

# Analyse d'images hyperspectrales acquises en laboratoire sur des échantillons comportant des résidus de poudre

*Ph. Déliot<sup>1</sup>, B. Corcelle<sup>1</sup>, V. Achard<sup>1</sup>, Th. Dartigalongue<sup>1</sup>,  
A. Desmarais<sup>2</sup>, C. Giacometti<sup>2</sup>*

*1 - ONERA, the French Aerospace Lab, DOTA, Toulouse (France)*

*2 - INPS, Institut National de Police Scientifique - Laboratoire de Police Scientifique de Marseille (France)*



*r e t o u r   s u r   i n n o v a t i o n*

# Plan

- Objectif de l'étude
- Approche expérimentale :
  - Description des acquisitions
  - Méthode d'analyse
- Résultats préliminaires
- Conclusion



# Objectif

- **Développement d'un instrument pour la police scientifique**
  - Détection des résidus de tir
  - Aide à la balistique par l'analyse des motifs (distance, angle, type d'arme, munition)
  - Utilisable sur une scène de crime
  - Visualisation et enregistrement d'éléments de preuve pour la justice
- **Etude préliminaire faite en imagerie hyperspectrale**
  - Information spectrale très riche
  - Beaucoup de technique disponible pour la détection : classification supervisée ou non supervisée, détection d'anomalies, recherche de poles de mélange,...)
- **Spécification de l'instrument**
  - Petit et léger, facile à utiliser, bon marché, reproductible et indiscutable
  - VNIR > SWIR, multispectral > hyperspectral, Actif > Passif

=> **Instrumentation multispectral actif en VNIR**

# Consortium

- ONERA : EPIC porteur

*Thibault Dartigalongue*

*Veronique Achard*

*Philippe Déliot*

*Béatrice Corcelle*



- Réalisation d'image hyperspectrale
- Optimisation du contraste sur tout type de tissus
- Identification des bandes spectrales d'observation optimales

- INPS Marseille : end user

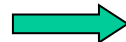
*André Desmarais*



- Définition du besoin
- Réalisation d'échantillons dans un stand de tir : différents tissus, armes, calibres, distances

- Exavision : Industriel

*Eric Nascimben*



- Développement d'un prototype industriel

- ICP (Assas)

*Marion Wagner*



- Valeur juridique de la preuve balistique  
*des armes différentes dans des conditions différentes peuvent éventuellement produire des taches similaires*
- Avis d'expert balistique = future preuve ?  
*droit français, européen, international*

# Approche expérimentale

Expérimentation sur des échantillons en VNIR et SWIR avec des caméras hyperspectrales.



Détermination des spectres d'intérêt pour la détection des résidus de combustion.



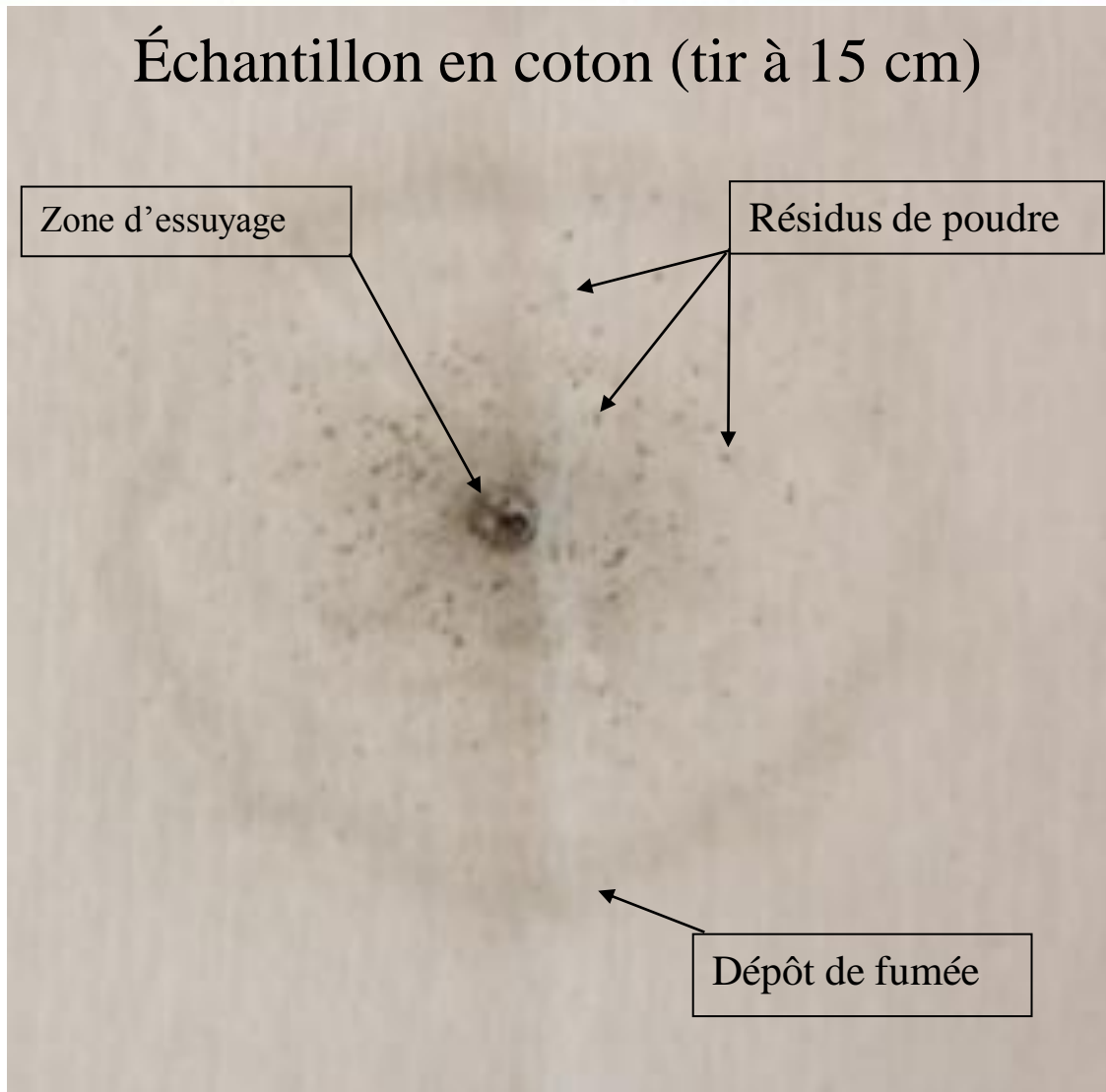
Sélection de bandes à partir des classes précédentes



