



**HAL**  
open science

# Assemblage semi-automatique d'images d'une scène agricole pour la construction du cube hyperspectral à partir d'une caméra compacte spatio-spectrale

Pierre Chatelain, Gilles Delmaire, Ahed Alboody, Matthieu Puigt, Gilles Roussel

## ► To cite this version:

Pierre Chatelain, Gilles Delmaire, Ahed Alboody, Matthieu Puigt, Gilles Roussel. Assemblage semi-automatique d'images d'une scène agricole pour la construction du cube hyperspectral à partir d'une caméra compacte spatio-spectrale. 7ème Journée Régionale des Doctorants en Automatique et Traitement du Signal (JRDA), Nov 2021, Compiègne, France. hal-03433808

**HAL Id: hal-03433808**

**<https://hal.science/hal-03433808v1>**

Submitted on 13 Jun 2023

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



# Assemblage semi-automatique d'images d'une scène agricole pour la construction du cube hyperspectral à partir d'une caméra compacte spatio-spectrale.



Pierre CHATELAIN\*, Gilles DELMAIRE†, Ahed ALBOODY, Matthieu PUIGT, Gilles ROUSSEL†

Univ. Littoral Côte d'Opale, LISIC, Longuenesse, prenom.nom@univ-littoral.fr \* Doctorant † Directeurs de thèse

Basé sur l'article du journal Sensors, accepté le 12 novembre 2021, par les mêmes auteurs

"Semi-automatic Spectral Image stitching for a compact hybrid linescan hyperspectral camera towards near field remote monitoring of potato crop leaves"

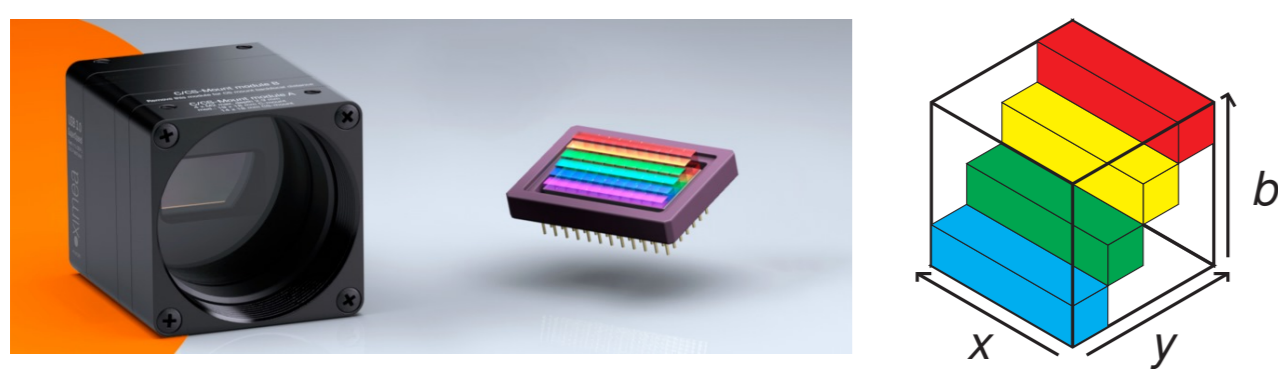
## Introduction

Depuis moins d'une décennie, des constructeurs proposent des imageurs hyperspectraux très compacts et légers, ouvrant la porte à des applications embarquées : par exemple, l'observation de cultures de pomme de terre par un drone.

