



# **Eléments de partage sur la robotique agricole** **(dans les espace ouverts)**

(Exemples de challenges scientifiques et technologiques à relever)

M. Berducat



[www.irstea.fr](http://www.irstea.fr)

Unité de Recherche TSCF- Clermont-Ferrand  
Département Ecotechnologies - Iristea

**SIVAL - Entretiens Cidricoles - 14/01/2016**





## Robotique agricole : une réponse pour la mécanisation de demain

- **Démographique:**
  - nombre d'exploitations agricoles en baisse constante  
[France : baisse de -3% en moyenne par an depuis 93  
700 000 exploitations (93) -> 400 000 (2013)]
- **Economique:**
  - raréfaction main d'œuvre qualifiée
- **Social:**
  - réduction pénibilité du travail /travaux répétitifs /santé opérateurs
  - véhicules conducteurs marchants et risques TMS
  - attractivité secteur activité par intégration nouvelles technologies
- **Agronomique:**
  - maîtrise plus fine des intrants
  - réduction du tassement des sols
  - nouvelles pratiques (ex: cultures associées)
- **Règlementaire:**
  - suppression traitements aériens



Source CRAB et AXEMA



# Systèmes « robotisés » pour les espaces ouverts semi ou non structurés : **encore un challenge !!**

- Offres technologiques actuelles aux stades :
  - du prototype

Exemples :



**Ladybird**

Australian Center for Field Robotics (ACFR)  
Univ Sydney - Australie



**Rowbot**

Rowbot Systems LLC + Carnegie Robotics LLC  
+ (Univ Carnegie Mellon)  
USA Pennsylvanie - USA



**BoniRob2**

Applied Sciences Osnabruck Univ  
+ AMAZONE + BOSH  
(Allemagne)

