

Intégration de l'intelligence artificielle dans les robots agricoles

Riccardo Bertoglio

INRAE, UR TSCF

AG MathNum 2026

8 octobre 2026

Les contraintes de l'agriculture

Climat

Réduire les émissions,
s'adapter aux aléas climatiques

Travail agricole

Faire face au manque
de main-d'œuvre

Intrants

Réduire leurs impacts
sur les milieux et la santé



Stress hydrique dans une culture de maïs

Ce que les robots et l'IA peuvent apporter

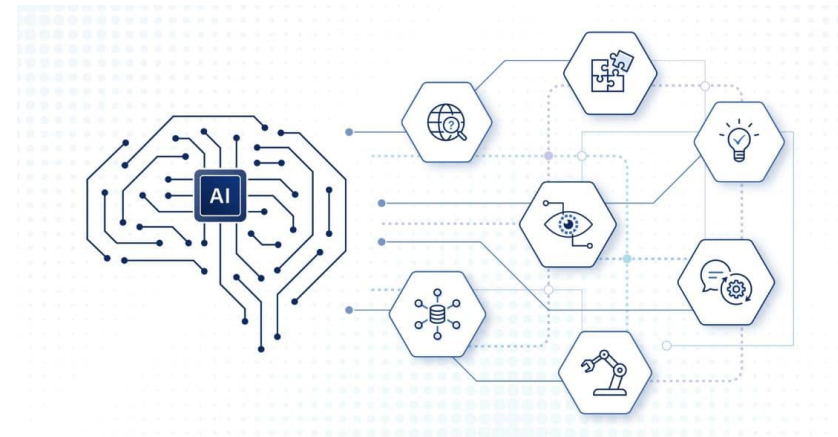
Le robot

Exécuter des opérations physiques fines et répétées



L'IA

Interpréter les observations et adapter l'intervention



Une autonomie qui rend accessibles des pratiques plus exigeantes en temps

Convertir du temps en durabilité

Des interventions plus longues
ou plus fréquentes peuvent réduire
le recours à certains intrants.

L'autonomie dissocie en partie le temps machine
du temps de présence humaine.

Désherbage mécanique

**Reconnaître et retirer
chaque adventice.**

Davantage de temps d'intervention
pour réduire l'usage d'herbicides

Le verrou : distinguer et localiser précisément la cible



Surveillance et récolte

Surveillance

Observer régulièrement les plantes
Repérer plus tôt des signes
de ravageurs ou de maladies

Récolte

Localiser et saisir les fruits
Gérer les occlusions
et la fragilité des objets



La variabilité du vivant complique chaque intervention

Verrous scientifiques

Généralisation

Robustesse dans
des conditions changeantes

Sobriété

Mémoire, latence
et énergie embarquée

Résilience

Défauts inédits
et explications fiables

Percevoir un milieu peu structuré

Observation RVB



Segmentation sémantique



Feuillage Herbe Terrain Ciel Obstacles Troncs

Génération de données synthétiques

CropCraft

Génération de cultures et d'adventices par modélisation 3D.



Modèles de diffusion

Génération d'images plus réalistes.



