



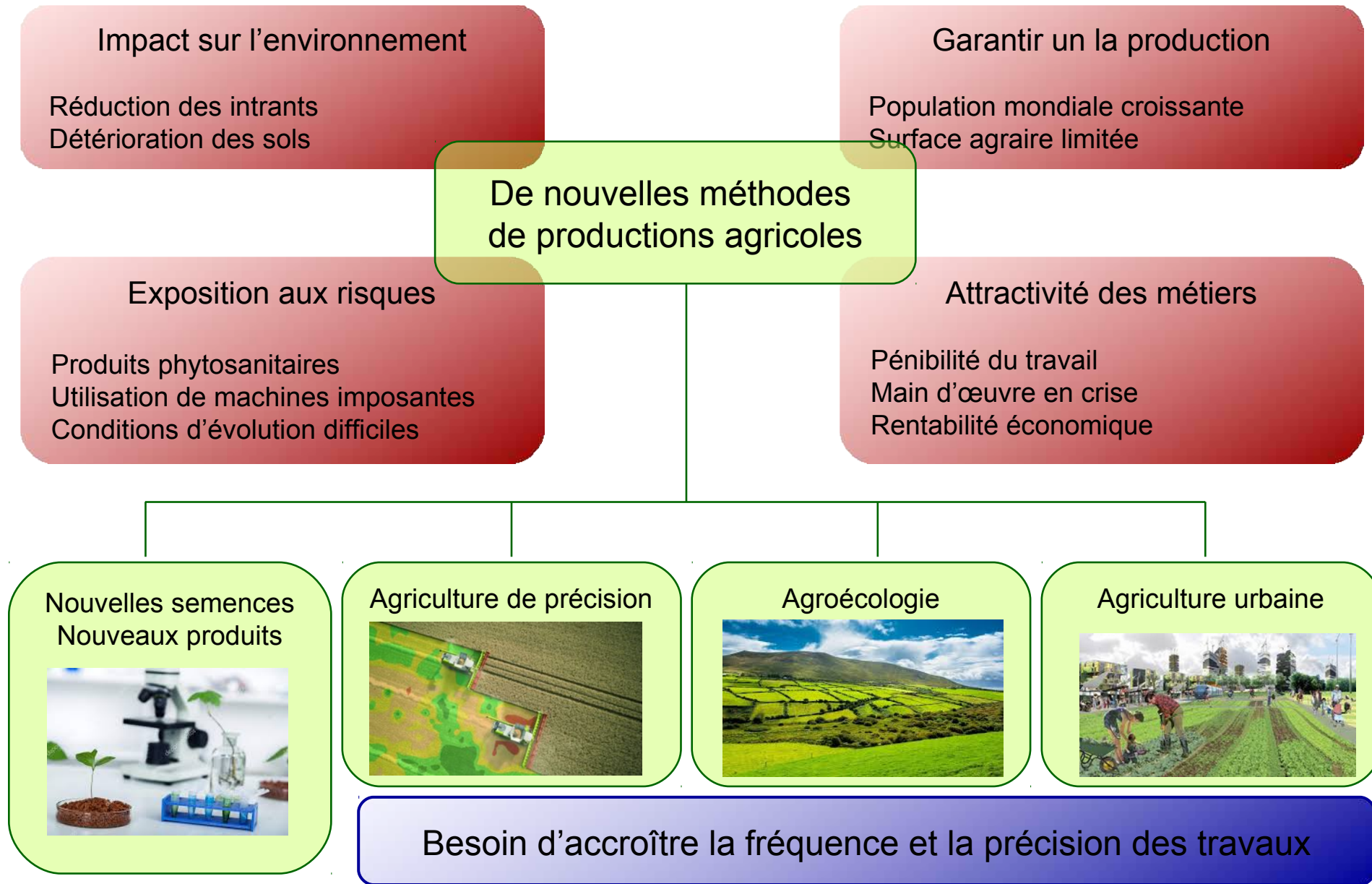
# La robotique en milieu naturel

De nouvelles approches pour l'agriculture



# Éléments de contexte

## La nécessaire mutation de l'agriculture

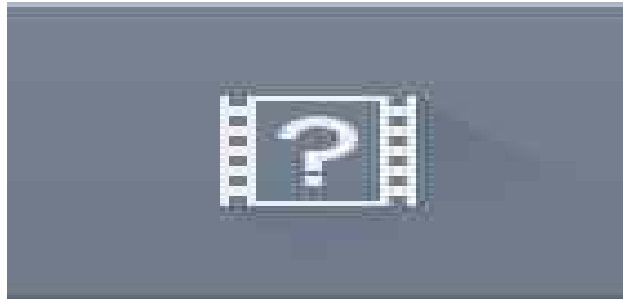
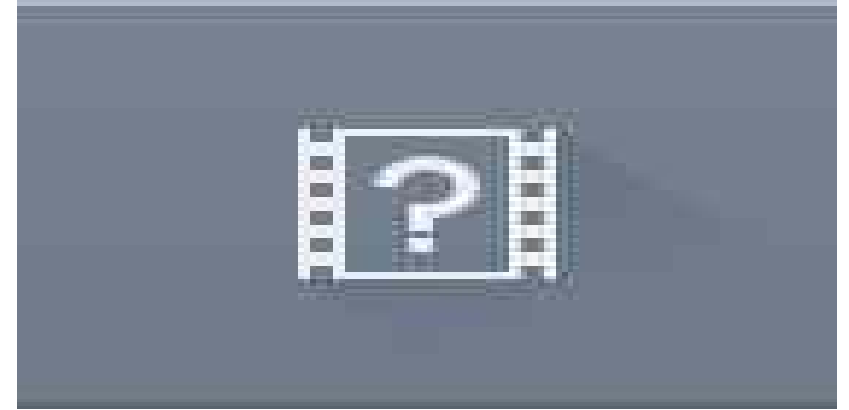