- de la commercialisation en quelques unités

**Oz robot**  
Naïo Technology  
(France)

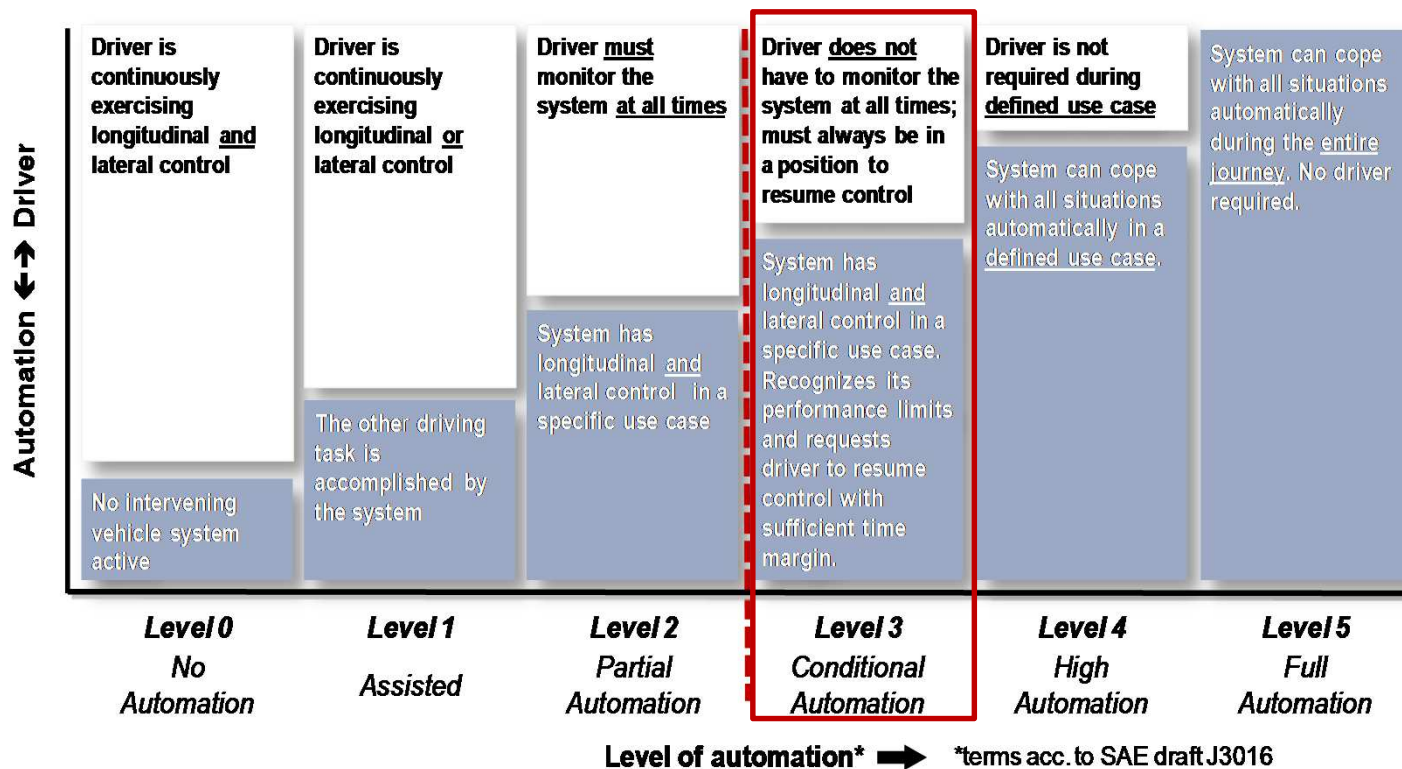


**Cäsar robot**  
RAUSSENDORF GmbH  
Univ Dresde –  
Fraunhofer MI  
(Allemagne)

## Stade actuel des systèmes «robotisés» agricoles : Plateforme autoguidée sans conducteur embarqué !!

Suivi de trajectoires préenregistrées : GPS, télémètre laser, vision...  
Détection d'obstacles : ceinture de capteurs US, télémètre laser...

### <=> Niveau 3 de la Classification SAE – Véhicules intelligents - Automobiles



Source:  
NFI / VA

#### Niveau 3: Automatisation Conditionnelle

Activité de surveillance : Le conducteur n'a pas à surveiller le système en permanence

Limitations : Le système identifie la limite de ses performances, **cependant il n'est pas capable de ramener seul le système dans un état de risque minimum pour toutes les situations.**





## Stade actuel des systèmes « robotisés »: Plateforme autoguidée **sans conducteur embarqué** **=> Opérateur à distance !!**

- Solutions de monitoring proposées :



(opérateur à distance :

- proximité immédiate?
- au bord du champ ?
- hors du chantier ?)

- **Une vraie question :** Comment analyser correctement une situation à distance pour **réinitialiser** une machine en toute sûreté/sécurité ?

**«de la Plateforme autoguidée sans conducteur embarqué au Robot»**

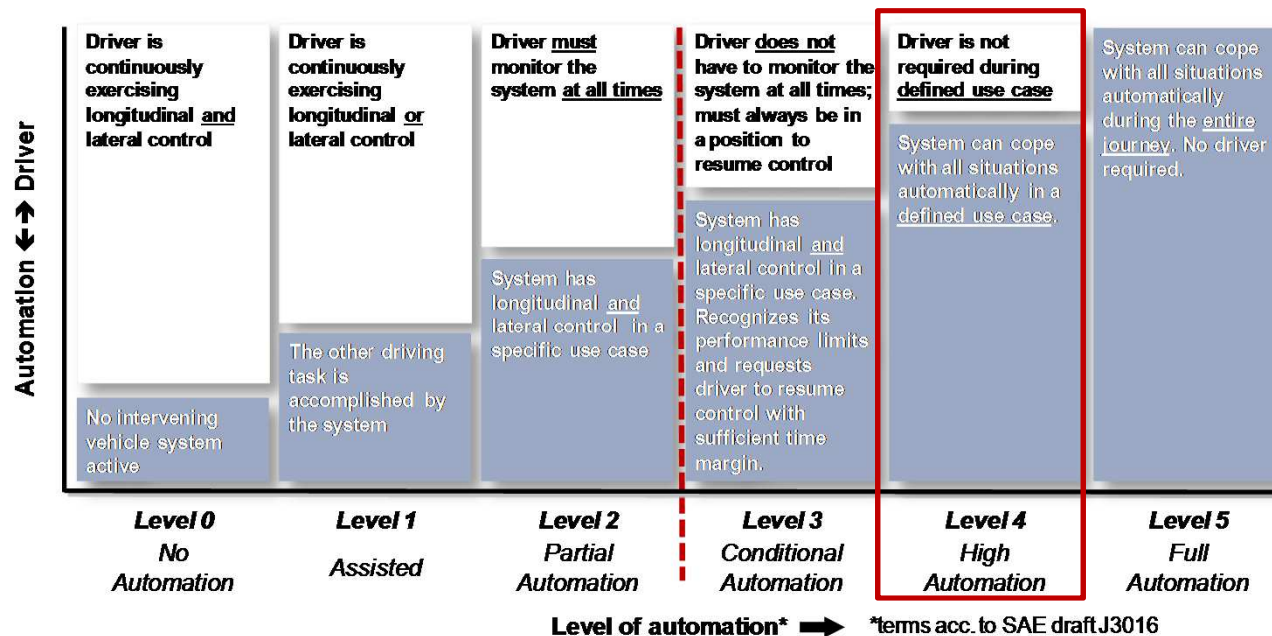
**Challenge N°1 : Développer des moyens adaptés pour permettre à l'opérateur d'appréhender à distance l'ensemble de la situation et lui permettre de prendre les décisions pertinentes lors de ses interventions**

