

Agriculture Numérique: « L'essentiel est invisible pour les yeux* »

Ryad Bendoula

L'agriculture numérique:

Aujourd'hui et depuis quelques années, l'agriculture numérique est poussée par une double conjoncture *.

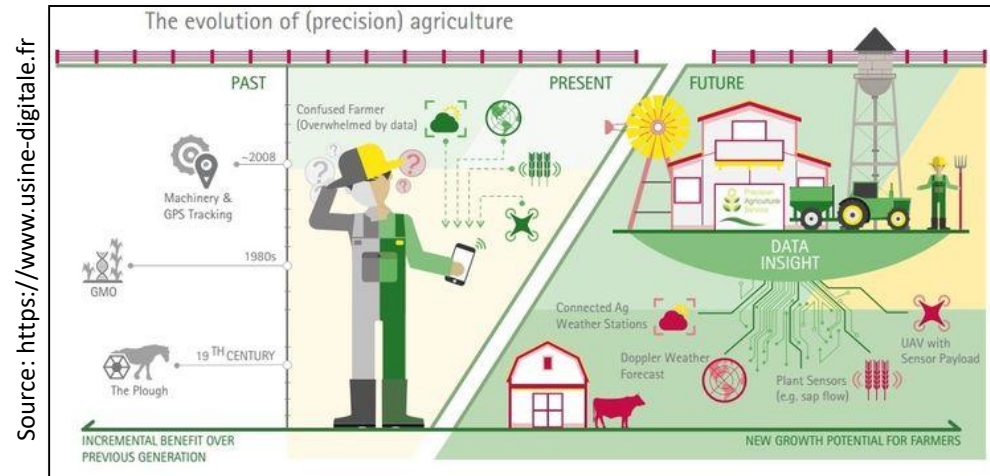
- D'une part, l'agriculture s'approprie les outils du numérique,
- et d'autre part, la complexité de la gestion d'une exploitation rend difficile l'exercice de la prise de décision par l'agriculteur.



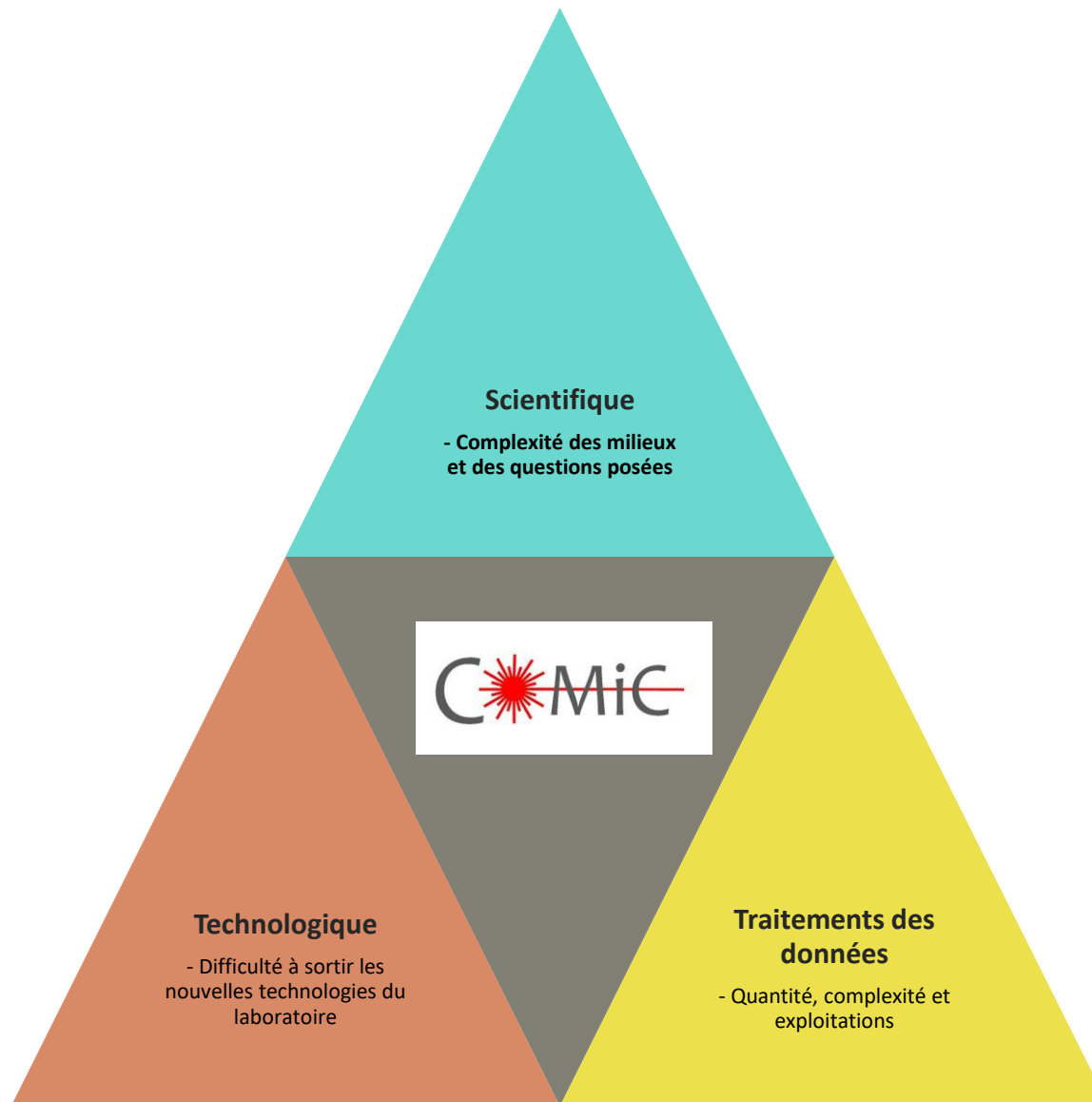
Les **verrous scientifiques** sur la voie de l'**agriculture numérique** ont été identifiés par l'INRA et Irstea. Ils concernent trois « blocs technologiques » :