# La robotique en agriculture

Automatisation des machines et outils

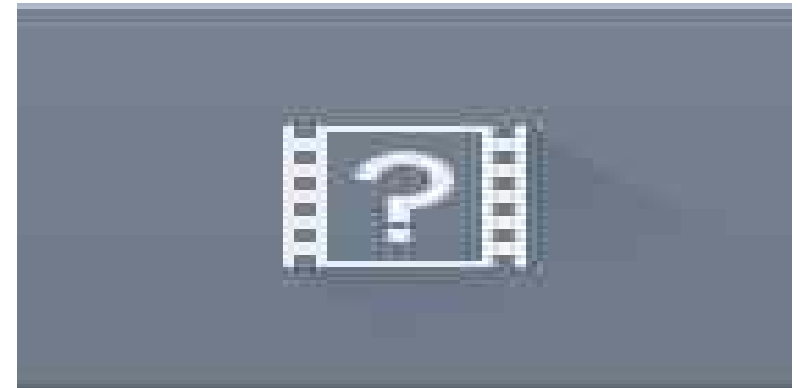
Case Magnum

Tracteurs robotisables



Kubota

Tracteurs autonomes



Outils automatisés

GarFord

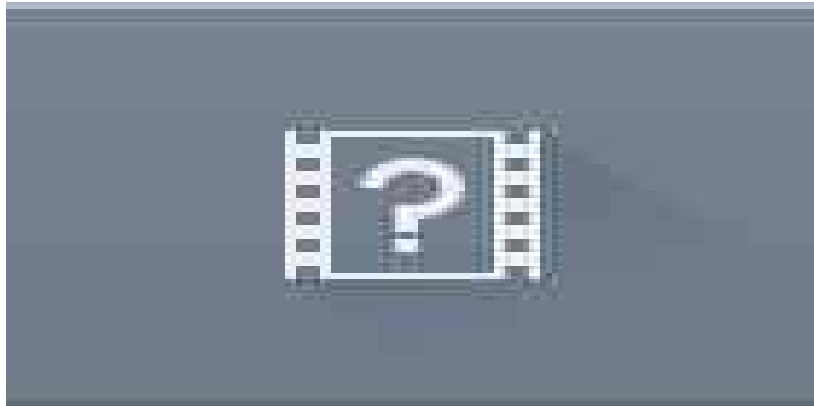


# La robotique en agriculture

Ecorobotix

Des petits robots élémentaires

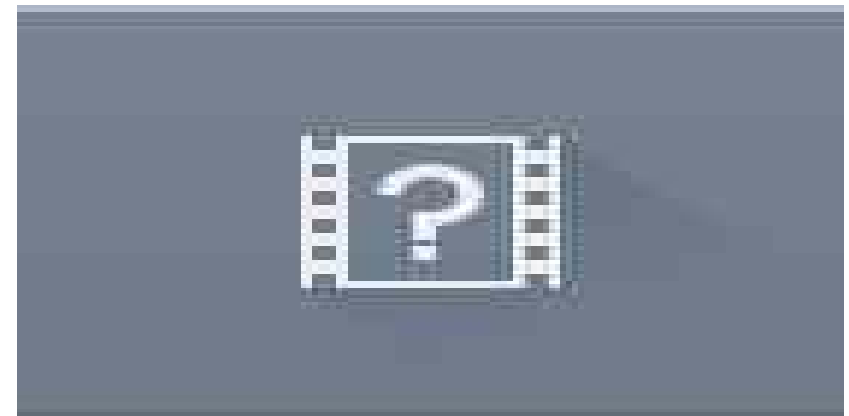
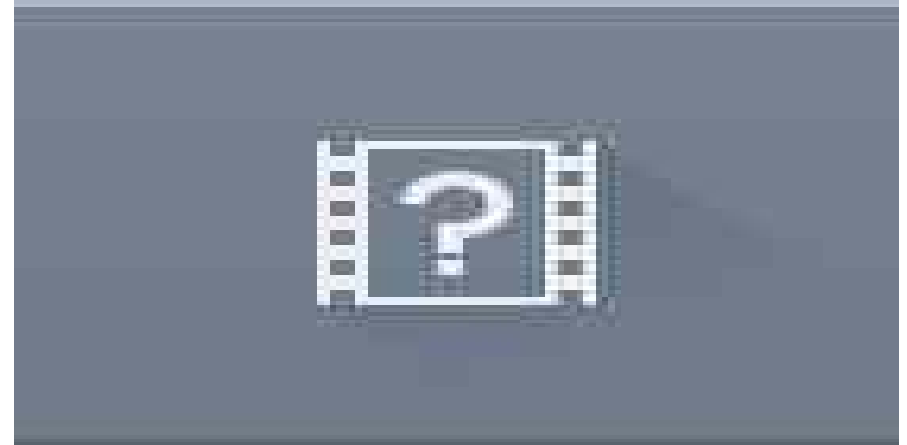
Désherbage mécanique



Dino

Robot tonte

Limitation intrants



VitiRover



# La robotique en agriculture

Vers des robots modulaires en test

Centéol

Robot porte outil



Evaluation sur les cultures

PumAgri

Robot pulvérisation



# Contexte et enjeux

## Un contexte dynamique et incertain

### Variabilité des conditions d'évolution

- Types et propriétés des sols
- Géométries du terrain
- Conditions météo
- Environnement