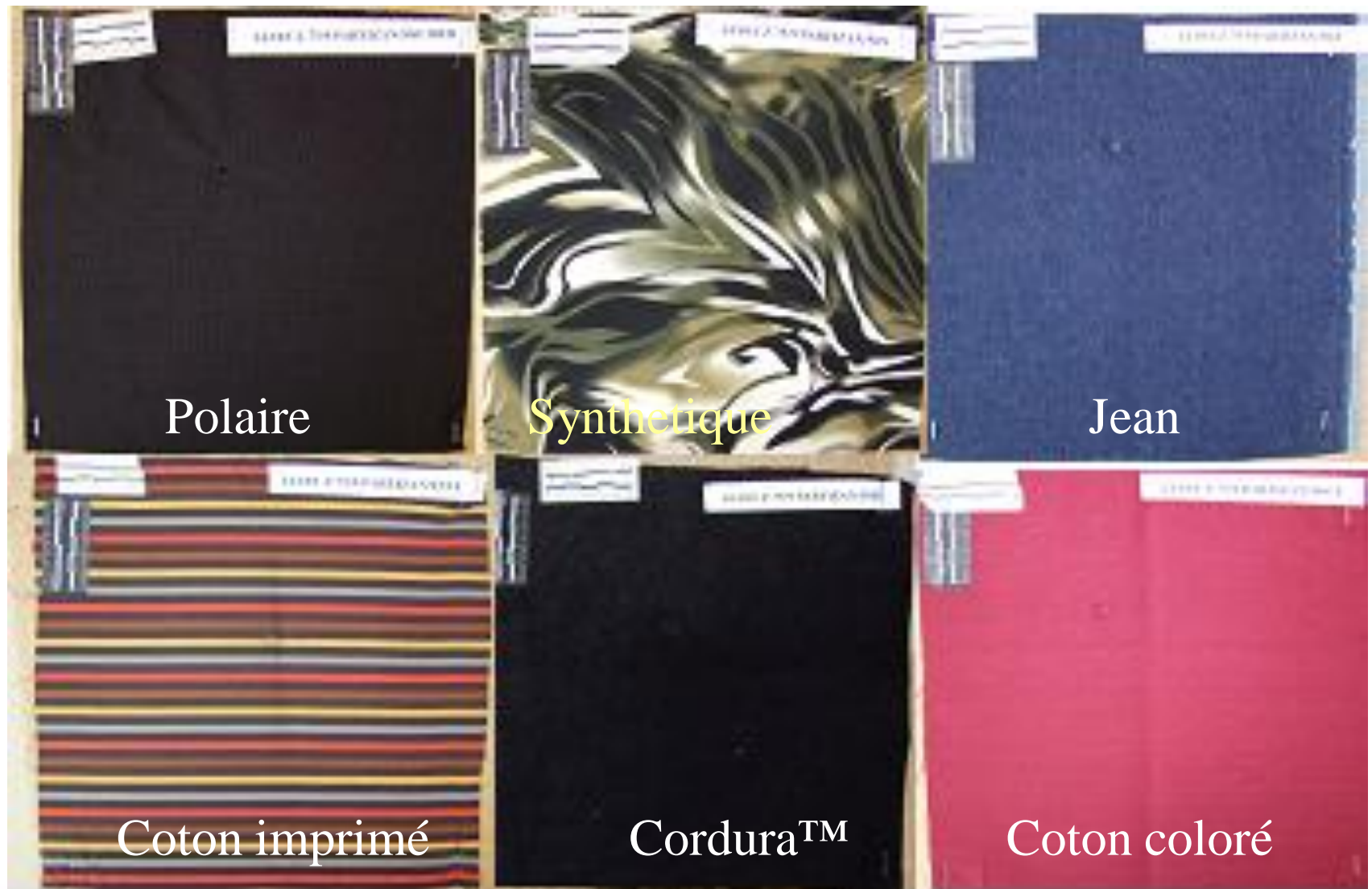
Définition de l'instrument et des algorithmes de traitement associés