**Exemples de réponses :** Outils de réalité virtuelle/augmentée

**Robot = capacité à **réagir seul** à des **situations imprévues****

Définition : « Système doté d'un certain degré d'intelligence et des moyens de perception et de commande associés permettant de réagir seul à un changement de circonstances (dont situations imprévues) dans l'environnement de travail »

## <=> Niveau 4 de la Classification SAE – Véhicules intelligents - Automobiles



### Niveau 4: Automatisation Elevée

Activité de surveillance : Le conducteur n'a pas à surveiller le système en permanence.

Limitations : Le système identifie la limite de ses performances, **et peut automatiquement faire face à toutes situations survenant lors du cas d'usage**. A l'issue du cas d'usage, le conducteur doit être en mesure de reprendre le contrôle du véhicule.

**Robot = capacité à réagir seul à des situations imprévues**

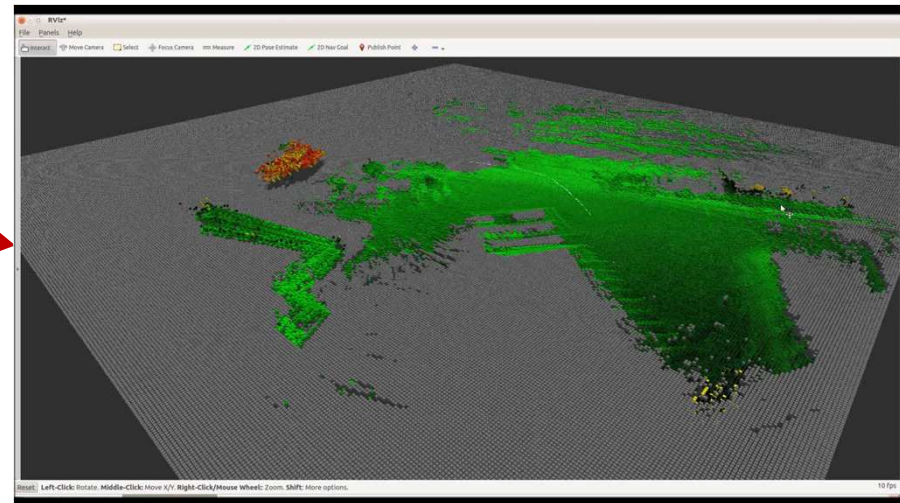
**«de la Plateforme autoguidée sans conducteur embarqué au Robot»**

**Challenge N°2 : Connaitre et maîtriser en permanence l'environnement d'évolution tout autour de la machine et sur un grand rayon dans une démarche d'anticipation**

**Exemples de réponses :**

- cartographie dynamique de l'environnement
- construction / réactualisation de Modèles Numériques de Terrain / Environnement (MNT: obstacles, traversabilité, relief)