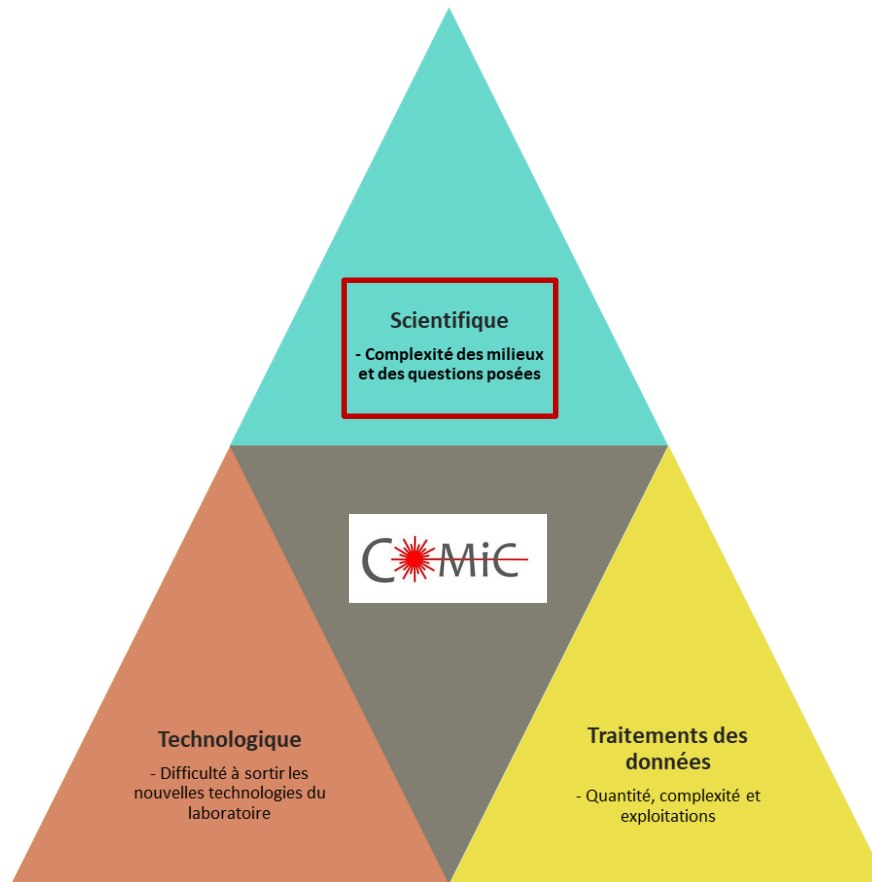
1. les capteurs ;
2. la gestion des données (transmission, stockage, mise en réseau) via les systèmes d'information ;
3. la valorisation de ces données pour la prise de décision (modélisation).



Les capteurs en agriculture numérique: 3 défis



Les capteurs en agriculture numérique: 3 défis



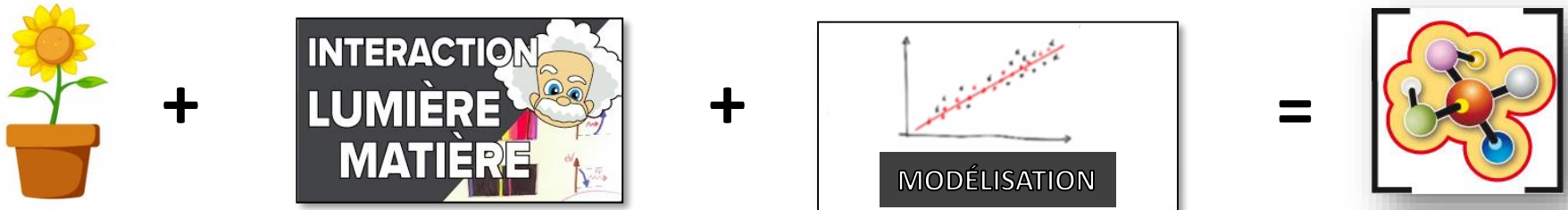
Pour répondre au défi scientifique, il est impératif:



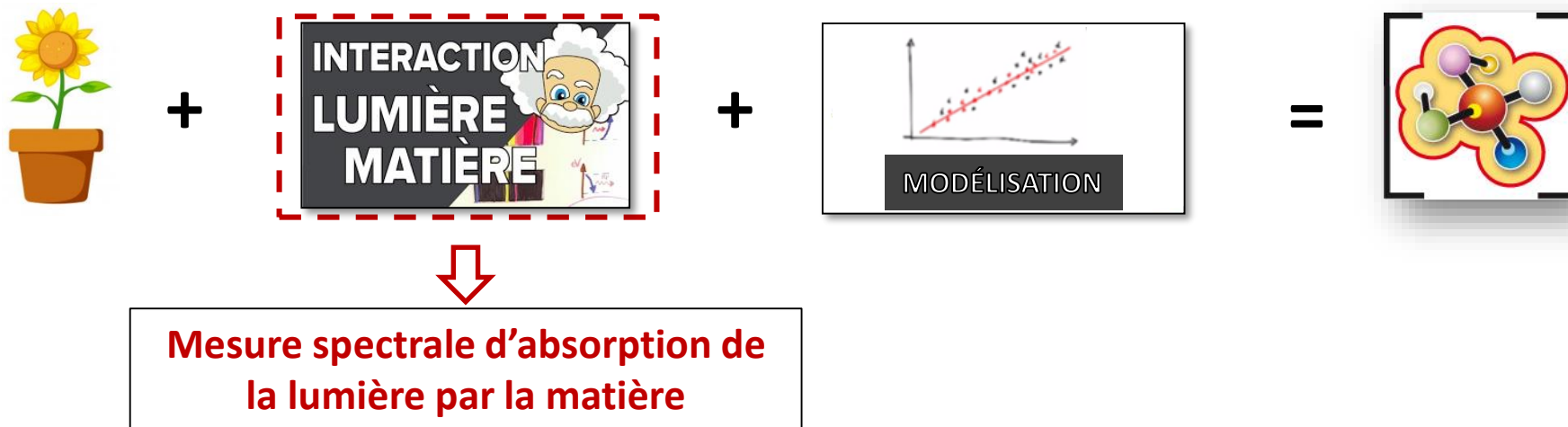
de développer des méthodes d'acquisition de données agronomiques fines

Ce qui se fait aujourd'hui en optique pour l'agriculture:

