

SÉMINAIRE

Comment réussir le passage à grande échelle de la robotique en agriculture?

*Bordeaux Sciences Agro
Le 10 décembre 2024*

Organisé par



Avec



Robotique agricole Etat des lieux des robots la transition agroécologique



Roland Lenain
Directeur de Recherche INRAE
Directeur de l'unité TSCF

technologies et systèmes d'information
TSCF
pour les agrosystèmes

INRAE

Contexte sociétal

Impact sur l'environnement

- Réduction des intrants
- Détérioration des sols

Garantir la production

- Population mondiale croissante
- Surface agricole limitée

De nouvelles méthodes de productions agricoles

Exposition aux risques

- Produits phytosanitaires
- Machines imposantes
- Conditions d'évolution difficiles

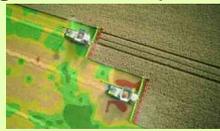
Attractivité des métiers

- Pénibilité du travail
- Main d'œuvre en crise
- Rentabilité économique

Nouvelles semences/produits



Agriculture de précision



Agroécologie



Agriculture urbaine



Des robots déjà sur le marché

Tracteurs robotisables



Kubota

Automatisation des machines et outils



Outils automatisés



Claas - AGXeed

Tracteurs autonomes

Des robots déjà sur le marché

Robot porte outil

Evaluation sur les cultures

Des robots pour plusieurs opérations



Trektror (PumAgri)



Centéol (Kuhn - AgreenCulture)

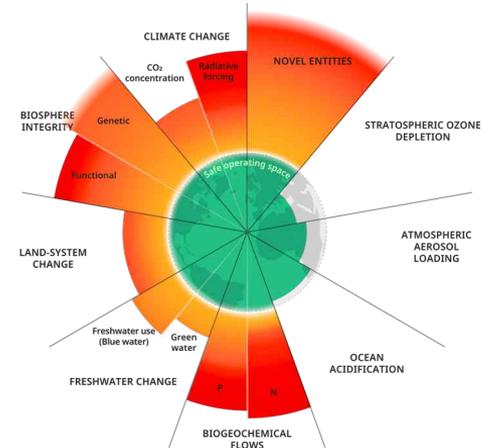


VitiBot

Réduction de l'impact environnemental

Concepts de plafond écologique sur 10 métriques

- Réchauffement climatique
- Acidification des océans
- Pollution chimique
- Gaz azote et phosphore
- Consommation d'eau douce
- Appauvrissement de la couche d'ozone
- Conversion des terres
- Réduction de la biodiversité
- Pollution de l'air



Une responsabilité directe des pratiques agricoles

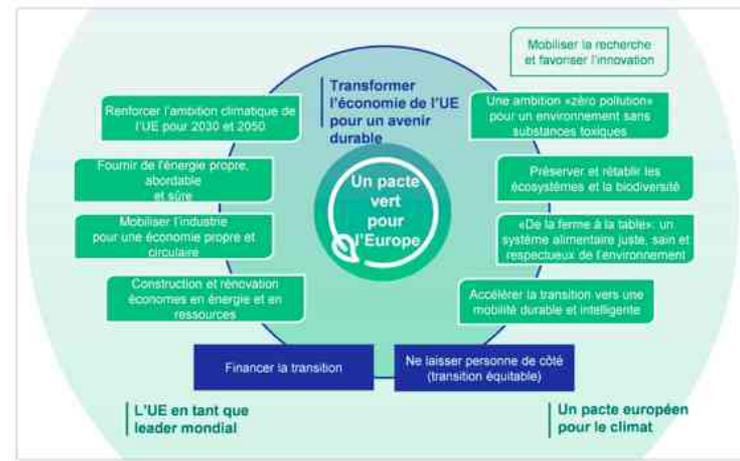
- Utilisation massive de pesticide
- Appauvrissement des sols
- Pollution chimique
- Gaz azote et phosphore
- Consommation d'eau douce