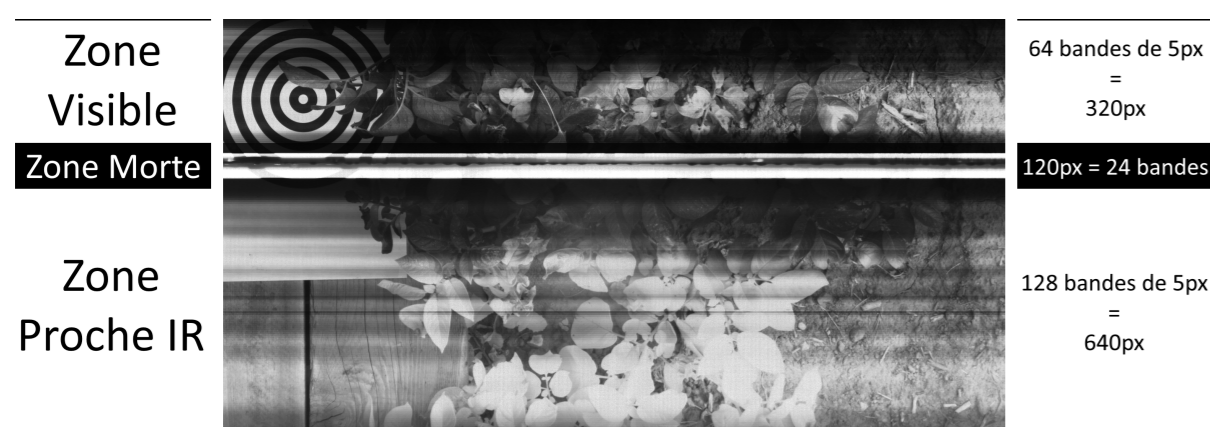
Parmi ces caméras, les "hybride linescan" imposent un mouvement de balayage linéaire et nécessitent des traitements pour construire le cube de données.

Ce poster illustre les travaux portant sur le pré-traitement principal qu'est l'assemblage d'images (Stitching) spécifique à la caméra utilisée pour réaliser la construction du cube de données.

