

Contexte

- La mesure de traits physiologiques tels que la teneur en azote ou la teneur en eau des feuilles est cruciale pour suivre le comportement des cultures en réponse à des stress abiotiques.
- La lumière réfléchiée par les plantes peut être corrélée à leur statut sanitaire. Un trait physiologique peut être caractérisé par analyse d'images en regardant le couvert végétal dans une ou plusieurs bandes spectrales du rayonnement (filtres optiques) dans le domaine du visible et de l'infrarouge.

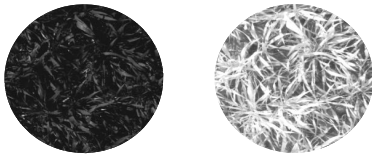


Figure 1 : Images d'un couvert végétal dans le vert (à gauche) et dans le proche infra-rouge (à droite).

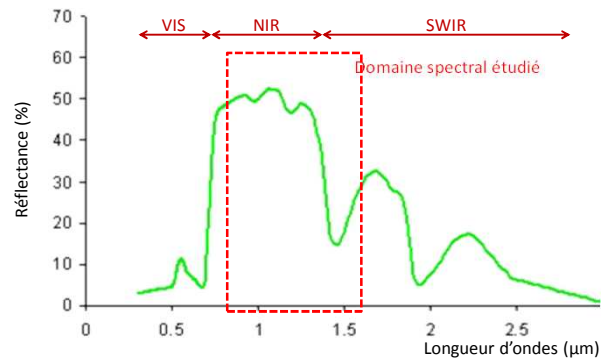


Figure 2 : Spectre de réflectance d'un couvert végétal

Matériels

L'ensemble du matériel de phénotypage (hormis le PC d'acquisition) se trouve dans un coffret de montage électrique. Le tout est disposé sur un châssis en aluminium afin de réaliser la prise de mesure au dessus de la canopée et couvrir un champ de vision d'une surface d'environ 0.25m².



Figure 3 : Système déployé sur une parcelle expérimentale de froments d'hiver (*Triticum aestivum* L.).

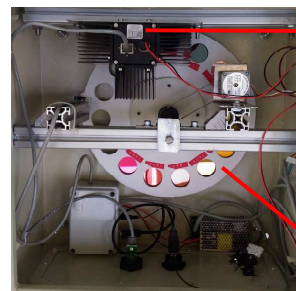


Figure 4 : Système composé d'une caméra, d'un micro-contrôleur et d'une roue à filtres optiques



Figure 5 : Caméra InGaAs GoldEye-G-008 (Allied Vision): Bande passante de 900-1700nm; résolution 320*256pixels.



Figure 6 : Roue à 10 filtres optiques sur la gamme spectrale de 1100-1660nm : pas moyen de 80nm et une bande passante moyenne de 100nm.

Programmes

Acquisition :

Le programme d'acquisition (développé en C #) synchronise le positionnement de la roue à filtres optiques avec la prise d'images de la caméra. L'enregistrement est réalisé avec un calcul de temps d'intégration variable pour obtenir un seuil d'exposition lumineuse constant de la caméra InGaAs.

Sélection des filtres :

Le programme du microcontrôleur commande le déplacement de la roue à filtres optiques en fonction des instructions de positionnement reçues du PC d'acquisition.

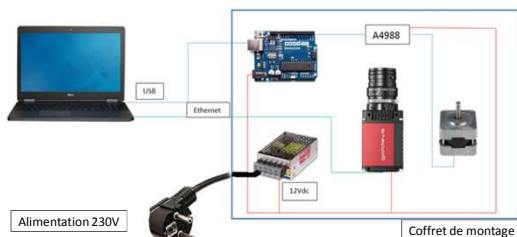
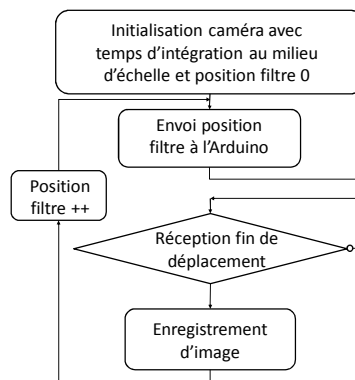
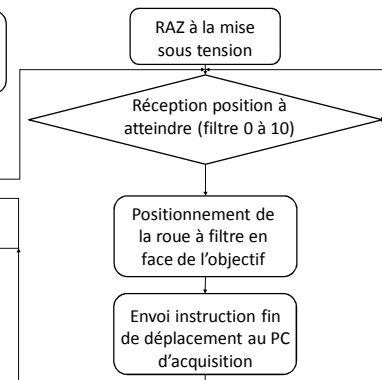


Figure 7 : Schéma de principe d'assemblage du matériel

Acquisition (PC)



Sélection des filtres (µC)



Exploitation

- L'acquisition est réalisée en champs d'essais agronomiques découpés en micro-parcelles d'une surface de 6 m x 2 m au moyen d'un enjambeur statique.
- L'acquisition est rendue indépendante de la luminosité naturelle par une régulation du temps d'intégration de la caméra basée sur une référence blanche.
- Les images sont analysées a posteriori sous Matlab, en utilisant des méthodes d'apprentissage automatique telles que des réseaux de neurones pour extraire des paramètres d'intérêt agronomiques.
- Selon les objectifs de l'expérimentation, ces paramètres d'images sont corrélés par des outils statistiques à des mesures de références (par ex. chimiques).

Conclusions

- Ce système de phénotypage de culture en champ dans le domaine de l'infrarouge permet de sélectionner les gammes de longueur d'onde et les variables de texture d'image qui sont liées à l'état physiologique des plantes en conditions naturelles.
- Les avantages d'une telle méthode de proxidtection sont :
 - Une mise en œuvre simple et rapide par rapport au phénotypage manuel.
 - Des mesures non-destructives de la culture permettant un suivi temporel sur toute la saison de végétation.
 - La possible intégration sur enjambeur robotisé pour un suivi automatisé.
 - Un suivi des plantes à l'échelle de ses organes (feuilles, tiges, épis...).