Une trajectoire pour sortir de la crise

- Neutralité carbone en 2050
- Une trajectoire pour 2030

➔ The European Green Deal



Des pratiques agroécologiques



Tableau des associations de cultures

Si certaines associations de plantes sont bénéfiques d'autres sont à éviter, car certaines plantes peuvent sélectionner des médiateurs néfastes à l'autre. Certaines plantes ne s'épanouissent pas elles-mêmes, comme la carotte qui pousse mal là où auparavant il y en avait déjà (vigilance, plus de sensibilité aux ravageurs).
Veiller au voisinage des légumes entre eux, permet d'optimiser la croissance et de réduire les attaques de parasites. Issues de multiples recherches bibliographiques, voici les **compagnonnages favorables et défavorables** :

	Assoir	Aubergine	Chou (en général)	Chou (en général)	Concombre salade	Courge	Courgette	Cramailiac	Dachine	Haricots	Maïs doux	Maïs dur	Onion pays	Patate douce	Patate douce	Persil	Piment doux	Piment dur	Radis	Tomate		
Association favorable	X																					
Association défavorable		X																				
Ananas	X																					
Aubergine		X																				
Carotte			X																			
Céleri				X																		
Chou (en général)					X																	
Concombre salade						X																
Courge							X															
Courgette								X														
Cramailiac									X													
Dachine										X												
Haricots											X											
Maïs doux												X										
Maïs dur													X									
Onion pays														X								
Patate															X							
Patate douce																X						
Persil																	X					
Piment dur																		X				
Piment doux																			X			
Pivron																				X		
Radis																					X	
Tomate																						X

Association de cultures en ligne

- Utiliser des cultures complémentaires
- Culture d'intérêt – culture compagnes

- Suivi du développement
- Traitements différenciés

BLE-FEVEROLE



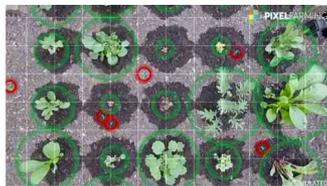
ORGE-POIS PROTEAGINEUX



Pixel cropping

- Association à l'échelle de chaque plante
- Culture d'intérêt – culture compagnes

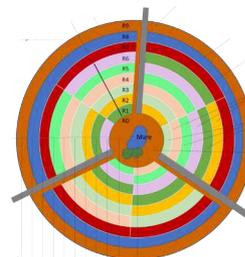
- Travail de haute précision et reconnaissance
- Discrimination de chaque plante



Reconception de systèmes complets

- Exemple du projet Z (Gothenron)
- Association d'essence et de zones particulières

- Un entretien très régulier
- Pas d'outil adaptés



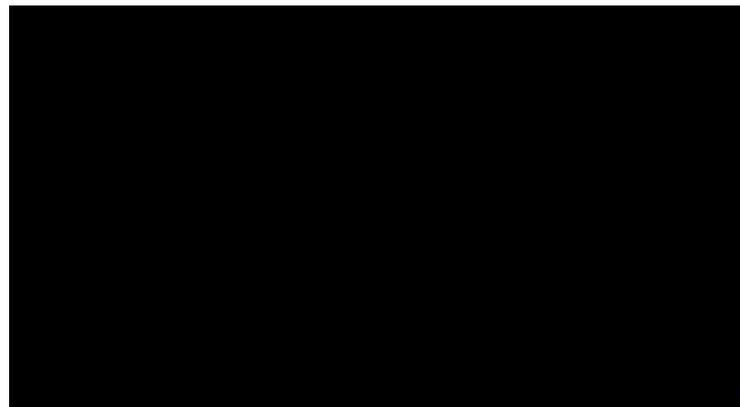
Robots & nouvelles pratiques

FarmDroid



Robot semis et désherbage

Ecorobotix



Limitation intrants

Des robots à l'échelle des plantes



Orio, Naïo

Les enjeux des robots pour l'agroécologie

Inventer des pratiques nouvelles



Planifier et adapter les capacités des robots

People tracking



Association



Edge following



Footprints



Evaluer les performances et la sécurité

Détection et évitement



Précision et intégrité



Maintien stabilité



Acculturer les acteurs de la filière

Robotique



Outils de supervision



Système de gestion



Différentes stratégies et itinéraires

Des robots en milieux maîtrisés

- Agriculture verticale et robotique
- Adaptation de l'environnement aux robots
- Connaissances préalable
- Standardisation du milieu