Enrichir les données avec des données plus variées

Le verrou : transférer l'apprentissage aux conditions réelles

La complémentarité des capteurs

RVB

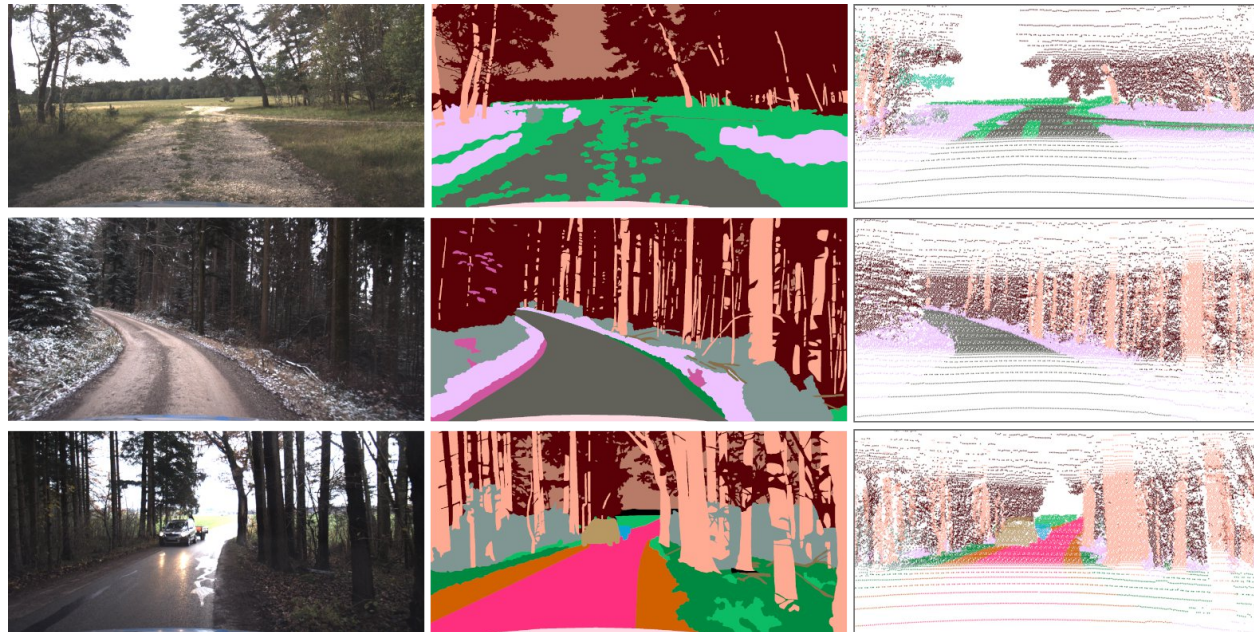
Couleur et texture

Sensibilité à l'éclairage

LiDAR

Structure géométrique 3D

Complément à l'apparence



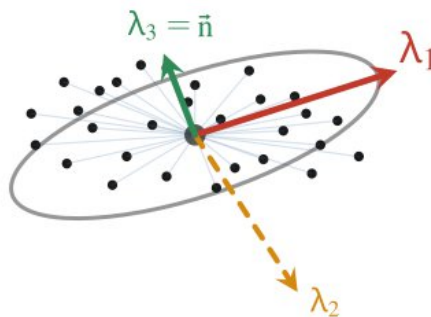
La multimodalité peut rendre la perception plus robuste