### Variabilité des tâches à réaliser

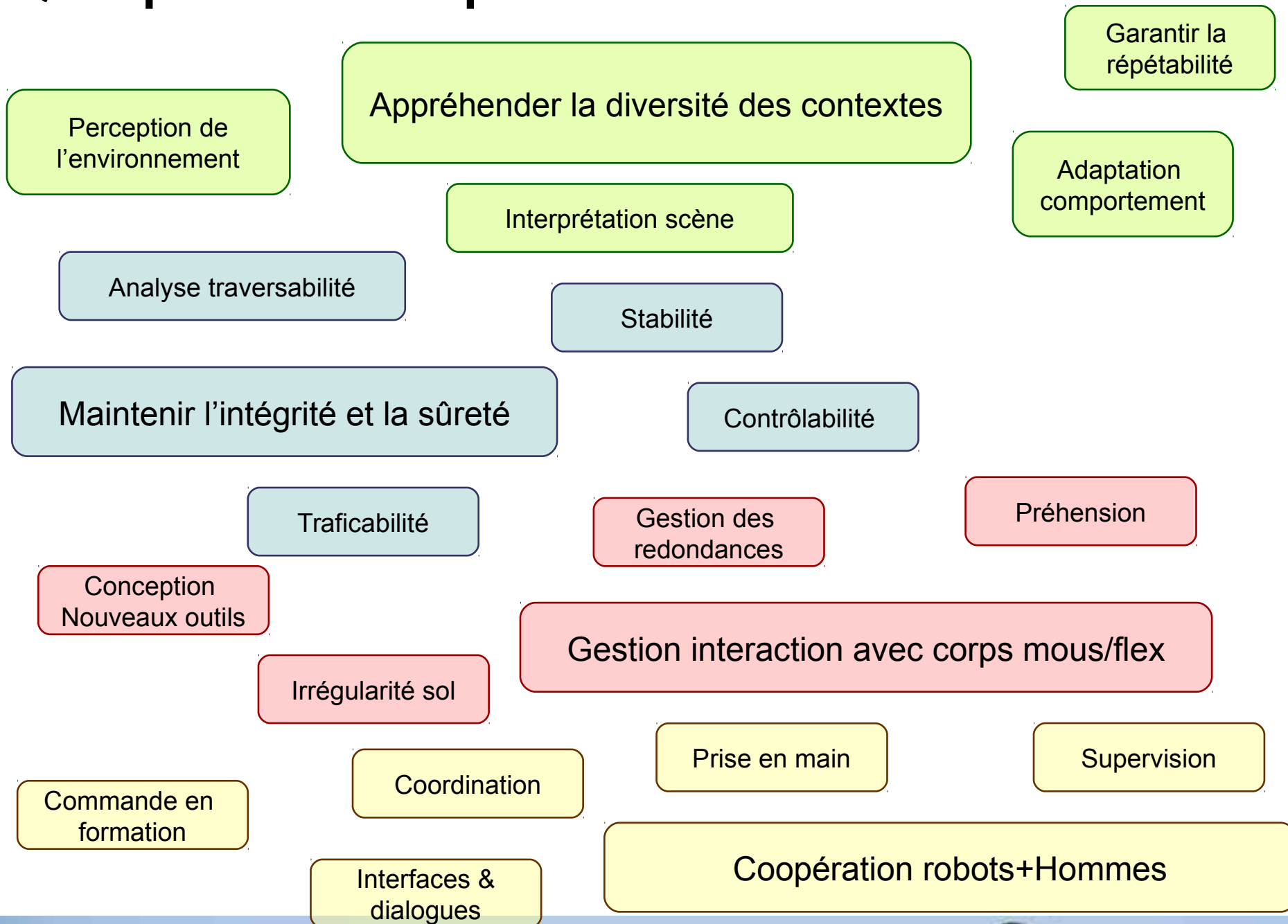
- Structuration de l'environnement & densité
- Charges et outils à embarquer
- Interaction avec le sol/la végétation
- Interaction avec les opérateurs
- Vitesse de travail



**➔ Besoin de reconfigurer un système robotique au contexte et à la tâche**



# Quelques verrous persistants



# Comportements élémentaires

## Diversité des contextes

### Travaux agricoles

- Type de tâches
- Culture

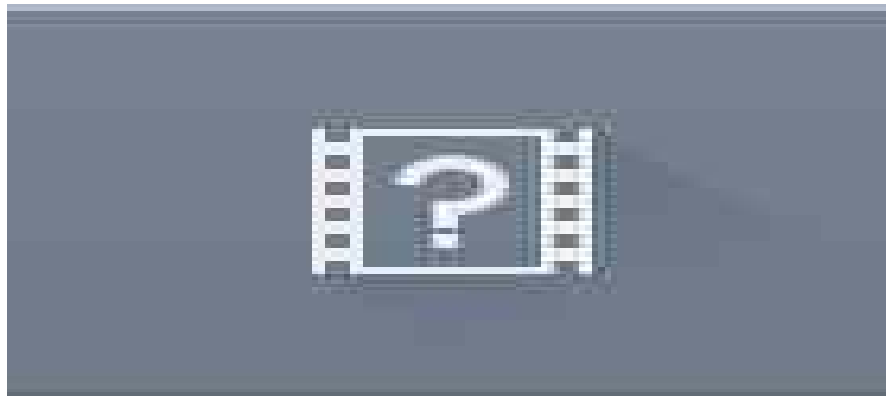
### Conditions mobilité

- Adhérence
- Géométrie du sol

### Perception environnement

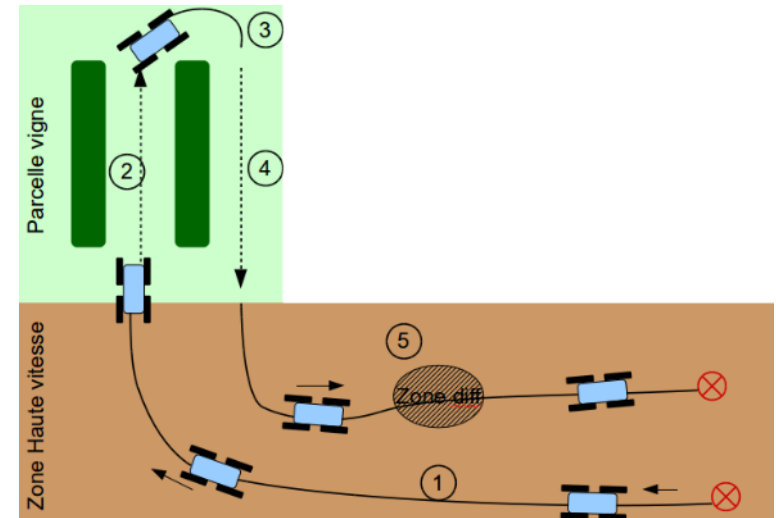
- Structuration environnement
- Perturbation (luminosité/poussière)

*Pour réaliser plusieurs scénarios*



*Développement de comportements types*

- M1 : Suivi de rang à (a) basse vitesse (b) haute vitesse
- M2 : Manœuvre de changement de rang
- M3 : Maintien de stabilité
- M4 : Analyse de traversabilité et passage d'obstacle
- M5 : Adaptation des propriétés des suspensions
- M6 : Suivi de trajectoire absolue à haute vitesse sur terrain structuré
- M7 : Adaptation des commandes aux besoins de perception
- M8 : Suivi de cible mouvante
- M9 : Association robots