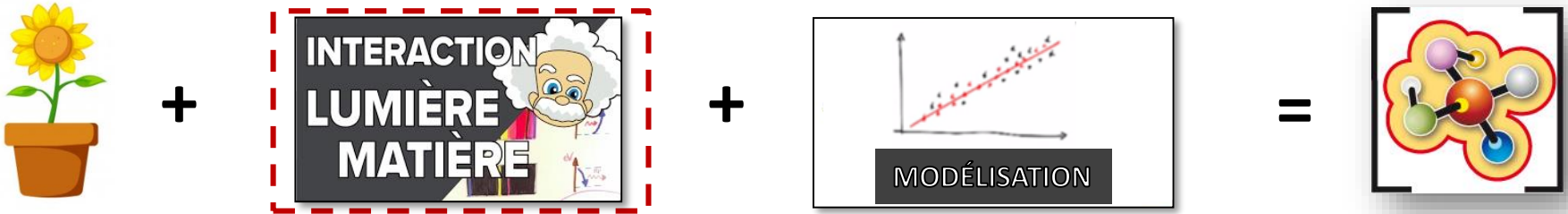
Mesures optiques indirectes multivariées



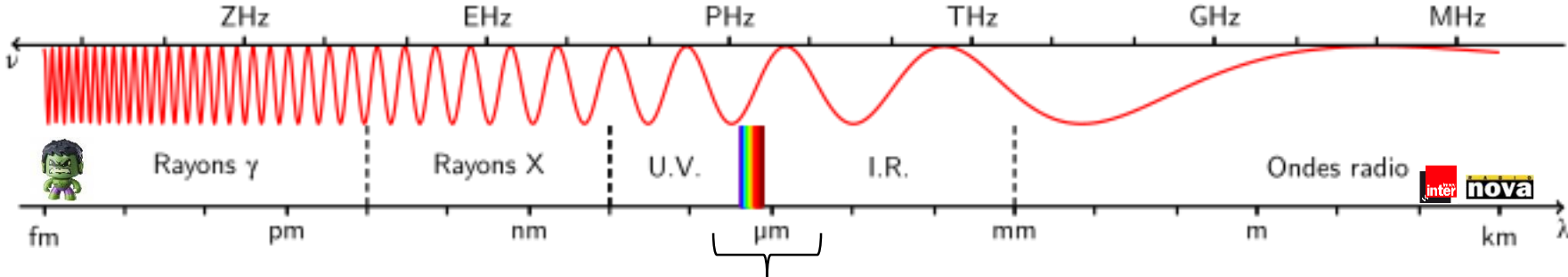
Ce qui se fait aujourd'hui en optique pour l'agriculture:



Ce qui se fait aujourd'hui en optique pour l'agriculture:



Mesure spectrale d'absorption de la lumière par la matière

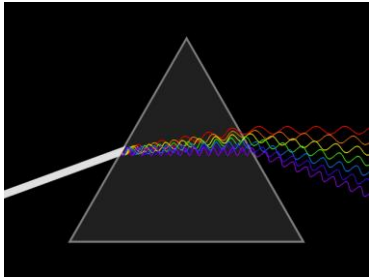


Plage spectrale étudiée

Les capteurs optiques en agriculture numérique:

Ce qui se fait aujourd'hui en optique pour l'agriculture:

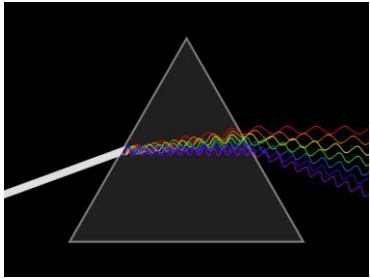
Spectroscopie « ponctuelle »



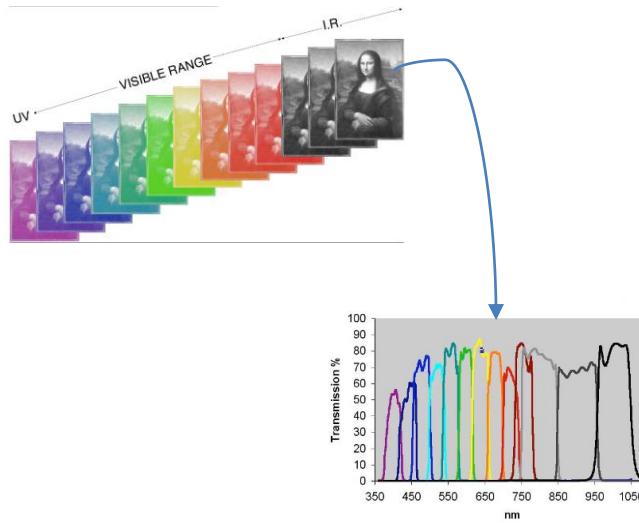
Les capteurs optiques en agriculture numérique:

Ce qui se fait aujourd'hui en optique pour l'agriculture:

Spectroscopie « ponctuelle »



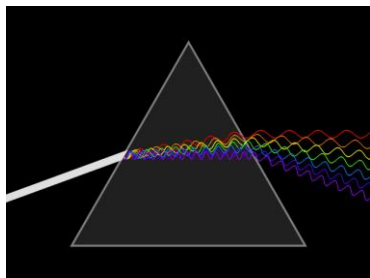
Imagerie multi spectrale



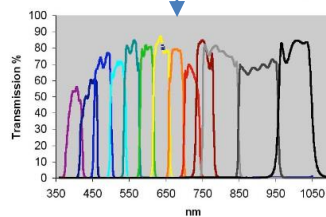
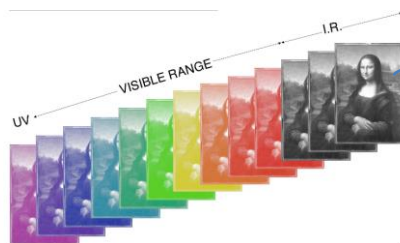
Les capteurs optiques en agriculture numérique:

Ce qui se fait aujourd'hui en optique pour l'agriculture:

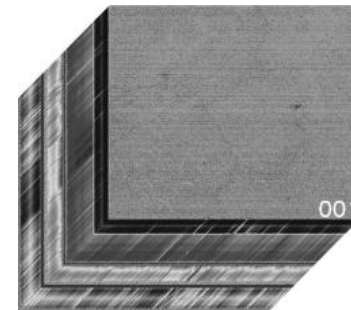
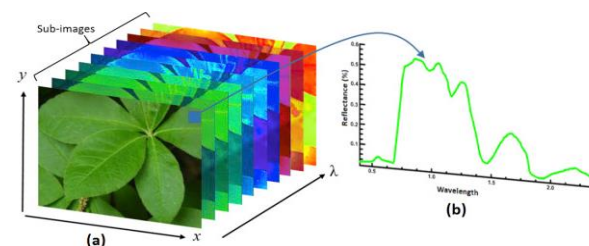
Spectroscopie « ponctuelle »