Descripteurs géométriques pour la perception

Forme locale

Surfaces planes, structures allongées ou dispersées

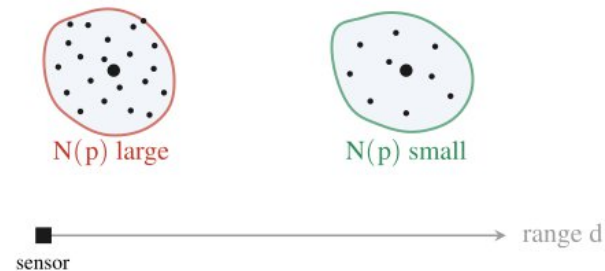
(a) Neighborhood geometry



Densité

Organisation des points dans le nuage LiDAR

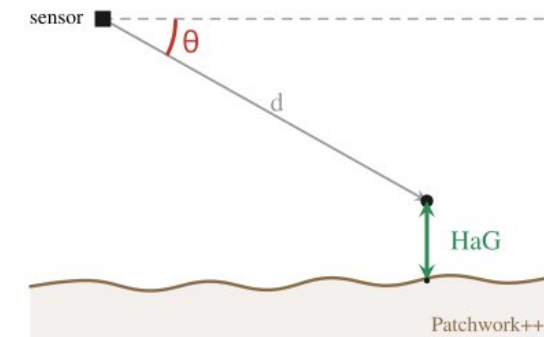
(b) Local point density



Position

Hauteur relative au sol et position dans la scène

(c) HaG and Elevation

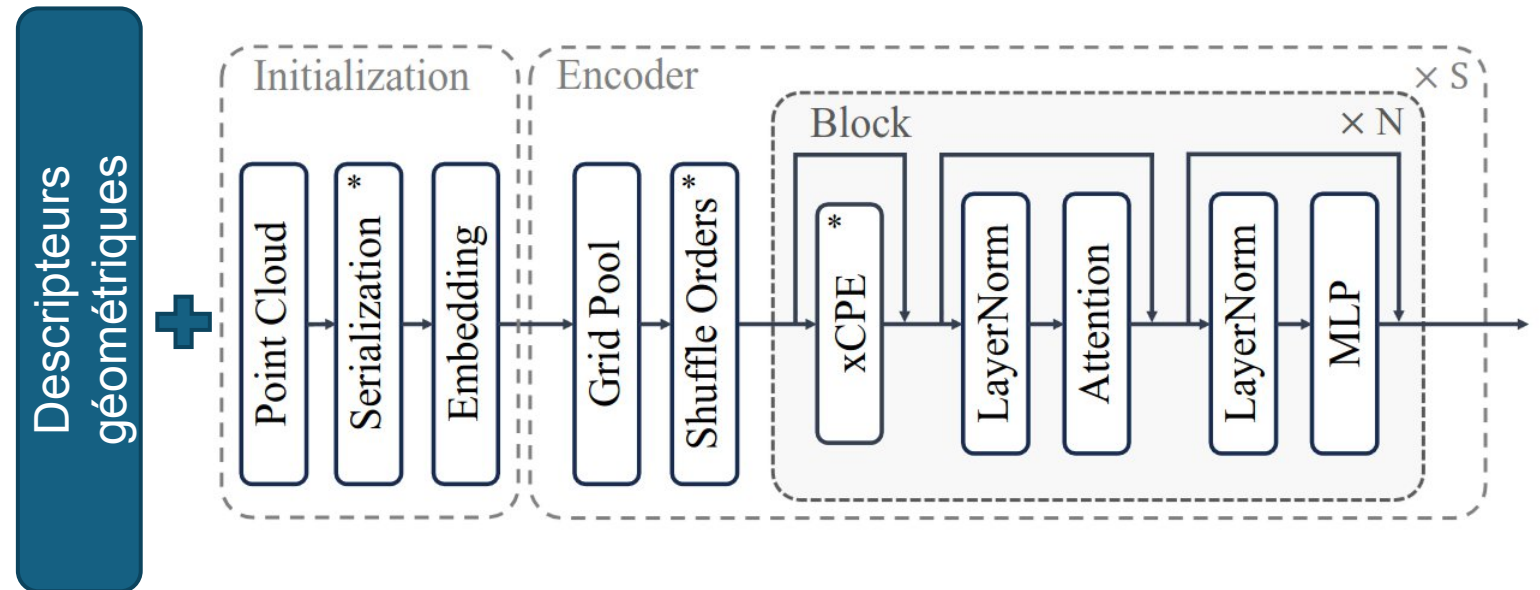


Rendre explicites des propriétés physiques du milieu

L'apprentissage guidé par la géométrie

Informer le réseau

Fournir des descripteurs physiques en entrée



**Une piste vers des modèles compacts
plus performants pour une tâche donnée**

Généralisation et spécialisation

Modèles généralistes

Large couverture des tâches
Capacités de raisonnement
variées

Modèles spécialisés

Objectif ciblé
Adaptation à une culture
ou à un milieu

Le périmètre de la tâche guide le choix du modèle

Indépendance et maîtrise des données

Fonctionnement local

Moins de dépendance au réseau
et au fournisseur d'un service

Données et propriété

Conservation sur l'exploitation
Contrôle des usages

**La spécialisation locale peut renforcer
la maîtrise de l'outil numérique**

Une autonomie prolongée exige de la résilience

**Un défaut non détecté ou mal compris
accroît le besoin de supervision
humaine.**

Le diagnostic conditionne la durée
de fonctionnement autonome.

Exemple : une perte de traction

Observations

Patinage répété

Consommation inhabituelle

Faible progression

Hypothèse à examiner

Une perte de traction
sur un terrain humide

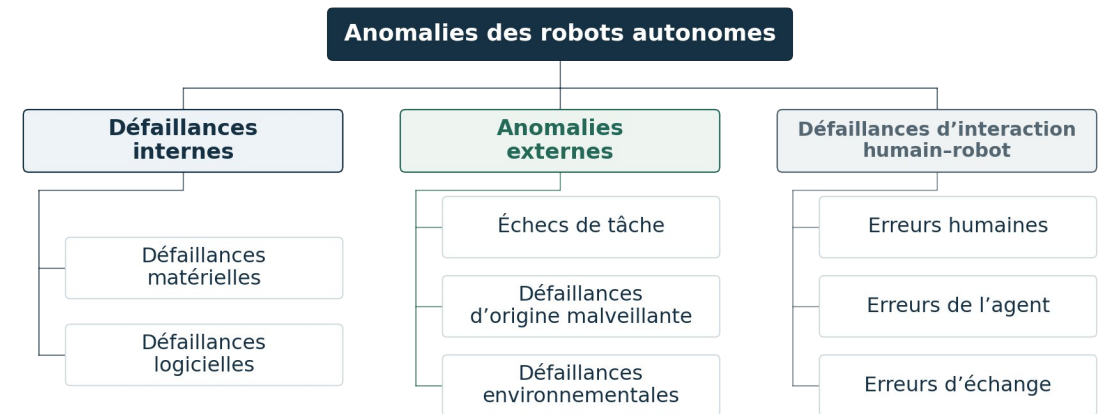


Le sens apparaît dans la combinaison des signaux

Les LLM pour interpréter les défauts complexes

Signaux internes, journaux et contexte de la scène

**Relier des indices dispersés
pour détecter une anomalie
et expliquer une cause possible.**



Un diagnostic plus compréhensible pour limiter les sollicitations de l'opérateur

Une autonomie sobre et résiliente

Pour convertir du temps en durabilité

Une IA adaptée au service agricole

Riccardo Bertoglio

INRAE, UR TSCF

AG MathNum 2026

8 octobre 2026