- P1 : GPS Cinématique
- P2 : Caméra classique
- P3 : Caméra RGB-D
- P4 : VeloDyne (Lidar 3D)
- P5 : Laser (1 nappe)
- P6 : Centrale inertielle (toujours OK)
- P7 : Bumper (toujours OK)
- P8 : UWB (coop)

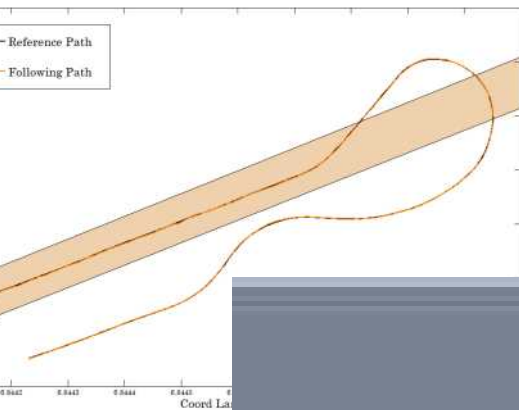
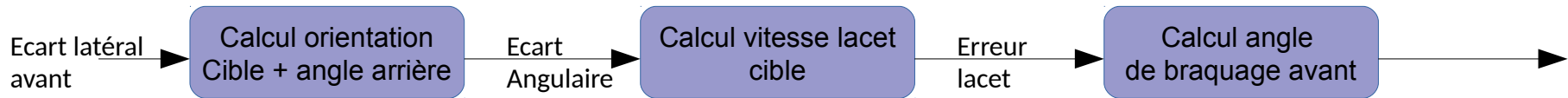
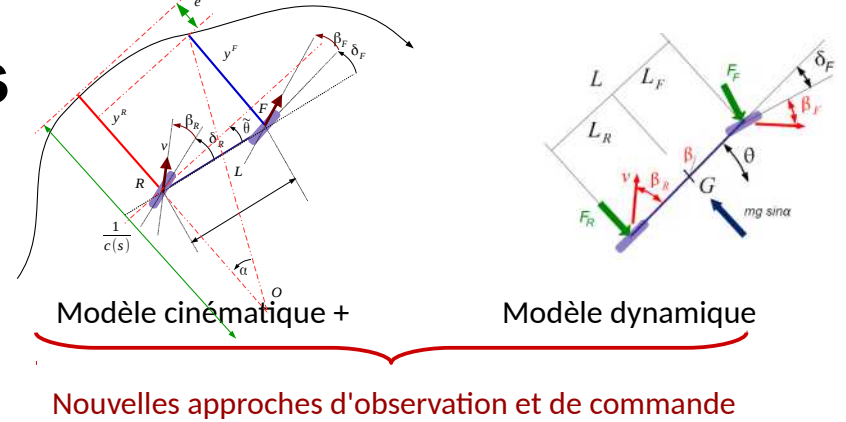


# Comportements élémentaires

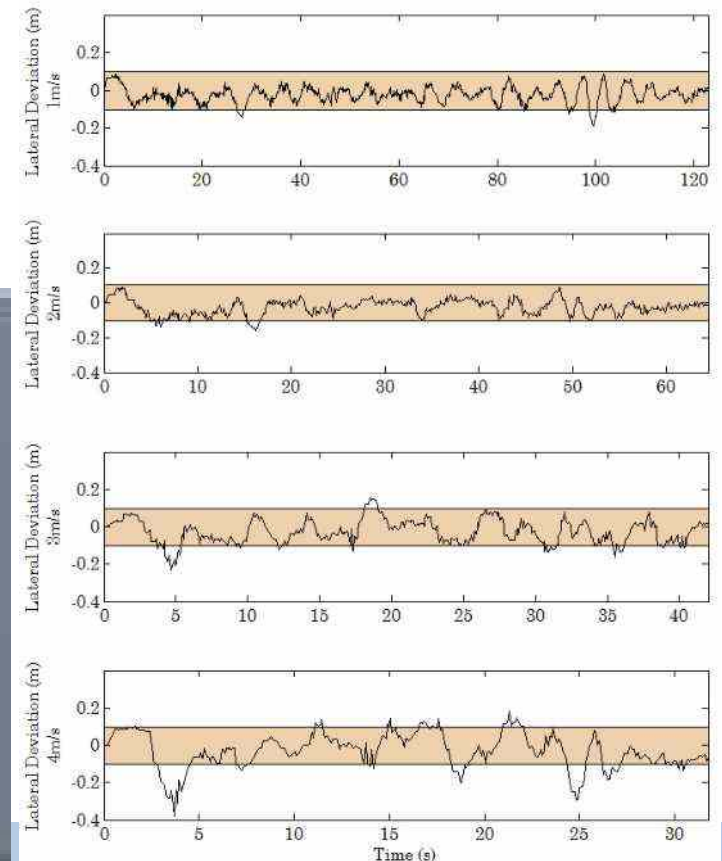
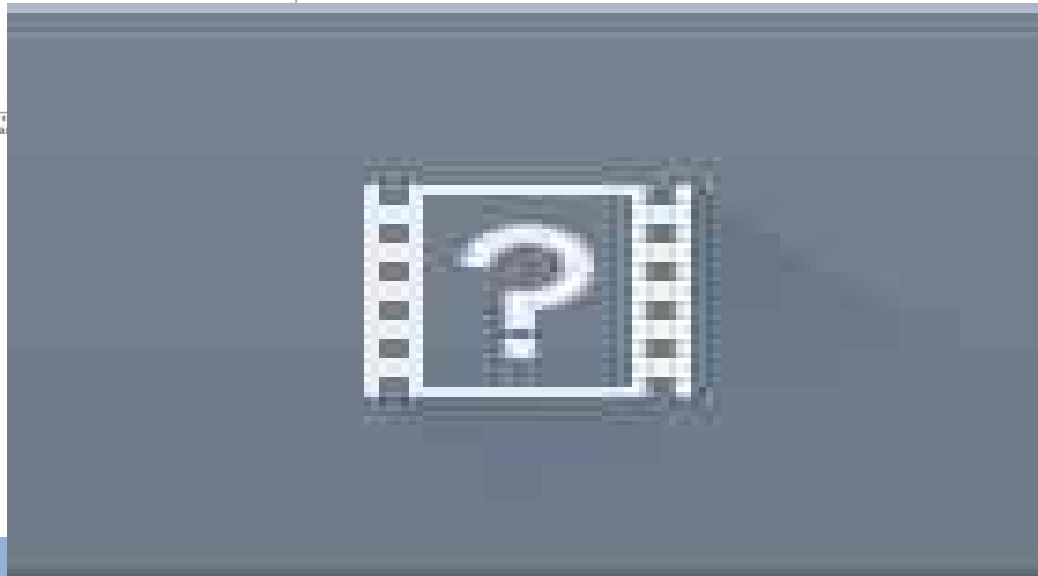
## Suivi de trajectoire

