruments ;
  - mise au service de la communauté biologique et médicale.