# Exemple d'observation



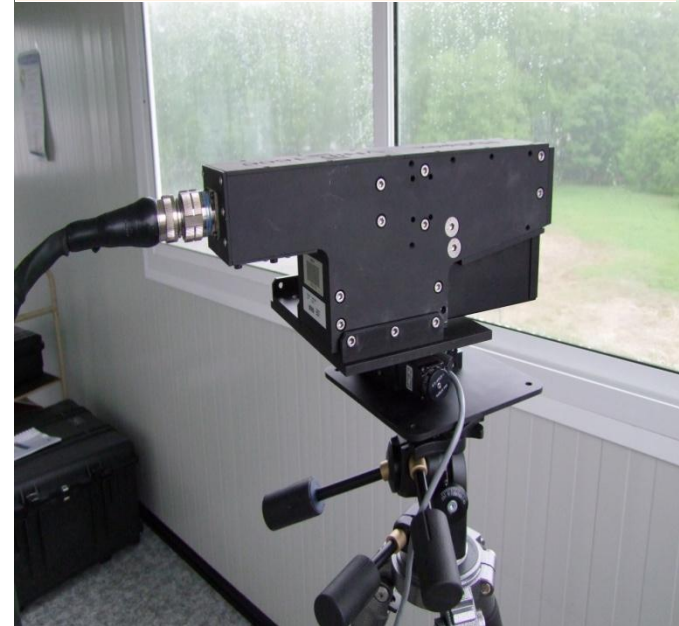
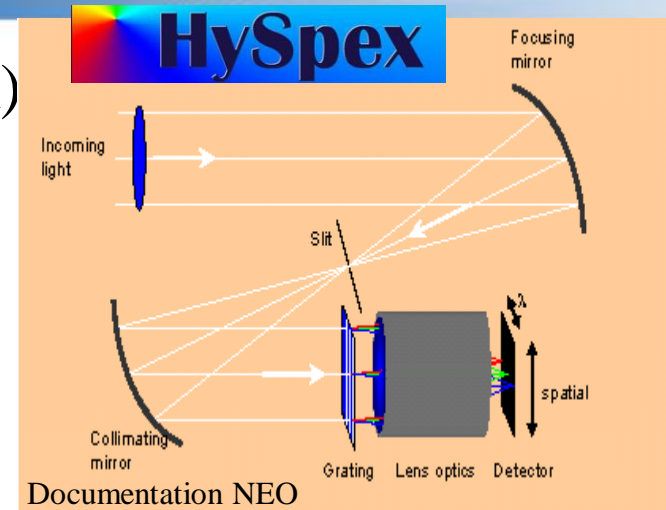
# Exemple d'échantillons (tirs pistolet semi-automatique CZ75 – calibre 9 mm parabellum)



# Instrumentation

Cameras Hyperspectral (Norsk Elektro Optikk)  
équipées d'objectifs champ proche.