Approche générique avec localisation absolue

- Commandes adaptative et prédictive
- Changement de stratégie en fonction de la vitesse



- De 3 à 20 km/H
- Sol peu adhérent
- Variation géométrie sol



# Comportements élémentaires

## Suivi de contour

Suivi de cible (véhicule ou homme)

- Perception par Laser
- Pas de communication
- Tracking direct

Baudet Rob 2012-2015

Maturation 2016-2019

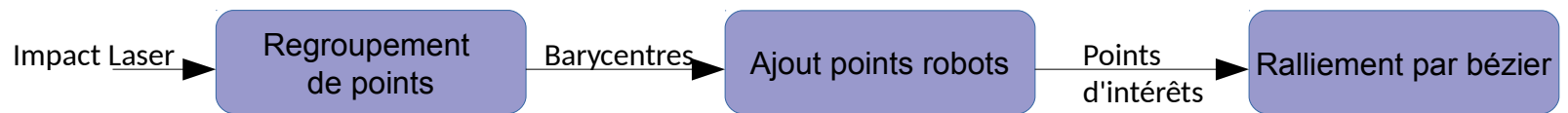
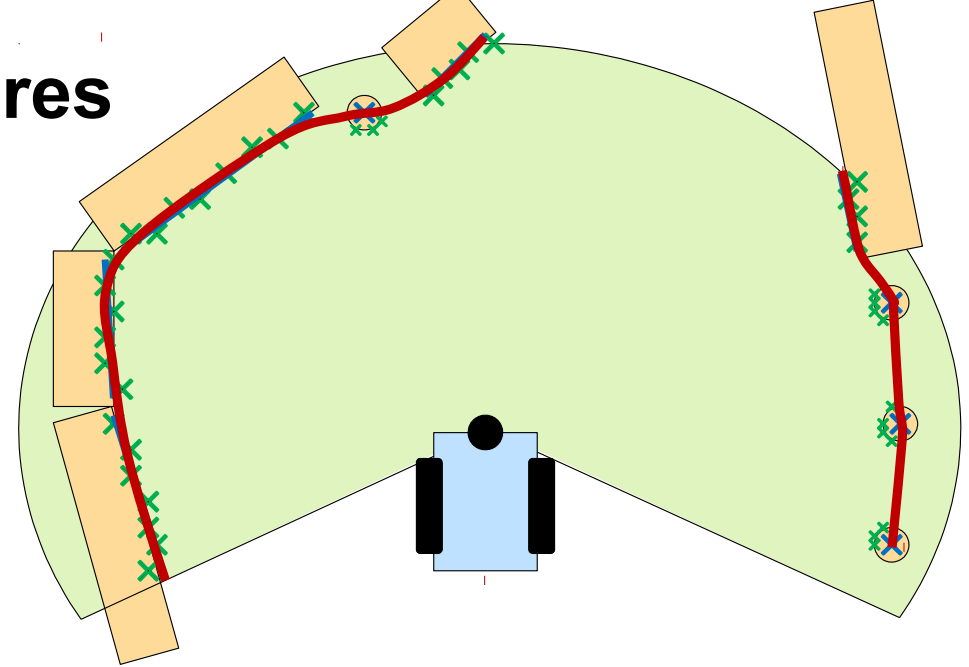


# Comportements élémentaires

## Suivi de contour

Estimation par laser 1D horizontal

- Filtrage des points
- Détermination d'ensemble de points
- Estimation des formes
- Génération de trajectoires
- Découplage vitesse angulaire/linéaire



Calcul moindre carré local d'ordre 2 borné

Calcul de l'orientation apparente désirée

- Pour rallier la trajectoire
- Au bout d'une certaine distance
- Eventuellement sur des infos prédites