Différentes stratégies et itinéraires

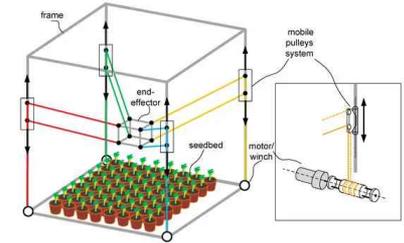
Des robots en milieux maîtrisés

- Agriculture verticale et robotique
- Adaptation de l'environnement aux robots
- Connaissances préalable
- Standardisation du milieu



Adaptation des itinéraires culturaux et architecture robotique

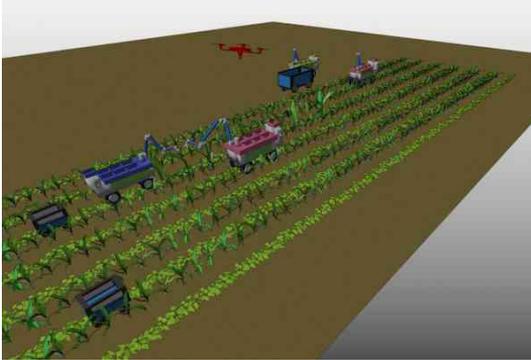
- Organisation des cultures et pratiques
- Infrastructures d'évolution nécessaires
- Contraintes de mise en oeuvre
- Surfaces couvertes



Différentes stratégies et itinéraires

Des robots évoluant à l'échelle de chaque plante

- Evolution en fonction du contexte
- Adaptation des robots à l'environnement
- Impact des passages
- Rendement de chantier

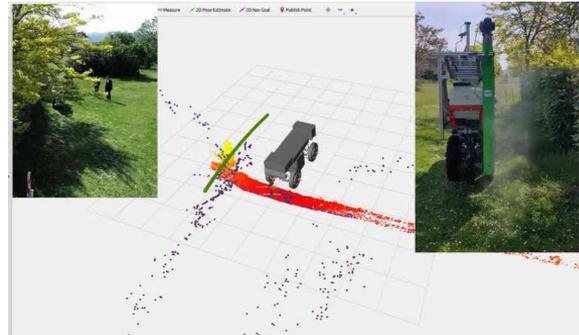


Adaptation et perception de l'environnement



Modèle numérique du terrain

- Traitement des informations 3D – capacité véhicule
- Calcul de la vitesse maximale de passage
- Reconnaissance et classification
- De la perception optique au palpeurs



Discrimination des plantes et intervention ciblée

- Traitement des informations 3D – capacité véhicule
- Calcul de la vitesse maximale de passage
- Reconnaissance et classification
- De la perception optique au palpeurs

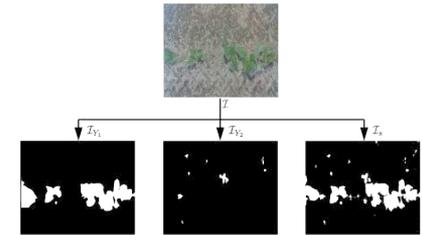


Figure 2.16: Obtained masks by YOLACT++ and the crop detection algorithm based on physical characteristics.