Imagerie multi spectrale



Imagerie Hyperspectrale



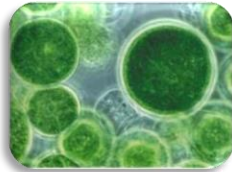
Ce qui se fait aujourd'hui en optique pour l'agriculture:

Spectroscopie
« ponctuelle »

Imagerie multi spectrale

Imagerie Hyperspectrale

Applications diverses et nombreuses





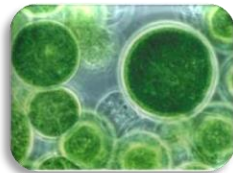
Ce qui se fait aujourd'hui en optique pour l'agriculture:

Spectroscopie
« ponctuelle »

Imagerie multi spectrale

Imagerie Hyperspectrale

Applications diverses et nombreuses

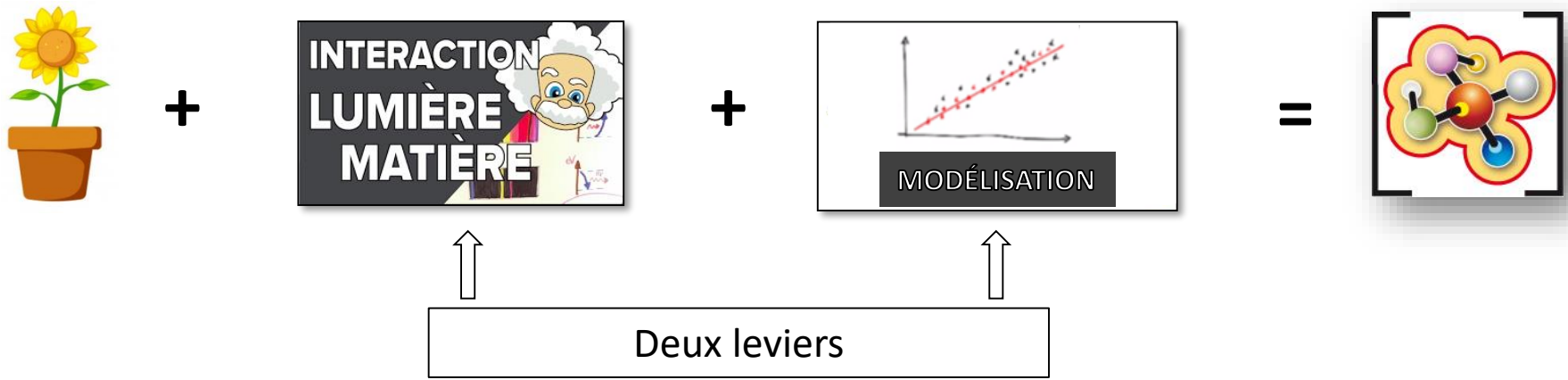


Cependant on atteint des **limites**:

- dues à la **complexité des milieux** et des **niveaux de détections** demandés
- dues à la **complexité** de nouvelles **questions posées**
 - phénotypages
 - stress biotiques
 - stress abiotiques

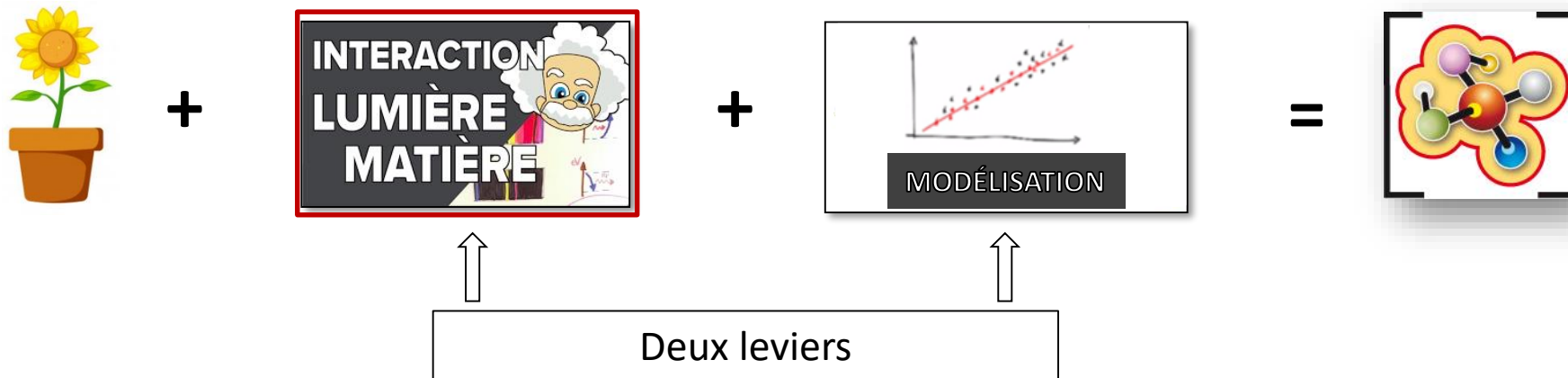


Comment dépasser ces limites?





Comment dépasser ces limites?

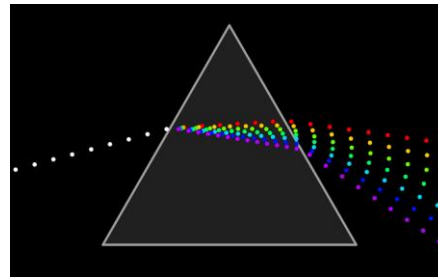




Comment dépasser les limites de la mesure optique en agriculture?



Approche corpusculaire (Ludwig Boltzman)

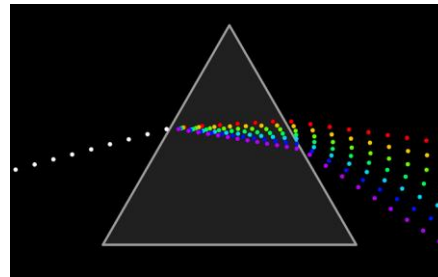




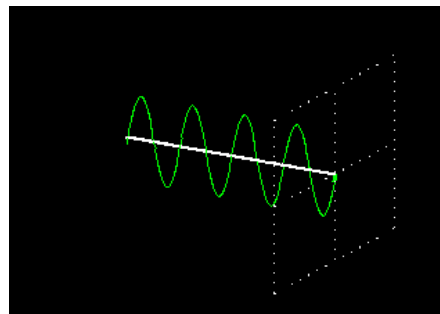
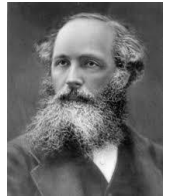
Comment dépasser les limites de la mesure optique en agriculture?