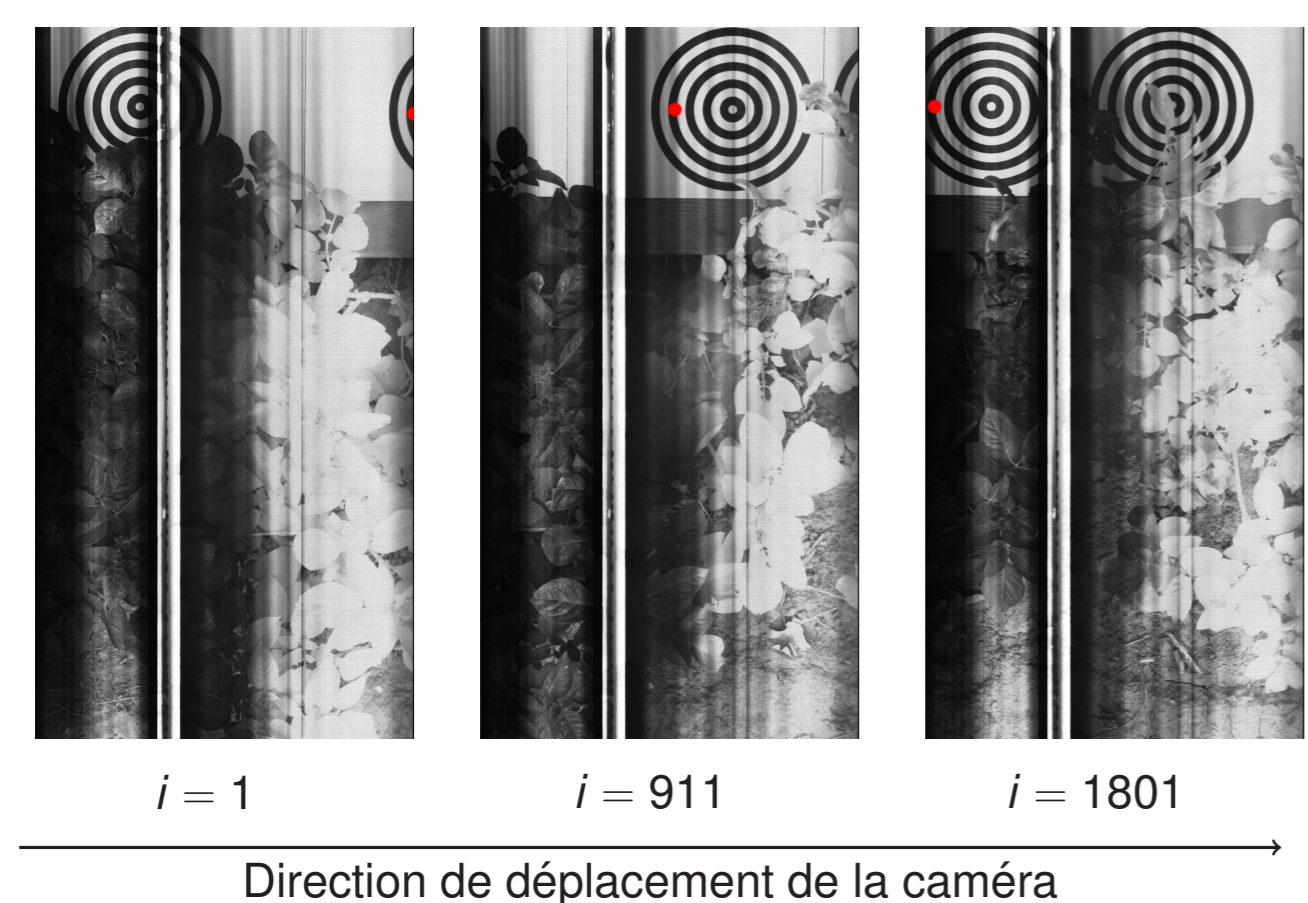
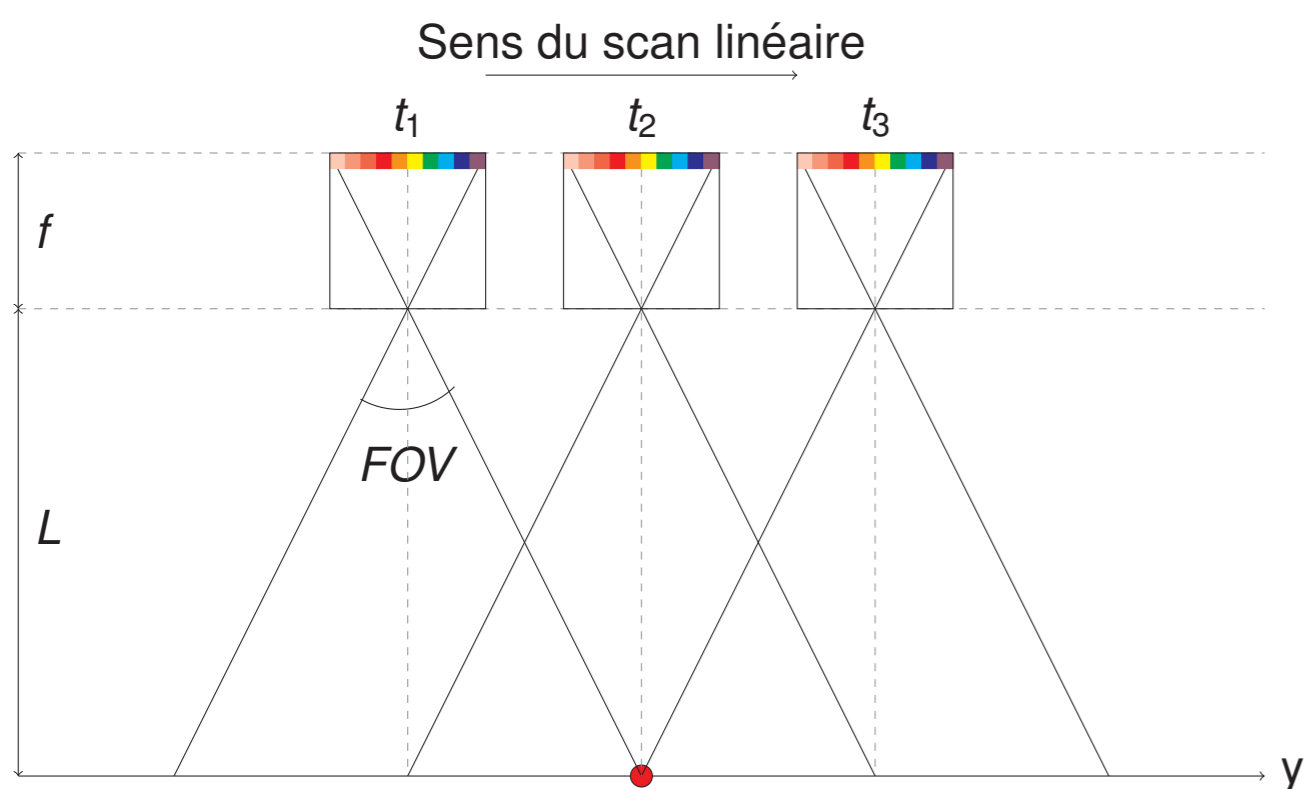
## Principe de la caméra Hybrid Linescan