2 WS

Déduction du braquage avant

- En fonction de la vitesse d'avance
- À partir de la vitesse de lacet cible

Calcul de la vitesse de lacet pour atteindre la consigne

- En temporelle
- Sans considérer la vitesse d'avance

4 WS

Calcul du braquage arrière

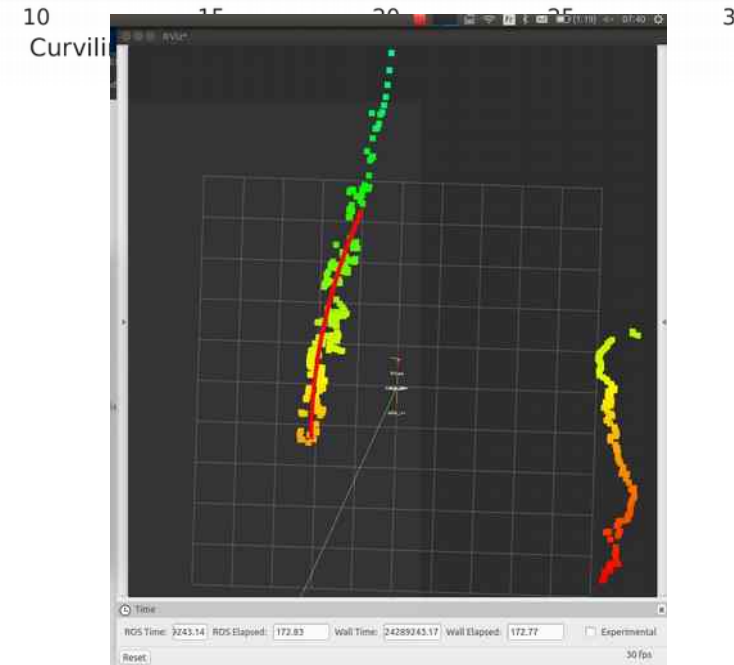
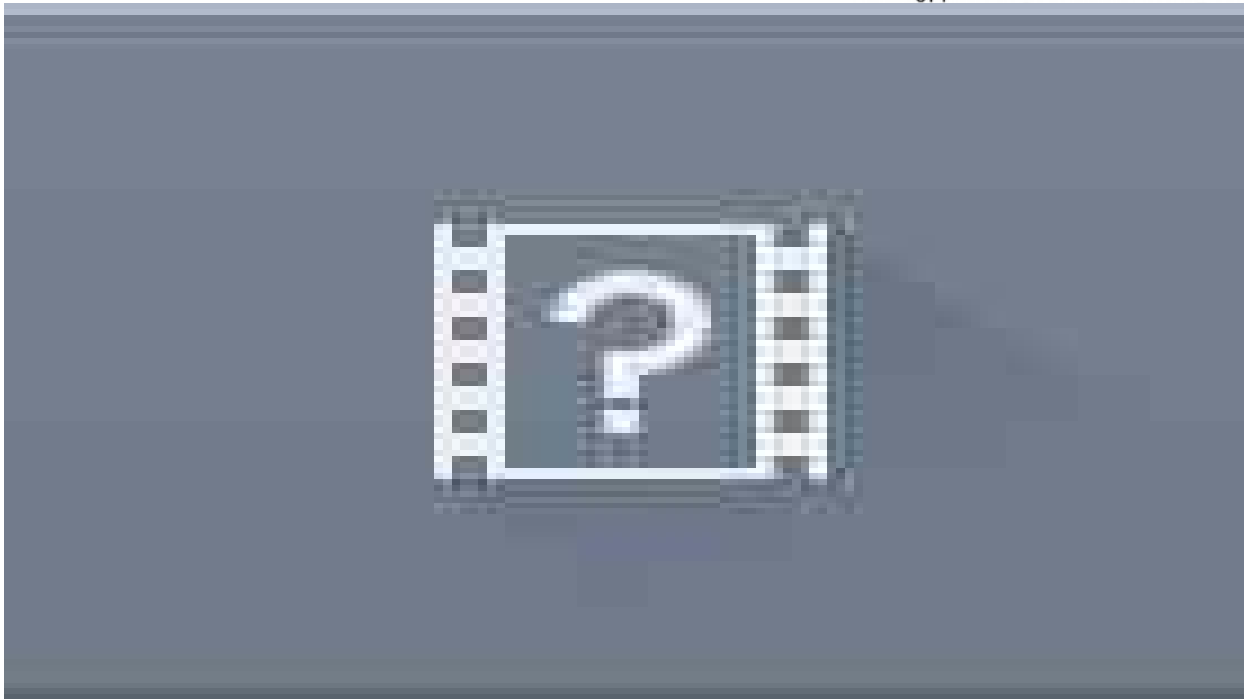
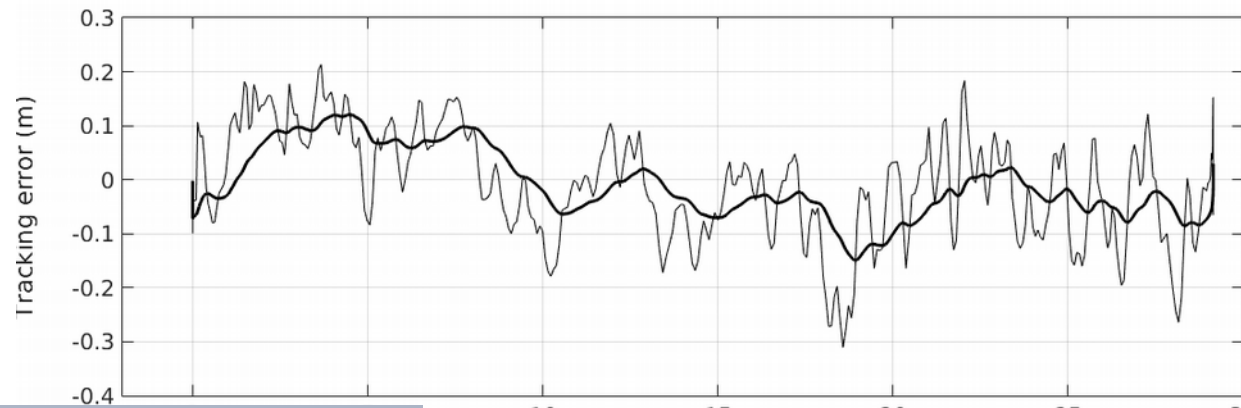
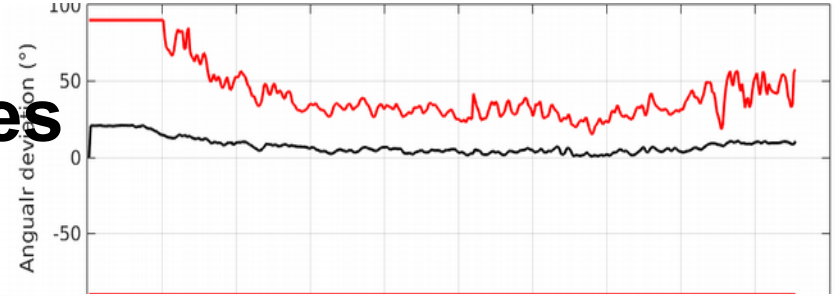
- Maintenir une orientation réelle
- Nulle si peu d'erreur
- Égale à l'orientation cible sinon