Approche corpusculaire (Ludwig Boltzmann)



Approche électromagnétique/ondulatoire (James Clerk Maxwell)





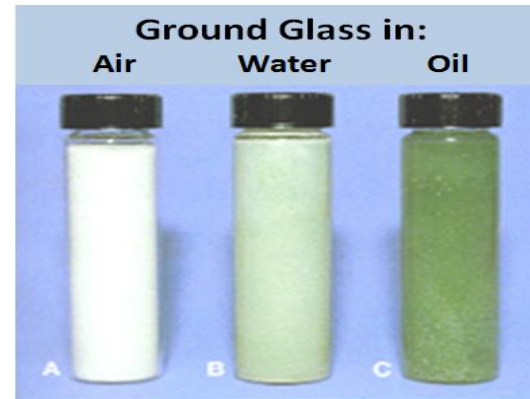
Comment dépasser les limites de la mesure optique en agriculture?

Quelques exemples de travaux menés au sein de l'équipe COMiC

Comment réduire l'impact de la structure physique des milieux sur la mesure?



Changement de granulométrie



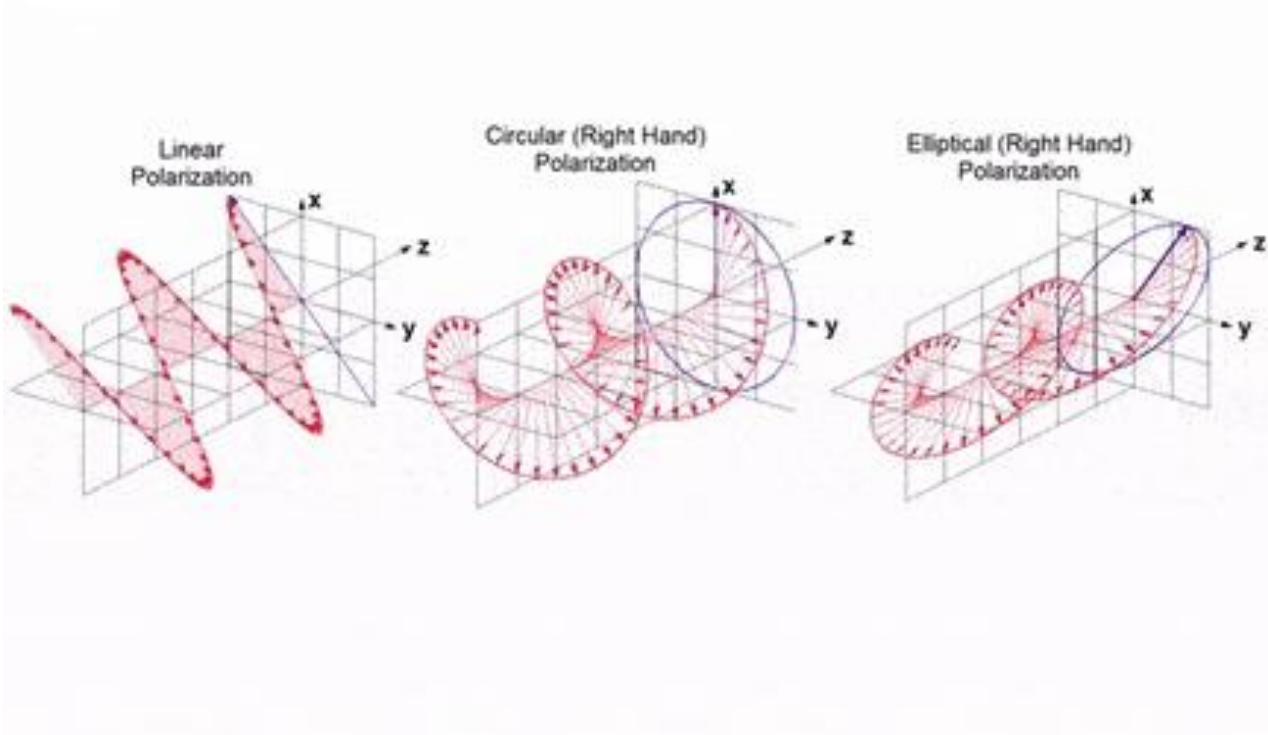
Changement d'indice

Les capteurs optiques en agriculture numérique

Comment dépasser les limites de la mesure optique en agriculture?

- Quelques exemples de travaux menés au sein de l'équipe COMiC -

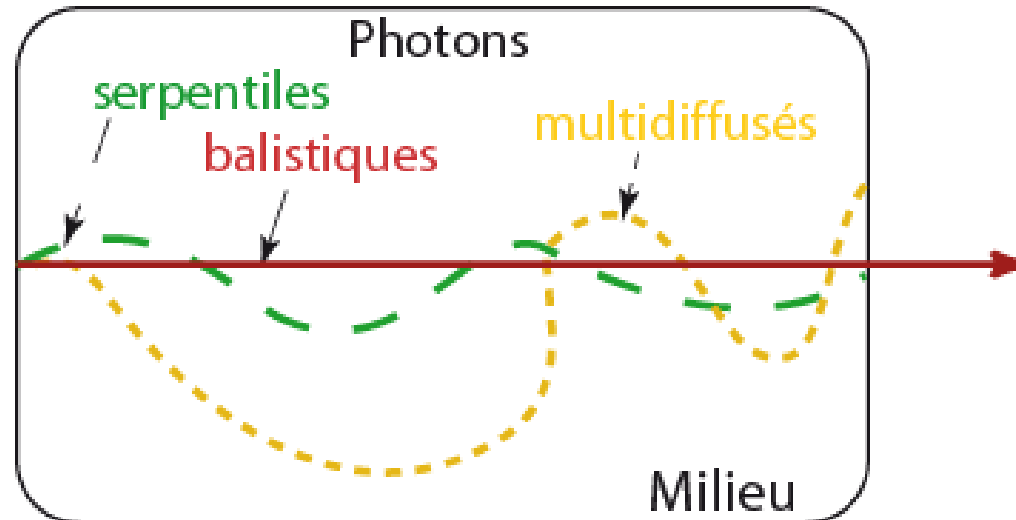
Réduction de la diffusion et amélioration de la mesure par filtrage par polarisation:



Comment dépasser les limites de la mesure optique en agriculture?