- ▶ Les longueurs d'onde  $\lambda$  et la coordonnée  $y$  sont liées.
- ▶ Une image brute est organisée comme ceci :

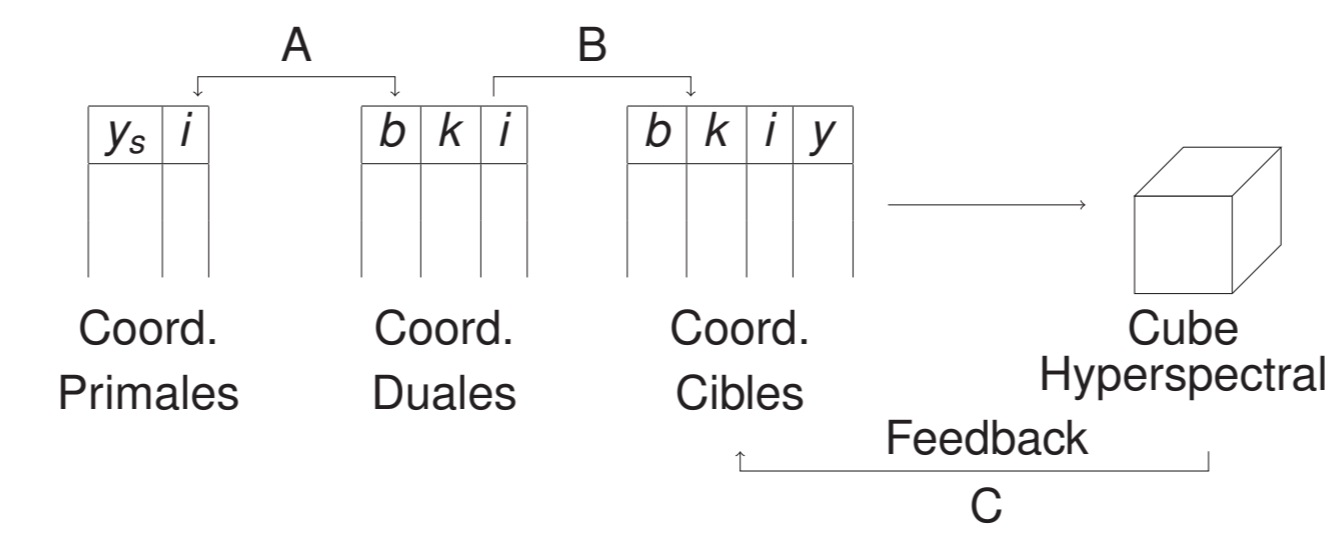


- ▶ Pour former un cube de données la caméra doit effectuer un déplacement relatif linéaire selon  $y$ . Ce déplacement peut être effectué par un drone ou un axe linéaire.



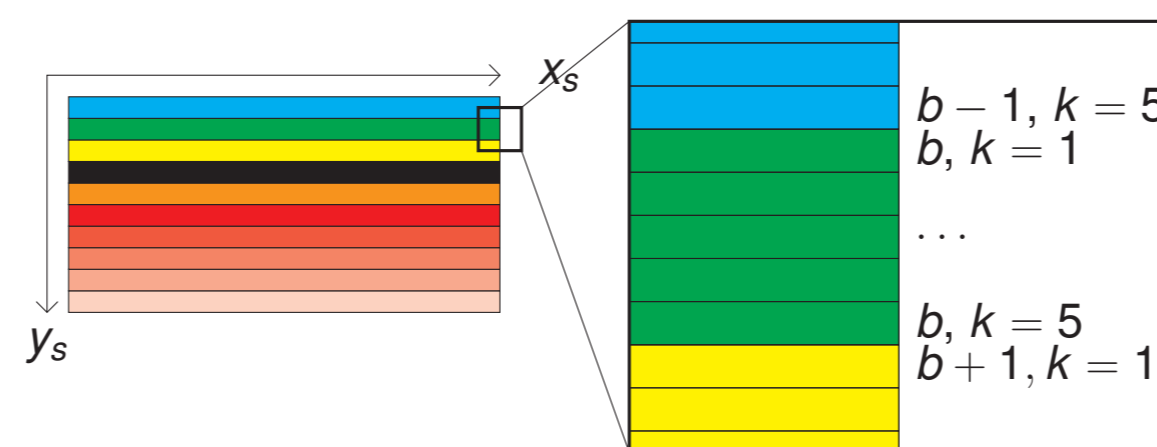
- ▶ Un point  $P$  de la scène est vu par toutes les bandes spectrales (64 dans le visible et 128 dans le NIR) entre les instants  $t_1$  et  $t_3$ .