# Comportements élémentaires

## Suivi de contour

### Structure végétale

- Feuilleage clairsemé
- Vitesse de 1m/s
- Différente distance désirée



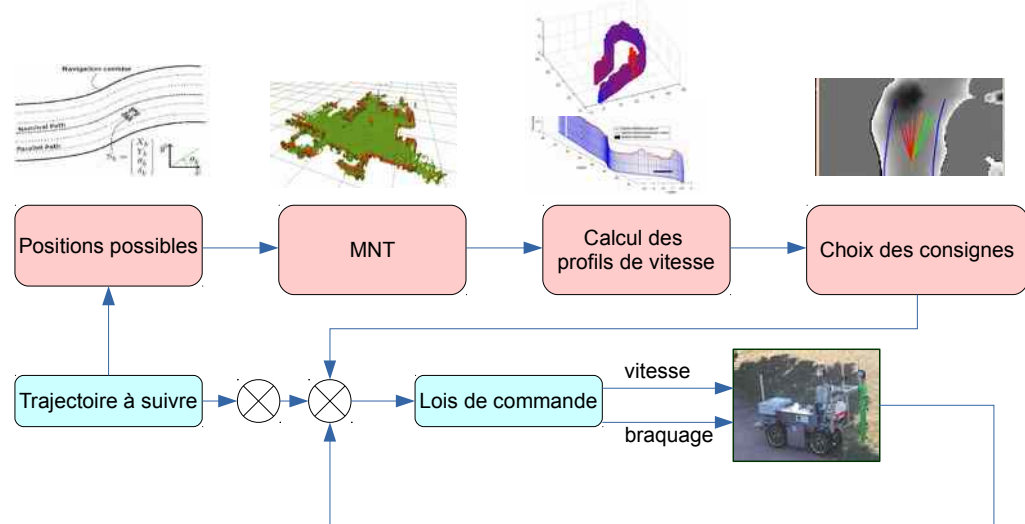
# Notion de traversabilité

## De la prédiction à la traversabilité

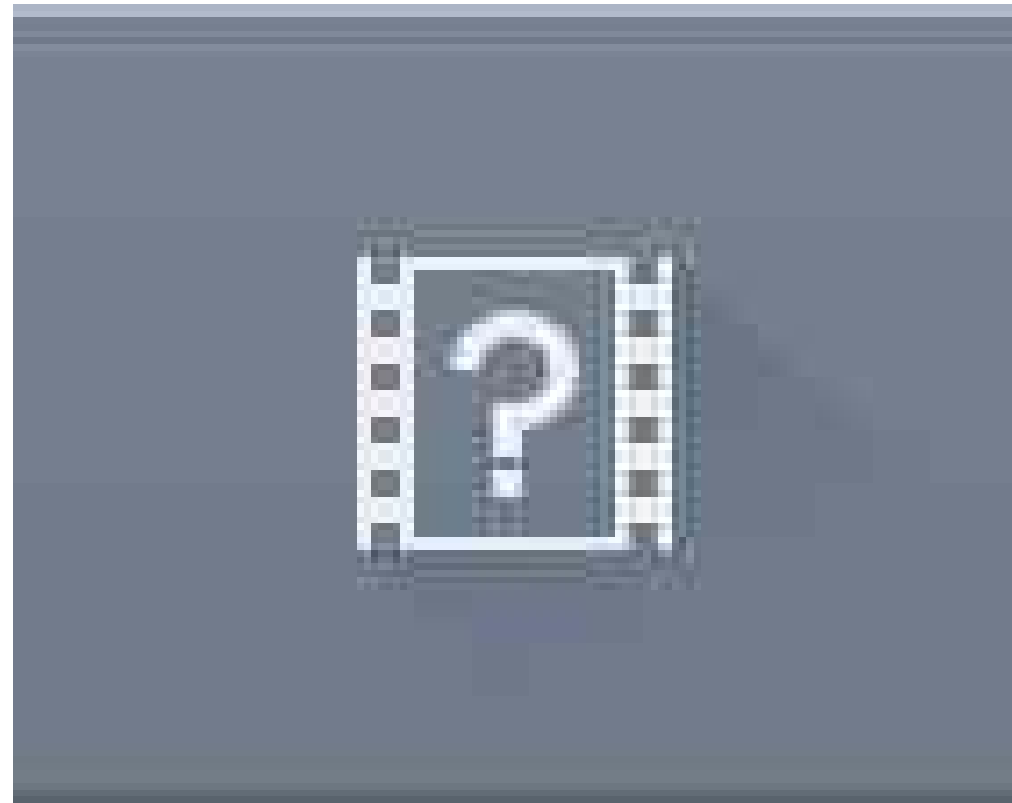
Processus réactifs et prédictifs

Extrapolation par rapport à l'environnement

Choix de la "meilleure" trajectoire (et vitesse)



### Evaluation traversabilité



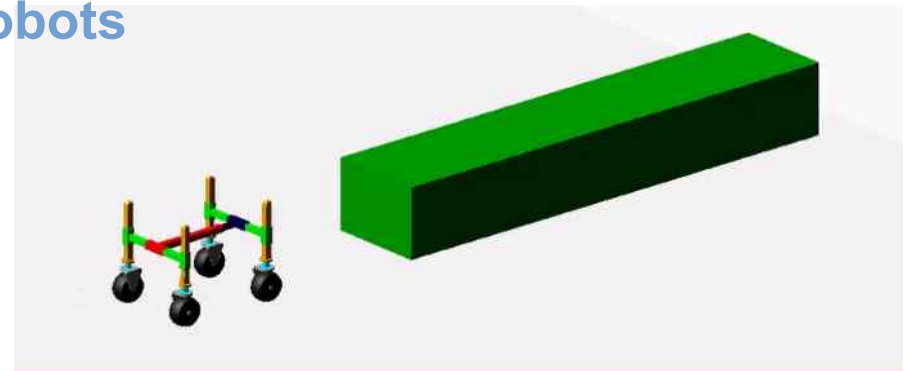
# Systemes robotiques reconfigurables

## Capacite a reconfigurer la forme des robots

### Besoin et cahier des charges

- Application privilegiee
- Requerant plusieurs degre de mobilite

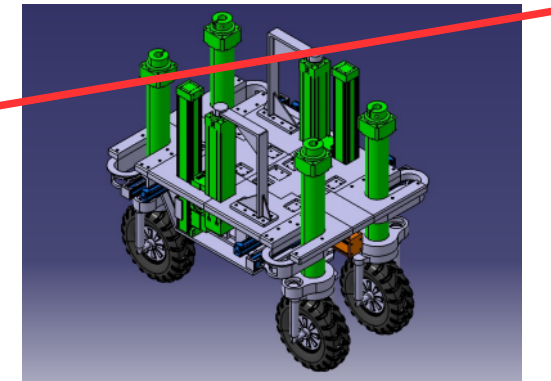
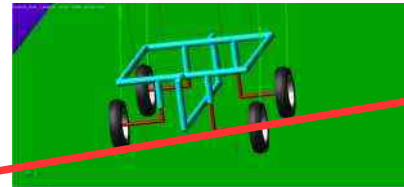
Roues motrices et directrices	Voie (+ empattement) variables
Suspensions actives	Charge utile 200kg
Garde au sol et inclinaison variables	Vitesse → 30 km/H