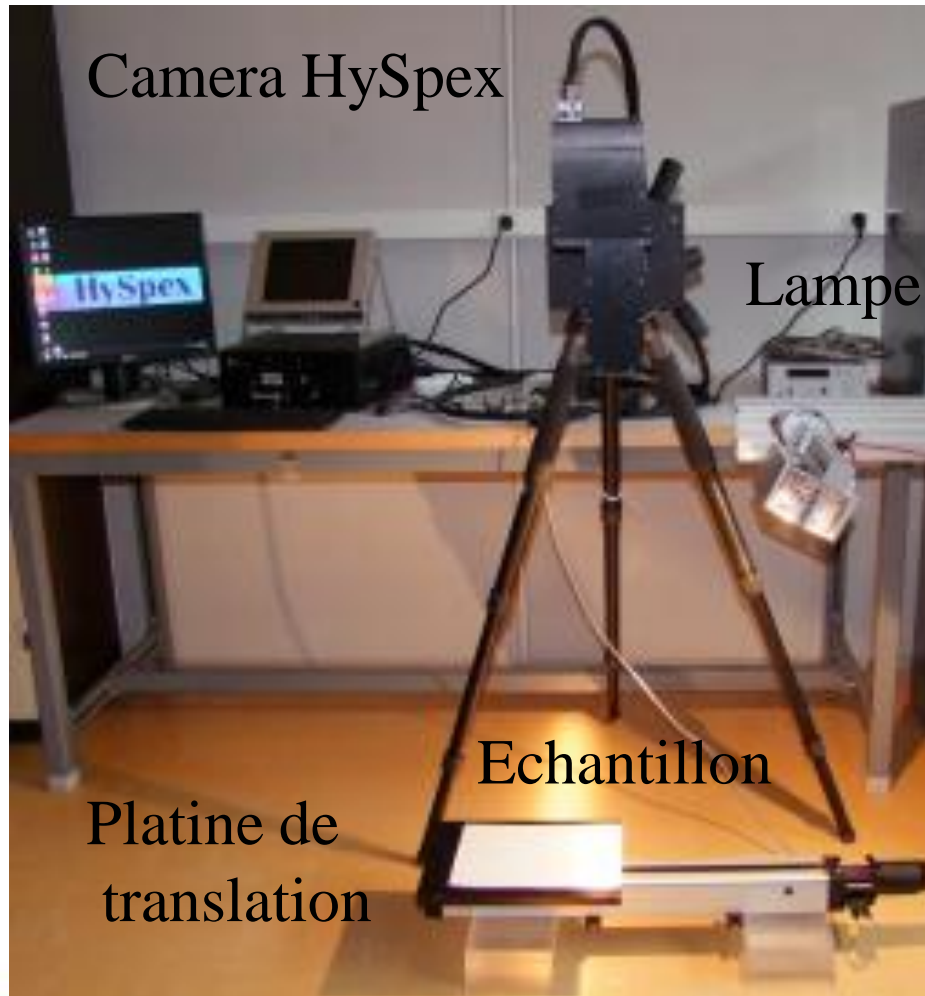
Modèle	VNIR 1600	SWIR 320m-e
Type	Push-broom	Push-broom
Résolution spectral	3,7 nm	5 nm
Domaine spectral	[400 – 1000 nm]	[1000 – 2500 nm]
Nombre de bandes	160	240
Nombre de pixels	1600	320
Echantillonnage @ 1 m	0,16 mm	0,45 mm





# Acquisitions réalisées

**Principe** : les échantillons sont placés sur une platine de translation dont le mouvement est synchronisé avec l'acquisition ligne à ligne.



Correction de non-uniformité spectrale et spatiale de la lampe :

- Acquisition de spectralon  $\approx$  toutes les 10 min.
- Images échantillons divisées par l'image de spectralon

⇒ Images pseudo-réflectance

# Exemple de détection : Cordura noir



photo

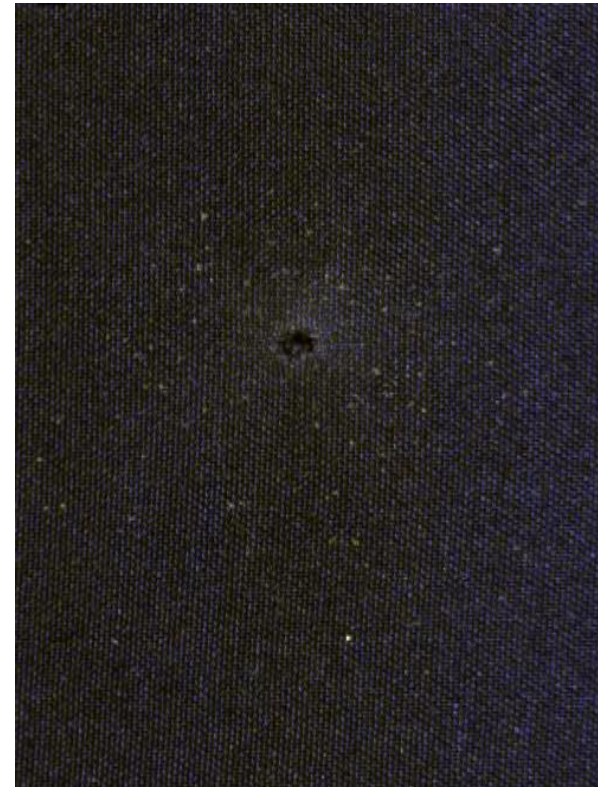
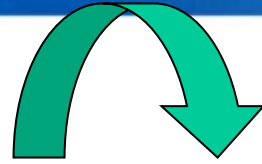


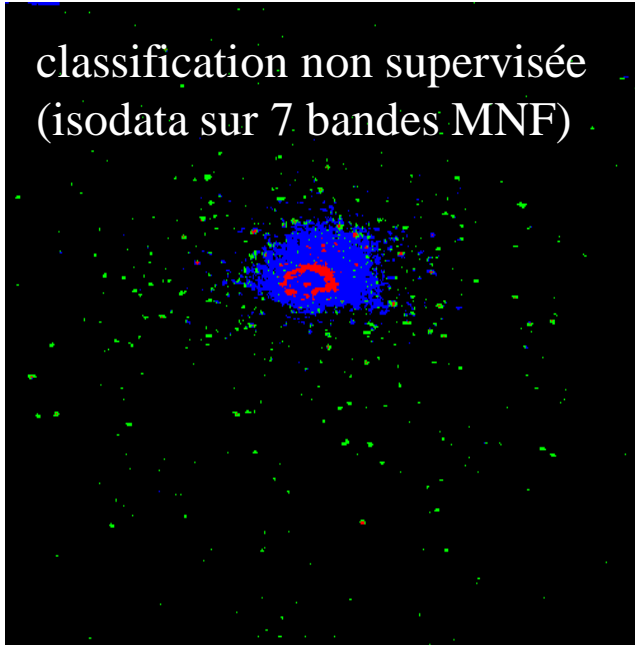
Image RVB d'Hyspex VNIR

Comment visualiser les différents résidus ?