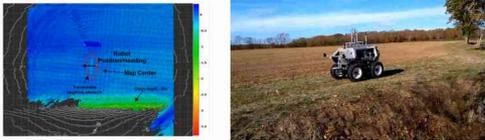


Figure 2.17: Masked image I_{C}

Maintien d'intégrité et sécurité

ROMEA Coopération homme robot

- Nouveaux développements scientifiques : traversabilité de la trajectoire pour le retour automatique
 - Construction d'un Modèle Numérique de Terrain dense
 - Asservissement de la trajectoire et de la vitesse / paramètres dynamiques du véhicule



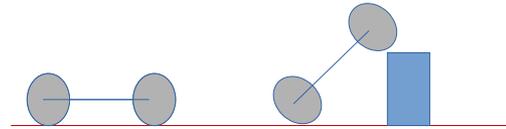
Evaluation HCERES - 31 janvier 2020

INRAE

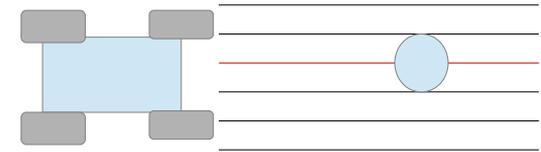
Estimation des conditions de passage

- Connaissance des chocs admissibles
- Projection de l'état du robot
- Calcul de la vitesse max
- Exemple sur la géométrie

→ Lien avec les aspects légaux et interprétation



$$v_{max} = \frac{L\alpha_{max}}{\alpha(s_h) - \alpha(s)}$$



Définition de protocoles d'évaluation

- Mise en œuvre de procédure répétables
- Prise en compte des aspects de la sécurité
- Infrastructure et réseau
- Représentativité et limites

→ Evaluation Agri-environnementale



CHAIRE 10/12/2024
AgroTIC INRAE

Comment réussir le passage à grande échelle de la robotique en agriculture?
Etat des lieux des robots la transition agroécologique

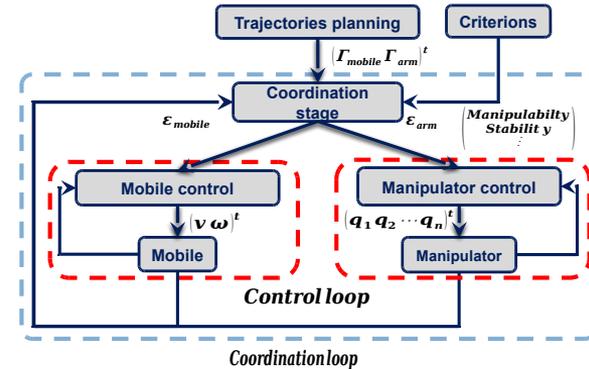
Outils adaptés aux objets déformables



Coordination de systèmes redondants

- Commande optimale et prédictives
- Méthodes de couplage externe
- Optimisation d'une fonction de coût
- Application aux interactions physiques

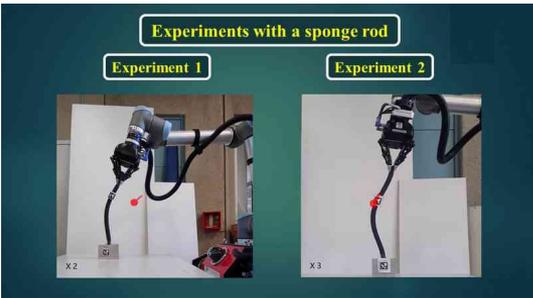
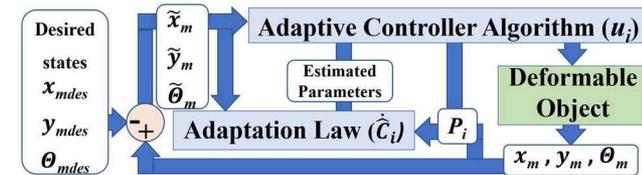
➡ **Prise en compte de critère énergétiques**



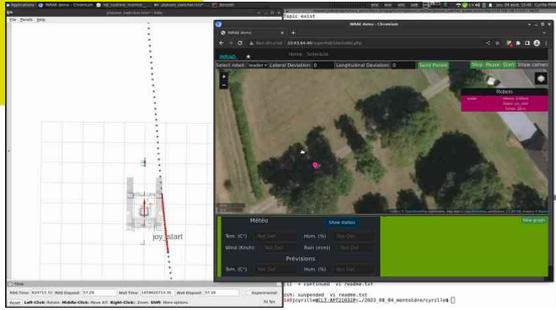
Manipulation d'objets flexibles

- Estimation en ligne de la flexibilité
- Plusieurs approches adaptatives
- Extension à la déformabilité tridimensionnelle
- Approche robuste du contrôle de forme