- Quelques exemples de travaux menés au sein de l'équipe COMiC -

Réduction de la diffusion et amélioration de la mesure par filtrage par polarisation:



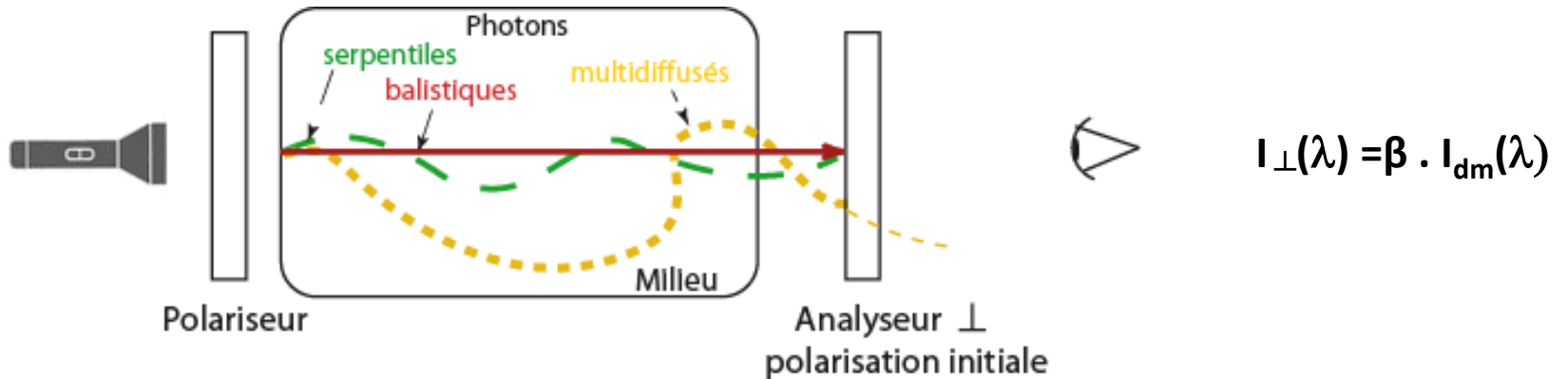
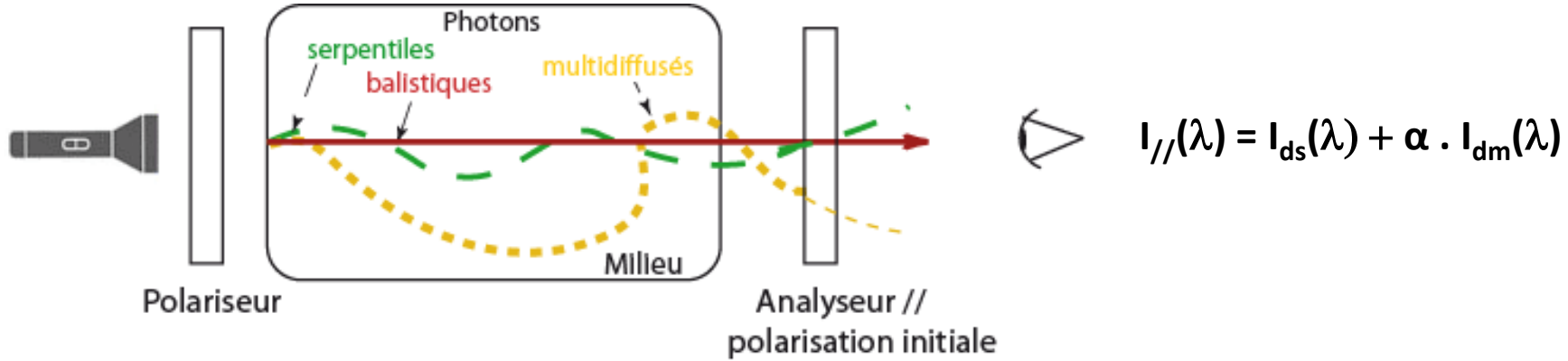
Représentation schématique de l'impact de la diffusion sur la propagation des photons



Comment dépasser les limites de la mesure optique en agriculture?

- Quelques exemples de travaux menés au sein de l'équipe COMiC -

Réduction de la diffusion et amélioration de la mesure par filtrage par polarisation:

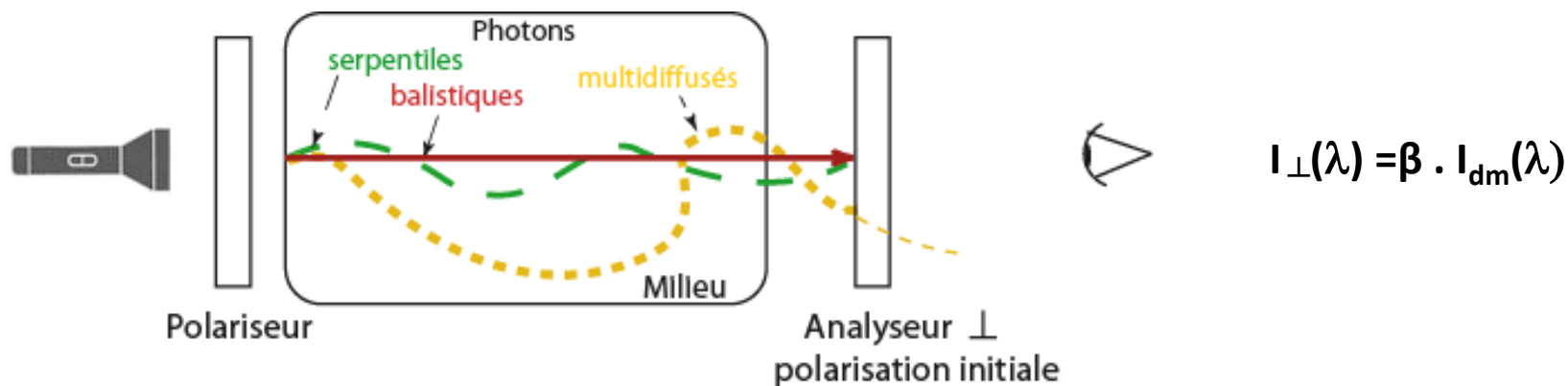
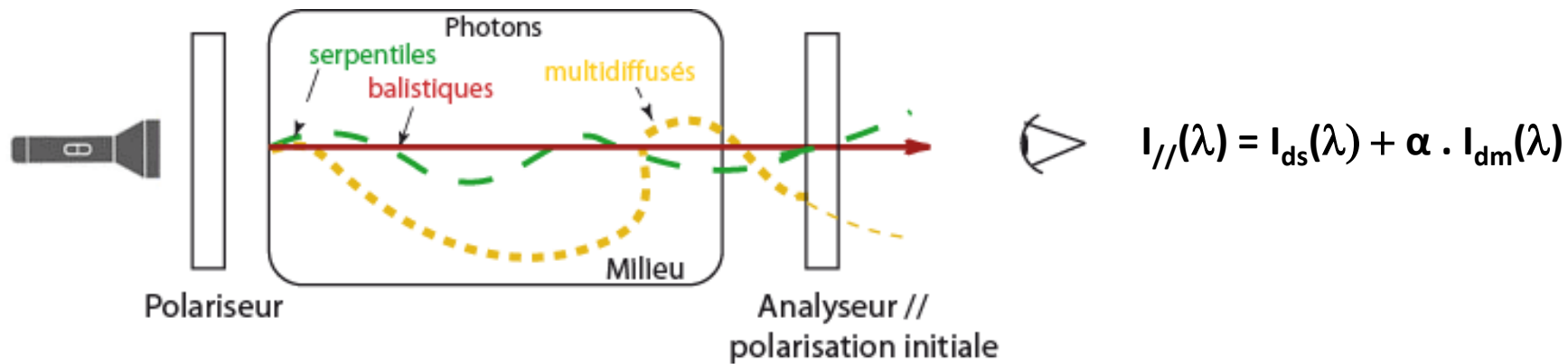