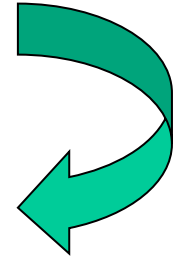
# Démarche pour l'obtention des bandes multispectrales



classification non supervisée  
(isodata sur 7 bandes MNF)

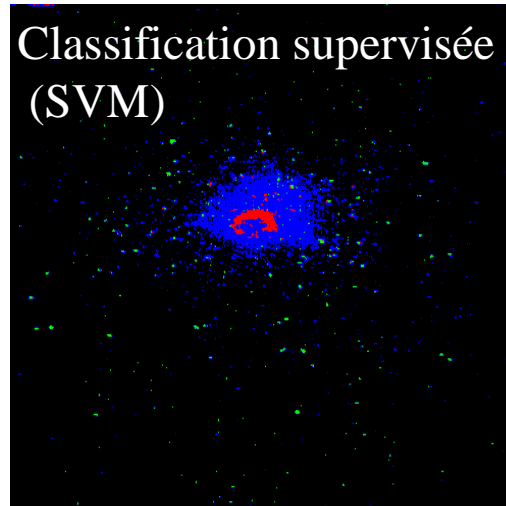


Echantillons spectraux pour 4 classes

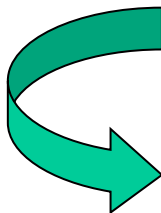
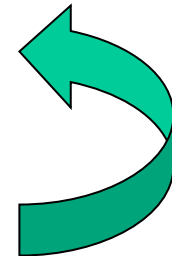


Test des échantillons

Classification supervisée  
(SVM)



Comparaison avec  
les classifications  
de référence



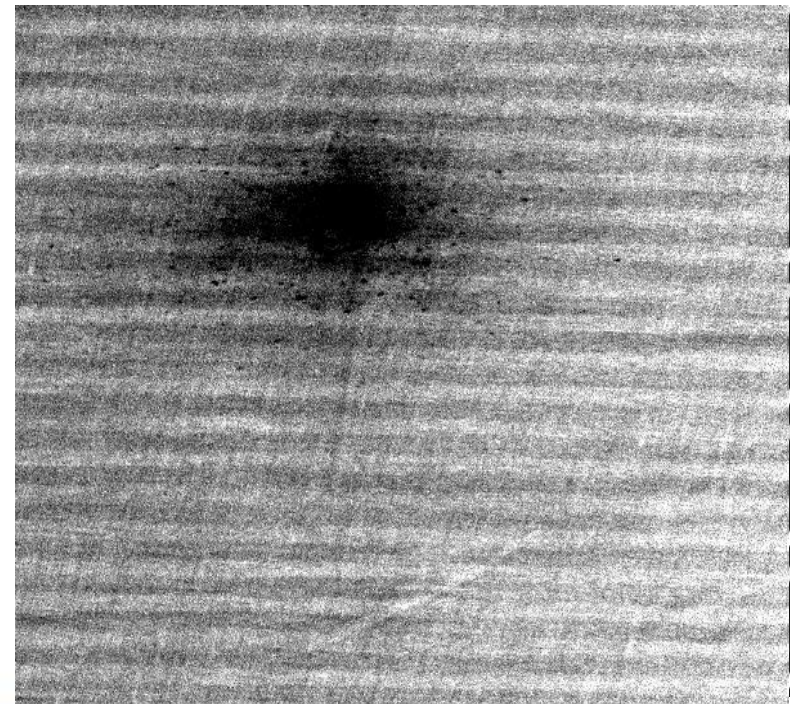
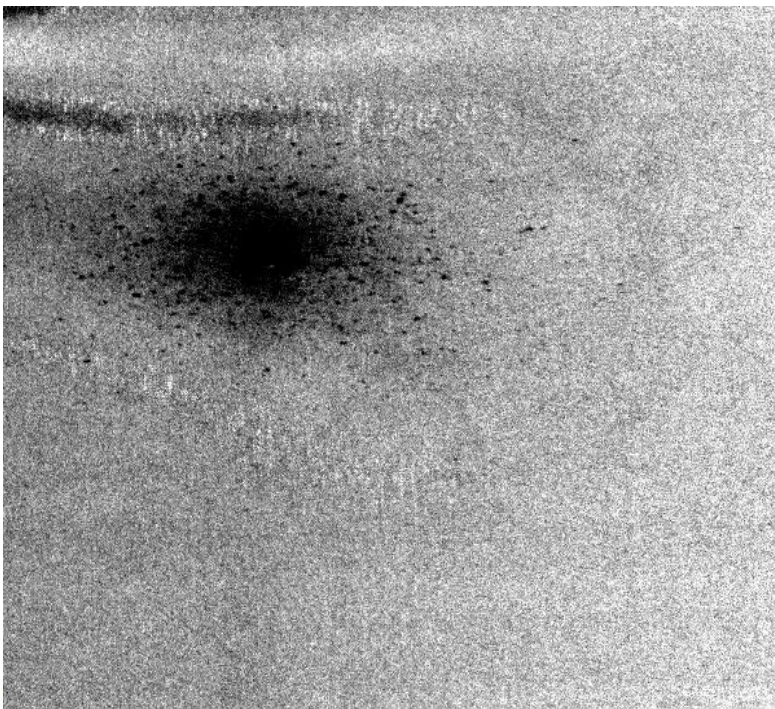
Sélection de bandes réalisable