**Ex : Télémètre laser multi-nappes**  
Irstea-TSCF / Institut-Pascal



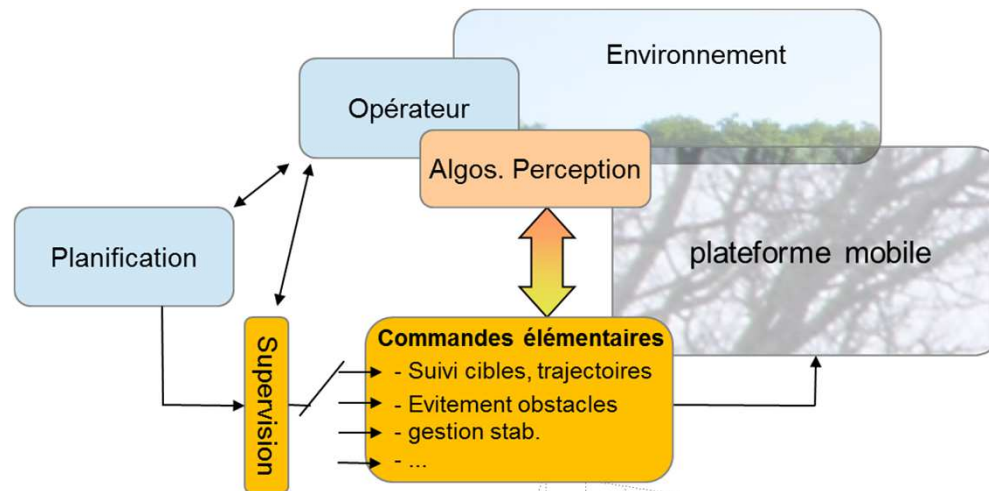
**Robot = capacité à réagir seul à des situations imprévues**

**«de la Plateforme autoguidée sans conducteur embarqué au Robot»**

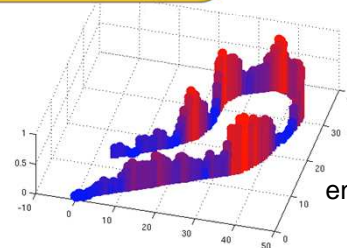
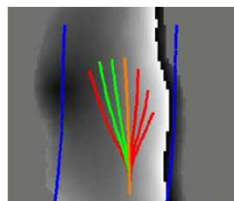
**Challenge N°3 : Développer les capacités de décision au niveau de l'intelligence logicielle embarquée**

**Exemple de réponse**: Réévaluation et adaptation de la mission en cours d'exécution  
[tâche de navigation, tâche de surveillance d'un (ou plusieurs) robot(s)]

Exemple Travaux  
Irstea-TSCF



Ex: **Optimisation de la trajectoire**  
en fonction des obstacles  
(traversabilité du terrain)



Ex: **Optimisation du profil de vitesse de déplacement**  
en fonction de la rugosité du terrain  
(traversabilité du terrain)





**Robot = capacité à réagir seul à des situations imprévues**



### Solutions robotisées **actuelles**

( *plateforme autoguidée sans conducteur  
embarqué : niveau 3 SAE «automatisation conditionnelle»* )

opérationnelles sur :

- sols plats
- faible vitesse
- environnements très structurés



### Solutions robotisées **futures**

( *robot : niveau 4 SAE «automatisation élevée»* )

dotées de performances accrues  
pour travailler sur :

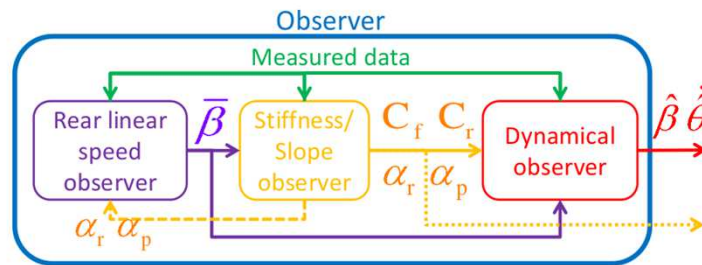
- terrains en pente
- en présence de glissements
- milieux complexes
- haute vitesse
- ...