## "Physical-based spectral Reconstruction" (PSR)



A. Les coordonnées primales et duales sont liées par :

$$y_s = 4 + (b - 1) \times 5 + k \quad (1)$$



B. Si le mouvement est linéaire uniforme, alors le recollage consiste à juxtaposer les "escaliers" selon :

$$y = (b - 1) \times 5 + k + \text{step} \times (i - 1) \quad (2)$$

L'initialisation du paramètre  $\text{step}$  est basée sur le modèle géométrique de l'acquisition :

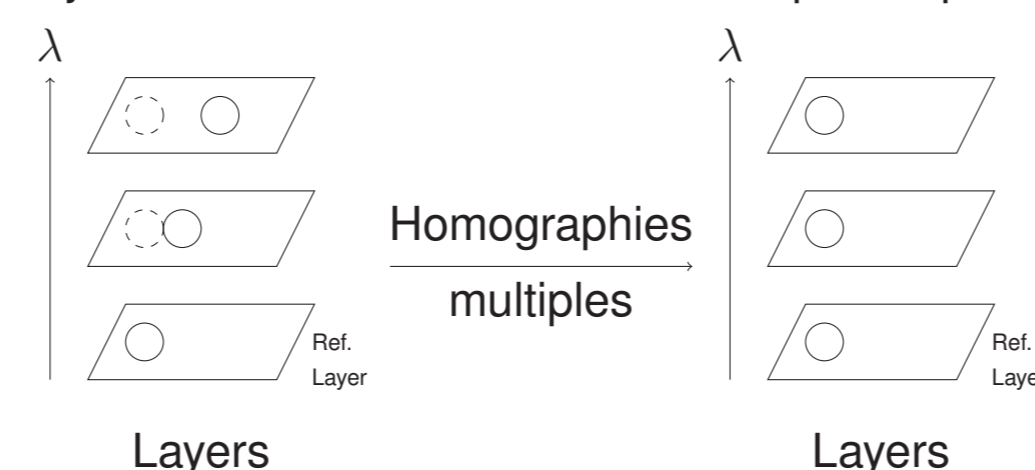
$$\text{step}^0 = \frac{V_d}{(f_e \times GIFOV)} \quad (3)$$

C. La MàJ du paramètre  $\text{step}$  est basée sur un relevé manuel effectué dans les images acquises :

$$\text{step}^1 = \text{step}^0 - \frac{\widehat{y}^b - \widehat{y}^{108}}{i^b - i} \quad (4)$$

## Homographies multiples

- ▶ L'objectif est de recaler le contenu des plans spectraux.



- ▶ En coordonnées homogènes, un point  $p_j$  du plan  $P$  est relié à son équivalent  $q_j$  dans le plan  $Q$  par la matrice d'homographie  $H$  :

$$q_j \sim \begin{bmatrix} h_{1,1} & h_{1,2} & h_{1,3} \\ h_{2,1} & h_{2,2} & h_{2,3} \\ h_{3,1} & h_{3,2} & 1 \end{bmatrix} p_j \triangleq H p_j \quad (5)$$