# Cas des tissus imprimés

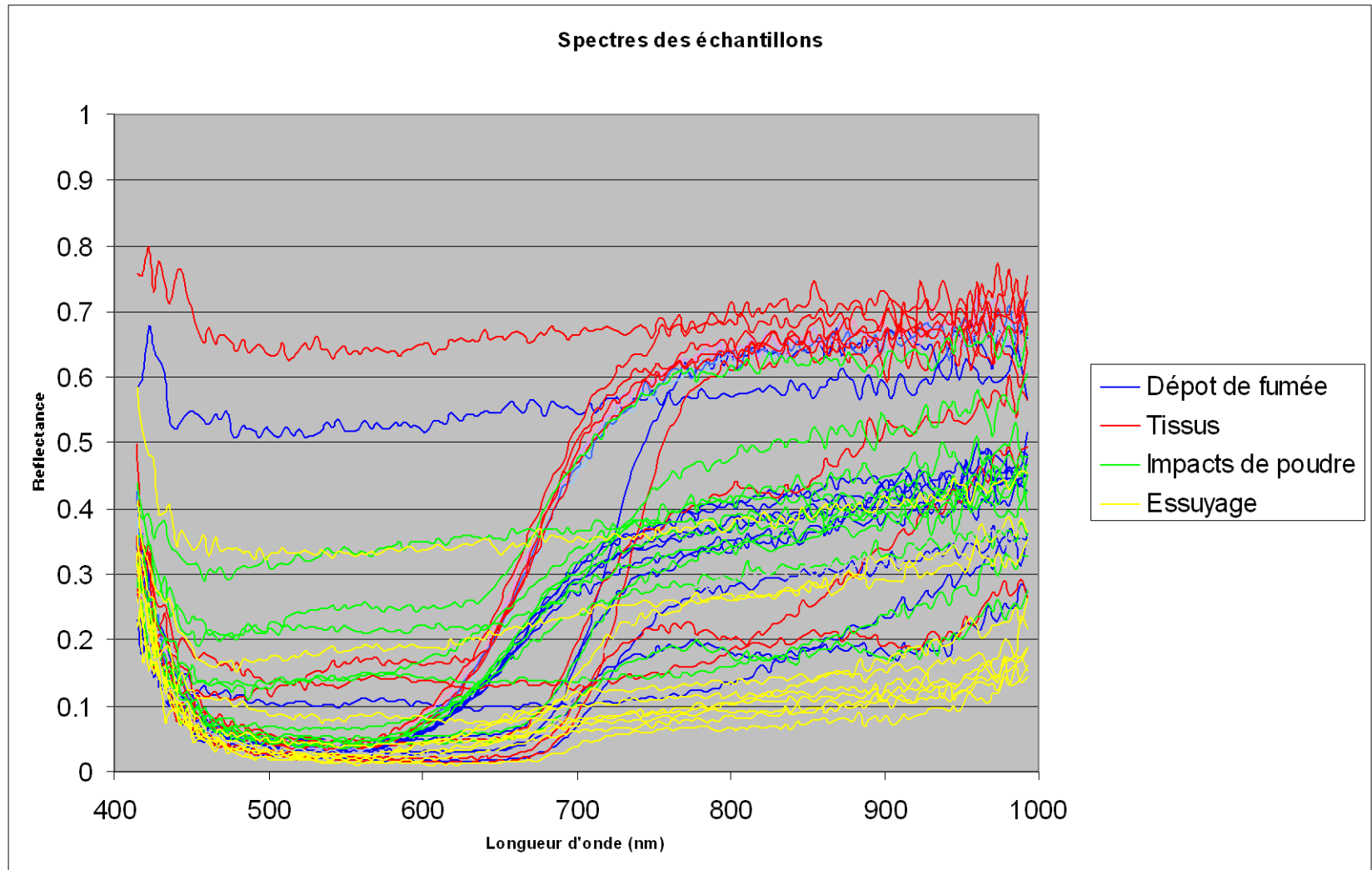


Disparition des motifs  
dans le VNIR





# Observation des spectres des différentes classes



# Sélection de bande (1)

## Critère de sélection J()

□ Basé sur l'angle entre deux spectres considérés comme des vecteurs (SAM)