Comment dépasser les limites de la mesure optique en agriculture?

- Quelques exemples de travaux menés au sein de l'équipe COMiC -

Réduction de la diffusion et amélioration de la mesure par filtrage par polarisation:



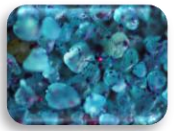
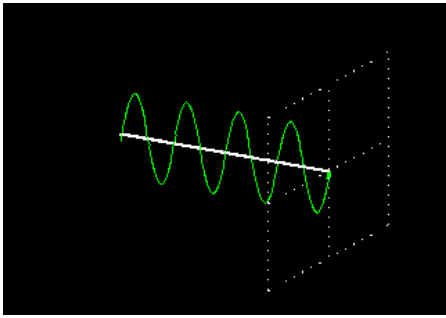
$$I_{//}(\lambda) - I_{\perp}(\lambda) = I_{ds}(\lambda) + (\alpha - \beta) \cdot I_{dm}(\lambda) \quad \text{avec } \alpha - \beta \cong 0$$



Comment dépasser les limites de la mesure optique en agriculture?

- Quelques exemples de travaux menés au sein de l'équipe COMiC -

Réduction de la diffusion et amélioration de la mesure par filtrage par polarisation:



Improvement of the Chemical Content Prediction of a Model Powder System by Reducing Multiple Scattering Using Polarized Light Spectroscopy

Ryad Bendoula, Alexia Gobrecht, Benoit Moulin, Jean-Michel Roger, and Veronique Bellon-Maurel

Find other works by these authors »

Applied Spectroscopy Vol. 69, Issue 1, pp. 95-102 (2015)



Soil & Tillage Research 155 (2016) 461–470

Contents lists available at ScienceDirect




Soil & Tillage Research

journal homepage: www.elsevier.com/locate/still

A new optical method coupling light polarization and Vis–NIR spectroscopy to improve the measurement of soil carbon content

Alexia Gobrecht*, Ryad Bendoula, Jean-Michel Roger, Véronique Bellon-Maurel

Inrae, UMR ITAP, 361 Rue Jean-François Breton, 34000 Montpellier, France

Computers and Electronics in Agriculture 158 (2019) 258–270

Contents lists available at ScienceDirect




Computers and Electronics in Agriculture

journal homepage: www.elsevier.com/locate/compag

Original papers

A polarized hyperspectral imaging system for *in vivo* detection: Multiple applications in sunflower leaf analysis

Jun-Li Xu^a, Alexia Gobrecht^b, Daphné Héran^b, Nathalie Gorretta^b, Marie Coque^c, Aoife A. Gowen^b, Ryad Bendoula^{b,*}, Da-Wen Sun^{b,c}

Comment dépasser les limites de la mesure optique en agriculture?

- Quelques exemples de travaux menés au sein de l'équipe COMiC -



Abaisser les limites de détection par interférométrie:



L'exploitation de la figure d'interférence constitue une source d'informations « fines » sur la source de lumière ou la **cible illuminée.**

Comment dépasser les limites de la mesure optique en agriculture?

- Quelques exemples de travaux menés au sein de l'équipe COMiC -



Abaisser les limites de détection par interférométrie:



L'exploitation de la figure d'interférence constitue une source d'informations « fines » sur la source de lumière ou la **cible illuminée.**

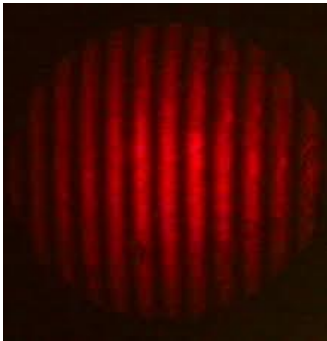


Figure: interférence d'un milieu homogène en couche

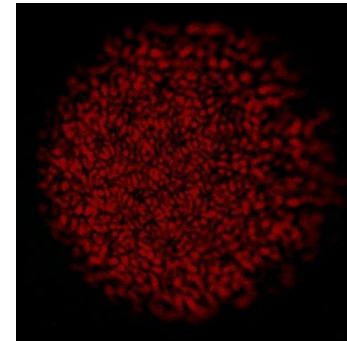


Figure: interférence d'un milieu inhomogène diffusant



Comment dépasser les limites de la mesure optique en agriculture?
- Quelques exemples de travaux menés au sein de l'équipe COMiC -

Abaisser les limites de détection par speckle multi spectral:

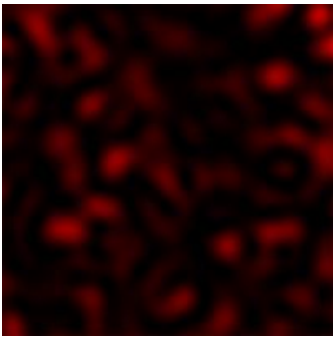
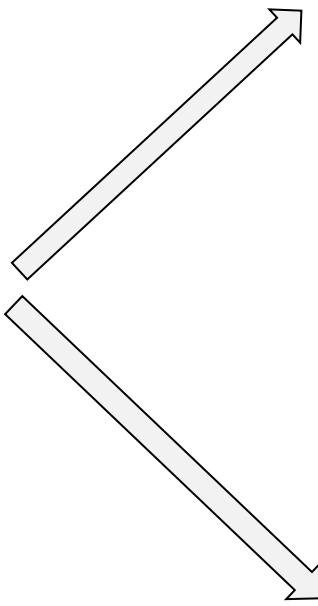