➡ **Extension au multibras et perception en vraie grandeur**



Outils adaptés aux objets déformables



Interfaces de supervision et contrôle distant

- Visualisation distante de l'état des robots
- Contrôle du départ des robots
- Modification des paramètres des comportements
- Diagnostic distant de l'état des robots

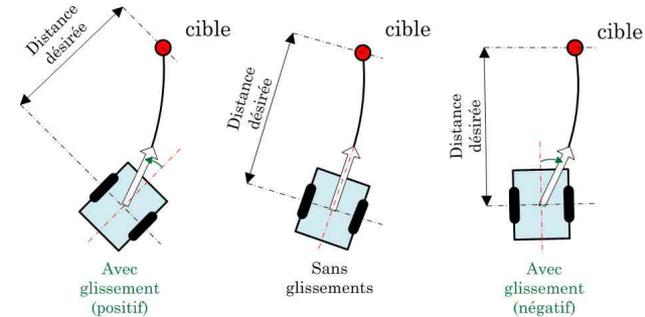
- ➡ Vers une interface et pilotage en RV ?
- ➡ Suite dvp et gestion/exploitation données CapaRob



Suivi d'un opérateur manuel

- Tracking des jambes par lidar
- Suivi de cibles par UWB
- Perception et évitement structure
- Compréhension naturelle du fonctionnement

- ➡ Interaction directe robot/humain



Des recherches nécessairement collaboratives

Roboterrium – ANR Equipex+ Prject

Robotic vivarium dedicated to off-road robots
12 laboratories involved
Developments in full scale conditions



European AgriFoodTEF Project

Development of testing procedures for IA algorithms
One axes in off-road context
Objective of defining international standards



ANR PEPR O2R – Organic Robotic

Acceptable robotics
Human robot cooperation
10 partners involved
Agricultural application as a priority target



Des recherches nécessairement collaboratives

NinSAR Project – ANR PEPR Agroécologie et numérique

Creation of breakthrough technical itineraries through robotic
12 laboratories involved
Fundamental research

CRISTAL

Georgia Tech
Lorraine

LAAS
CNRS

LS2N

Inria INRAE

ibiSc

INSTITUT
PASCAL

UniLaSalle
Institut Polytechnique

cea

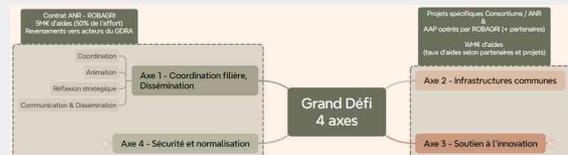
iSIR

xlim



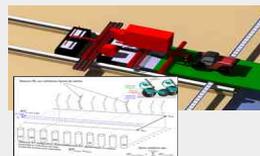
Grand Défi Robotique Agricole

Test of algorithms and field robots for agriculture
80 partners involved
Transfer, testing and standards



Parsada - Parad

New technologies for weeding and adventices management
40 partners involved – transversal actions
Testing, development and standards for new practices



Des recherches nécessairement collaboratives

Agriculteurs

Instituts techniques

Constructeurs

Fournisseurs solutions

Chercheurs

Défis sociétaux

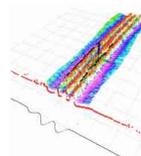
- ✓ Transition écologique
- ✓ Acceptabilité et utilisabilité
- ✓ Intégration exploitation
- ✓ Construction de nouvelles pratiques

Défis technologiques

- ✓ Perception de l'environnement
- ✓ Sûreté de fonctionnement
- ✓ Coût et robustesse

Défis scientifiques

- ✓ Adaptabilité des comportements robotiques
- ✓ Interactions végétation
- ✓ Sécurité des systèmes autonomes



Une stratégie coordonnée pour des agroéquipements innovants tournés vers l'agroécologie