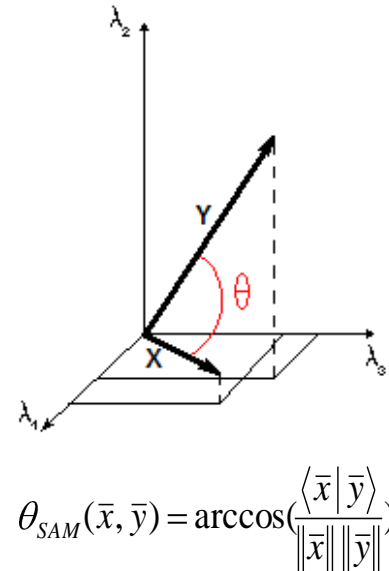
□ Extensions du SAM à des classes :

- intra-classe :  $SAM_w^{\{k\}}(X,Y) = \frac{1}{2N_x} \sum_{i=1}^{N_x} SAM^{\{k\}}(x_i, \bar{x}) + \frac{1}{2N_y} \sum_{j=1}^{N_y} SAM^{\{k\}}(y_j, \bar{y})$

- extra-classe :  $SAM_b^{\{k\}}(X,Y) = \frac{1}{N_x N_y} \sum_{i=1}^{N_x} \sum_{j=1}^{N_y} SAM^{\{k\}}(x_i, y_j)$

$\{k\}$  : ensemble des indices des bandes ,  $x_i \in$  classe X,  $y_j \in$  classe Y

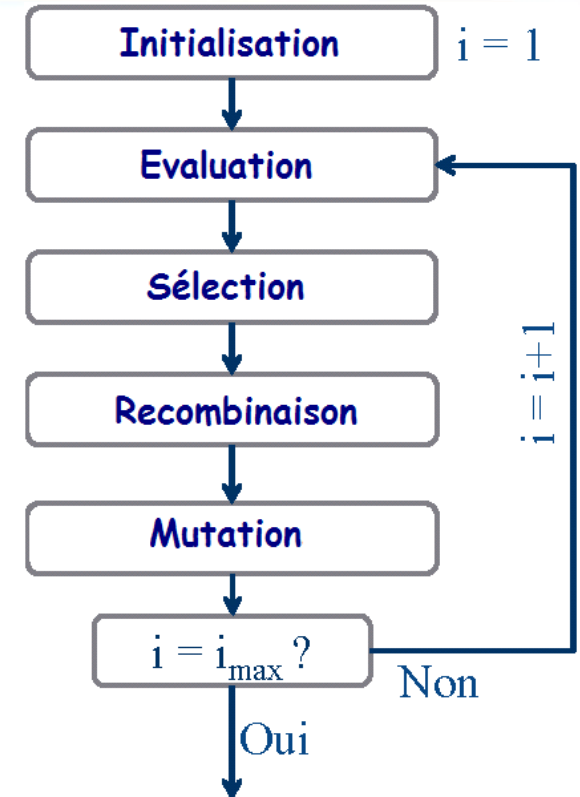
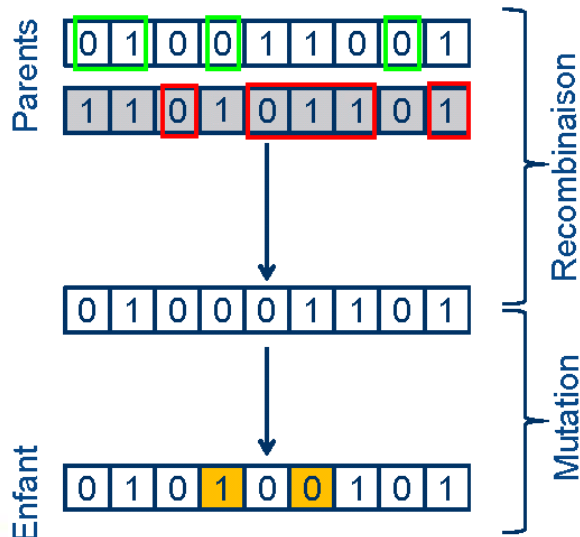
□ Critère  $J(X,Y) = SAM_b(X,Y) / (SAM_b(X,Y) + SAM_w(X,Y))$