Figure: Imagerie speckle d'un milieu diffusant



Exploitation des paramètres statistiques du speckle

$$c_r(\Delta x, \Delta y) = \frac{FT^{-1} \left[\left| FT \left[I(x, y) \right] \right|^2 \right] - I(x, y)^2}{I(x, y)^2 - I(x, y)^2}$$
$$C = \frac{\sigma_I}{I(x, y)}$$

↳ Approche multispectrale/hyperspectrale

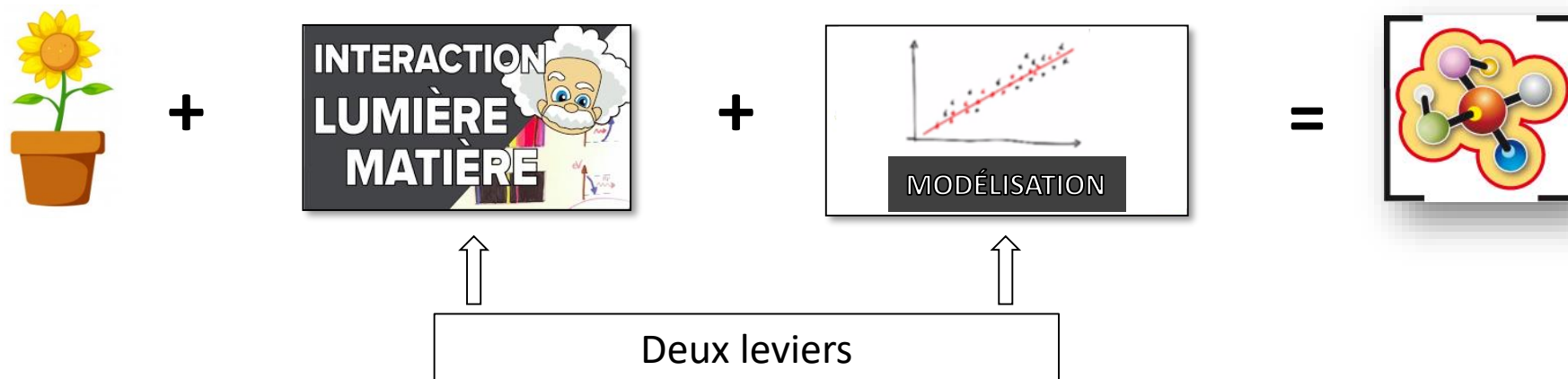
Exploitation temporelle: le biospeckle

Optics and Lasers in Engineering
Volume 52, January 2014, Pages 276-285

Review
The biospeckle method for the investigation of agricultural crops: A review
Artur Zdunek, Anna Adamiak, Piotr M. Pieczywek, Andrzej Kurenda

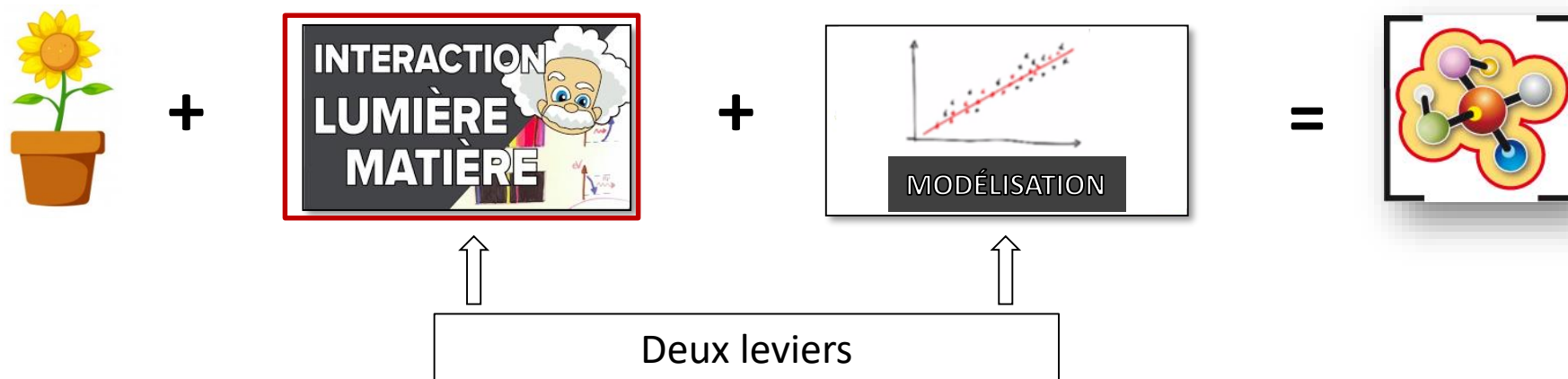
Conclusion:

Pour dépasser les limites actuelles et développer des méthodes d'acquisition de données agronomiques fines



Conclusion:

Pour dépasser les limites actuelles et développer des méthodes d'acquisition de données agronomiques fines

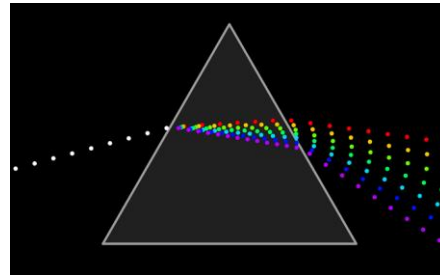


Conclusion:

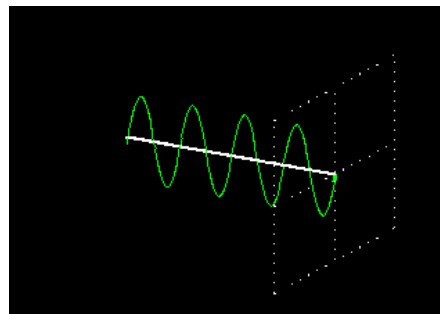
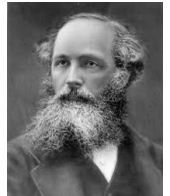
Pour dépasser les limites actuelles et développer des méthodes d'acquisition de données agronomiques fines



Approche corpusculaire (Ludwig Boltzmann)



Approche électromagnétique/ondulatoire (James Clerk Maxwell)



Merci pour votre attention.