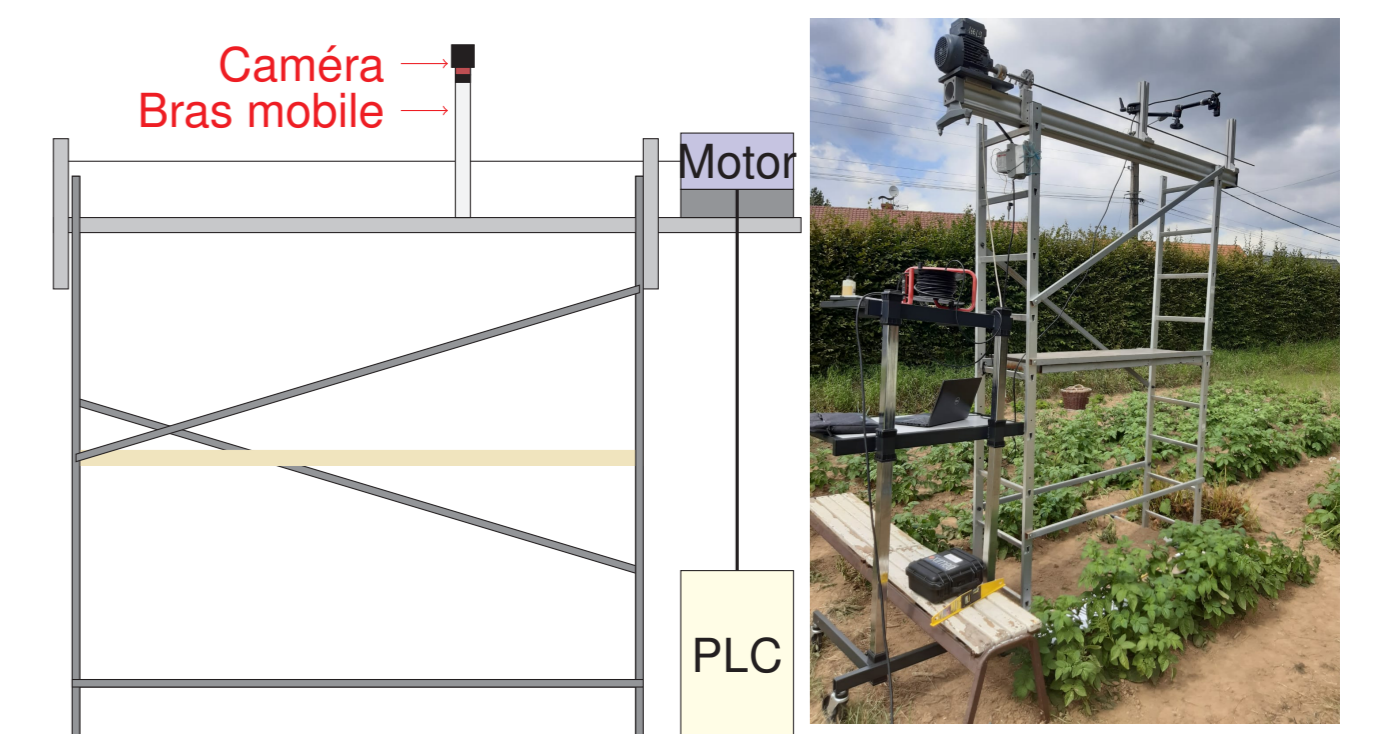
- ▶ Les 8 paramètres de la matrice d'homographie  $H$ , sont obtenus par ajustement de modèle à partir d'un ensemble de points  $(p_j(x_j, y_j), q_j(u_j, v_j))$  et en résolvant  $q_j \wedge H p_j = 0$  :

$$0_{2 \times 1} = \begin{bmatrix} 0_{1 \times 3} & -p_j^T & v_j p_j^T \\ p_j^T & 0_{1 \times 3} & -u_j p_j^T \end{bmatrix} \text{vect}(H) \triangleq A_j \cdot h \quad (6)$$