# Sélection de bande (2)

## Algorithme génétique

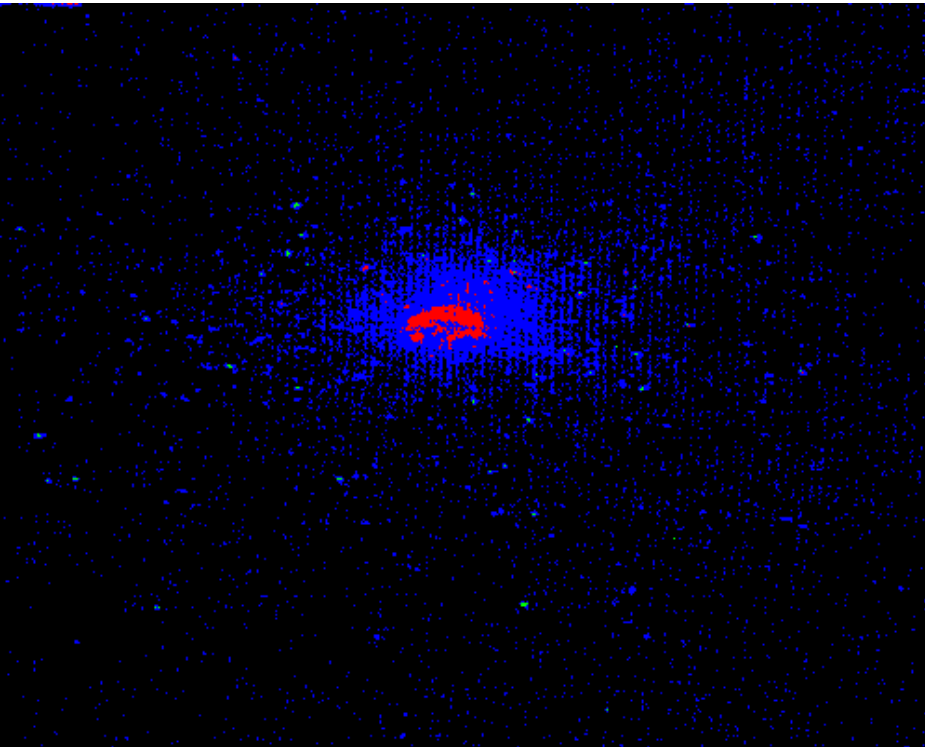
- ✓ Assimilation du spectre à un chromosome
- ✓ Choix des paramètres de l'AG :  
nombre de gènes = nombre de bandes initial (160),  
Nb bandes finales (3,4,5...), population (200,300...)
- ✓ Calcul de J pour chaque chromosome



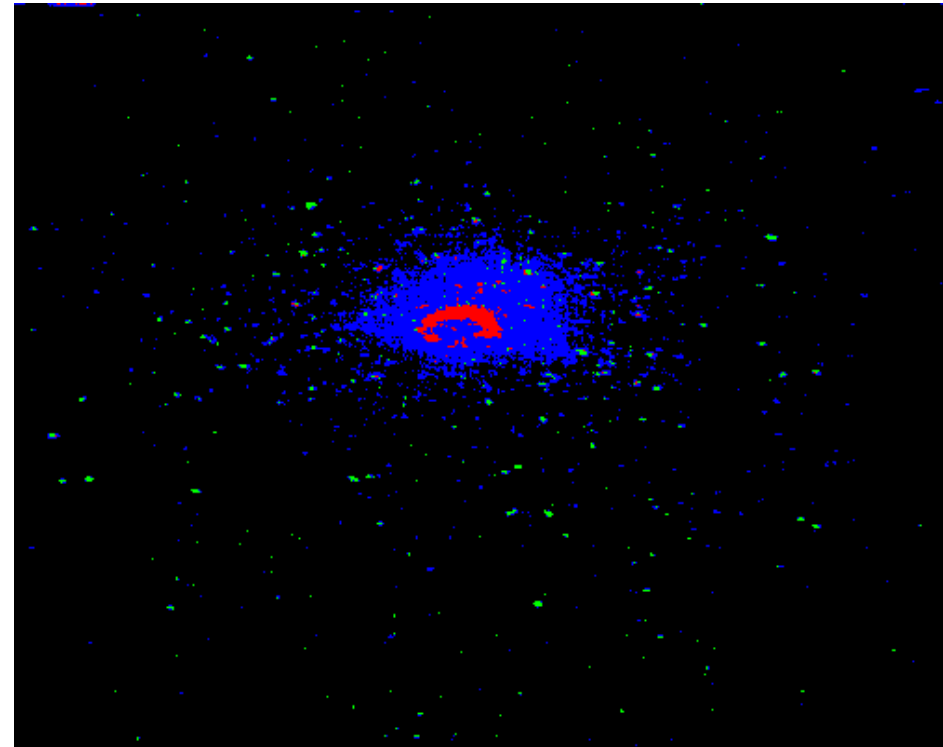
- ✓ Avantages :
  - choix du nombre de bandes
  - sélection des bandes et adaptation de leur largeur par l'AG
- ✓ Inconvénient : dépend de l'initialisation

# Sélection de bande (3)

Premiers résultats : validation de la méthode



Classification SVM après  
sélection de bandes



Classification SVM sur  
toutes les bandes



# Conclusion et perspectives

- Premiers résultats ont permis de recueillir des spectres des différentes classes et de valider le fonctionnement de la méthode de sélection de bandes
- D'autres échantillons de tissus doivent être faits (autres tissus et couleurs foncé, dégradation par délavage, ...)
- Poursuite de la sélection de bandes

=> Définition and réalisation du prototype (mi2012-2013)

Remerciements à l'ANR qui finance ces travaux dans le cadre du projet SYLLABES