### Generation de concepts

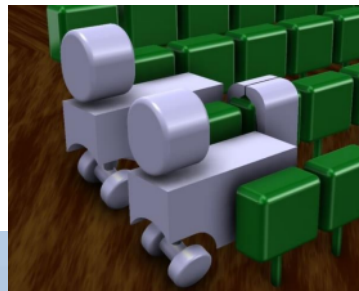
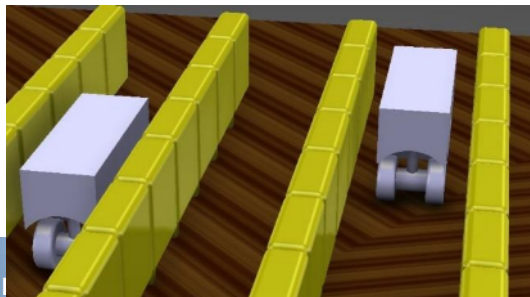
- Differentes solutions envisagees
- Difficultes liees a un chassis unique

Coût    ~~Complexite~~    Maintenance    Fragilite



### D'un robot a un systeme robotique reconfigurable

- Conception de robots jumeaux
- Associable en fonction des taches/terrain



# Comportements élémentaires

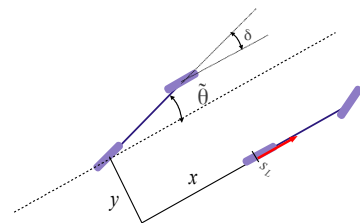
## Coopération/Association de robots

Contrôle rapproché par UWB

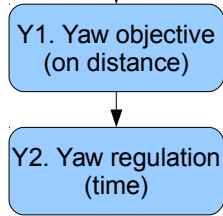
- Déplacement un robot par Mx (M8->Baudet-Rob)
- Estimation pose relative par UWB (brevet)
- Contrôle indépendant latéral longitudinal
- Observation de la vitesse relative



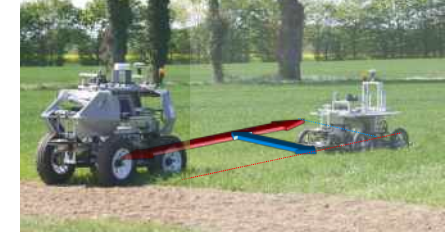
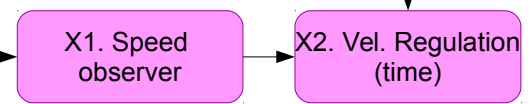
Antenne  
Puce Decawave  
Carte  
Microcontrôleur  
Port de communication



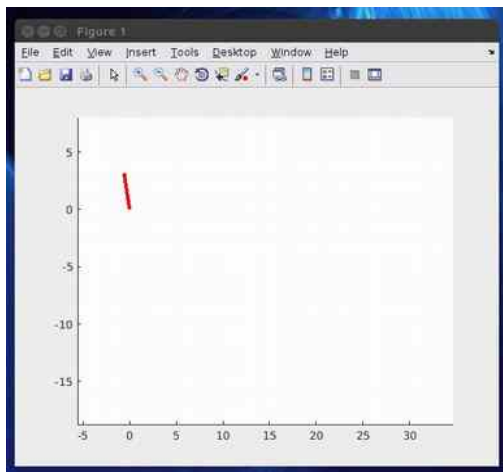
Lateral error



Longitudinal position



Longitudinal error



# Vers de nouveaux concepts

## Diversité des situations et des travaux

Difficile à réaliser par un unique robot

Association de robots

- Reconfiguration mécanique
- Reconfiguration algorithmique

➔ **Plusieurs modes**

Robot rapide  
Terrain Accidenté

GPS RTK  
Laser  
UWB  
StéréoVision  
Centrale  
RGB-D  
Lidar 3D

Suivi trajectoire lent  
Contrôle poly-articulé  
Observation C/m  
Suivi structure  
Suivi cible  
Formation distante  
Formation rapprochée  
Suivi trajectoire dyn.  
Maintenance intégrée  
Traversabilité



- Monitoring de l'environnement
- Outil tracté
- Travail sol meuble

- Traitement en champs
- Convoyage rapide
- Intervention milieux dangereux

## De la mobilité à l'interaction avec des outils

Conception de nouvelles méthodologies de production

- Nouveaux outils associables
- Nouveaux procédés (Biocontrôle, ...)

➔ **Sélection des modes et du nombre de robots**

## Utilisabilité par les opérateurs

Modalités d'interaction avec l'Homme

- Autonomie partagée et travail collaboratif
- Supervision humaine

Du développement à la réponse aux besoins sociétaux

- Normalisation ?
- Exploitation industrielle ?





# Quelques questions sociétales

## Applicabilité de la robotique

Coûts des engins

Utilisabilité

Acceptabilité

Maintenance

## Impact sur l'agriculture

Evolution des pratiques

Organisation du travail

## Conditions de commercialisation

Garantie de sécurité

Essais et certification

Evaluation performances

Mise à jour

Interopérabilité et standard

Législation



# L'association RobAgri

## Activités pour la structuration d'une nouvelle filière



Scientifiques

Cartographie besoins/verrous/compétences



Journée scientifique  
→ Fira 2019 – 11/12/2019

Rédaction livre blanc

Forge commune

PF simulation

Analyse SdF

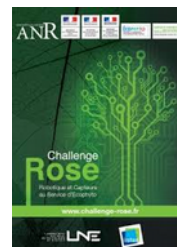
Technologiques

Infrastructure essais

Processus évaluation



Actions structurantes



Rose



SoiRob A – FranceAgrimer



DIH AgROBOFood

# La robotique agricole

## Une filière innovante en structuration

De premières solutions commerciales

Des verrous scientifiques

Des avancées technologiques

Des défis sociétaux

Des évolutions législatives

Plusieurs initiatives  
de structurations

Opportunités de  
nouveaux projet



SolRob – A → B