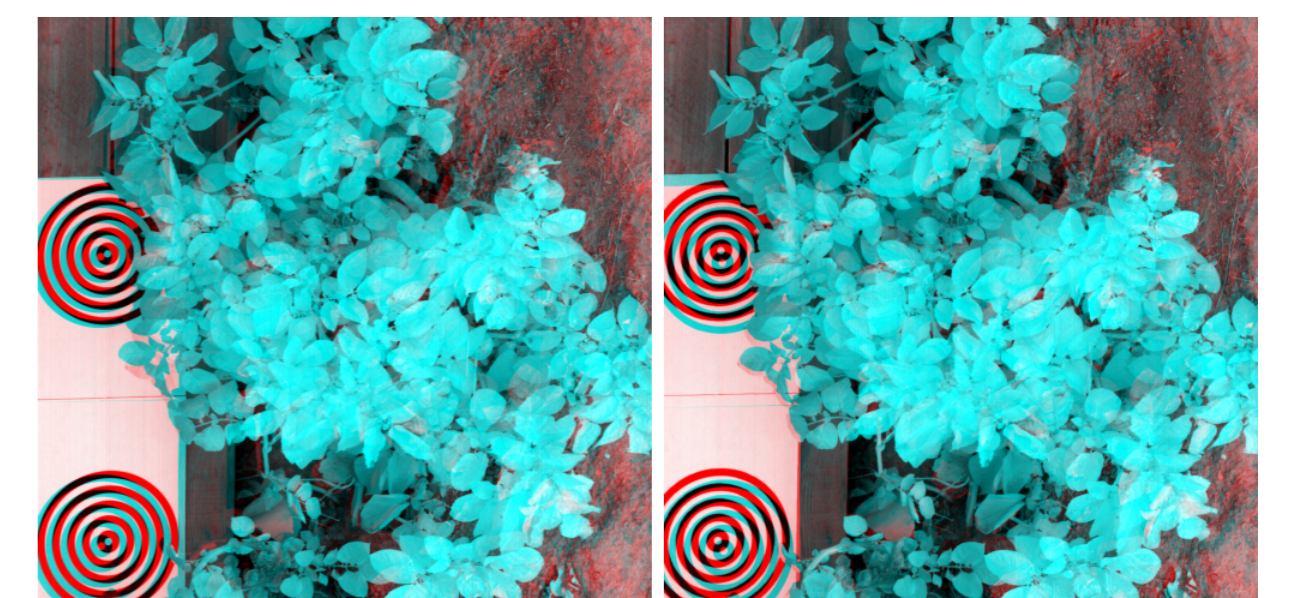
- ▶ En introduisant  $A \triangleq [A_1^T, \dots, A_N^T]^T$  pour les  $N$  paires de points, cela revient à résoudre  $Ah = 0_{2N \times 1}$  ou encore :

$$\min_h \|Ah\|_F^2 \quad (7)$$

## Résultats



- ▶ Un guide linéaire assure la reproductibilité de nos expériences.



- ▶ L'indicateur de performance utilisé est le RMSE correspondant à la dispersion moyenne d'un ensemble de points caractéristiques pris dans chaque couche spécifiée.
- ▶ L'image de gauche représente la méthode PSR seulement. Elle est appliquée sur le plan  $b=40$  (en rouge) et le plan  $b=182$  (en bleu). Le RMSE vaut 30 mm.
- ▶ L'image de droite représente la méthode PSR suivie du recalage par homographies multiples. Les méthodes sont appliquées sur le plan  $b=40$  (en rouge) et le plan  $b=182$  (en bleu). Le RMSE a été divisé par trois et vaut maintenant 10 mm.

## Conclusion et perspectives

Ce poster illustre une partie des travaux de pré-traitement pour la construction du cube de données (HSI) à partir des images obtenues par balayage d'une caméra légère hyperspectrale de type linescan. Le défi majeur de ce traitement vise la reconstruction par recollage des images (stitching), prenant en compte le décalage introduit par la structure particulière du capteur et les effets de perspectives inhérents à l'optique. Le traitement, basé sur des homographies multiples, améliore significativement la qualité de la reconstruction à l'échelle d'une scène agricole d'observation du feuillage de pommes de terre. Des compléments de l'approche sont envisagés pour réduire encore l'imprécision pour pouvoir aborder l'étape de séparation des spectres du cube.

## Remerciements

P. Chatelain remercie le PMCO qui co-finance sa thèse. Les équipements expérimentaux utilisés dans le cadre de ces travaux ont été obtenus grâce au soutien de l'Europe (FEDER), la Région Hauts-de-France, la CAPSO et l'ULCO.