**Robot = capacité à réagir seul à des situations imprévues**

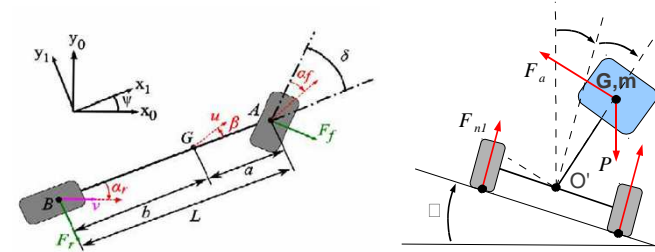
**«de la Plateforme autoguidée sans conducteur embarqué au Robot»**

**Challenge N°4 : Prise en compte du risque d'instabilité dynamique du robot (préservation de l'intégrité du véhicule)**

**Exemple de réponse: Dispositifs actifs anti renversements latéraux et longitudinaux**



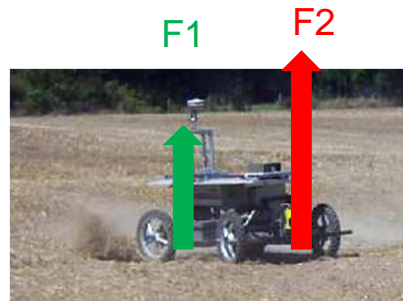
Exemple Travaux  
Irstea-TSCF



**Estimation des charges dynamiques (efforts normaux) sur cotés gauche et droit à partir des observations du comportement inertiel de la plateforme robotique**

**Lateral Load Transfert**

$$LLT = \frac{F1 - F2}{F1 + F2}$$





## Robot = Haut degré d'exigences en terme de garantie de sécurité

**Sécurité des Machines hautement automatisées : Commencer par se rattacher à un référentiel existant...**

### Annexe I

#### Principes Généraux

*"Le fabricant ou son mandataire doit veiller à ce qu'une **évaluation des risques soit effectuée** afin de déterminer les exigences de santé et de sécurité qui s'appliquent **à la machine qu'il souhaite mettre sur le marché** »*

#### §1.1.2 Principes d'intégration de la sécurité:

*"a/ **La Machine doit être conçue et construite pour être apte à assurer sa fonction** et pour qu'on puisse la faire fonctionner, la régler et l'entretenir sans exposer quiconque à un risque lorsque ces opérations sont effectuées dans les conditions prévues par le fabricant, **mais en tenant compte également de tout mauvais usage raisonnablement prévisible.***

*Les mesures prises doivent avoir pour objectif de supprimer tout risque durant la durée d'existence prévisible de la machine ...*

*b/ En choisissant les solutions les plus adéquates, le fabricant ou son mandataire doit appliquer les principes suivants dans l'ordre indiqué:*

- éliminer ou réduire les risques dans la mesure du possible (intégration de la sécurité à la conception et à la construction de la machine)*
- prendre **les mesures de protection nécessaires vis-à-vis des risques ne pouvant être éliminés** »*



## Robot = Haut degré d'exigences en terme de garantie de sécurité

Sécurité des Machines hautement automatisées : Commencer par se rattacher à un référentiel existant...**dans l'attente prochaine de disposer d'un cadre réglementaire plus adapté**

**Ex: Projet de Norme NF EN ISO 18497 en cours d'élaboration (draft 30/10/2014)**

« Opérations réalisées par la machine au cours desquelles ses fonctions sont commandées par un système de commande sans intervention humaine directe »

(destinée à se donner des moyens de se conformer aux exigences de la Directive « Machines » 2006/42/CE)

*Exemples de points considérés:*

- 3.11: zones de travail de la machine

zone d'accès contrôlé de **catégorie 1**: périmètre protégé par protecteurs physiques fixes

zone d'accès contrôlé de **catégorie 4**: zone dont l'accès n'est ni contrôlé, ni surveillé

- 4.12 : **pour toutes les zones de travail définies en 3.11, le système de détection doit pouvoir identifier les obstacles dans la zone dangereuse**

- 5.1 : L'essai de détection de l'obstacle défini doit aboutir à un taux de réussite d'au moins 99,99% dans diverses conditions réelles. L'essai doit comporter 30 épreuves

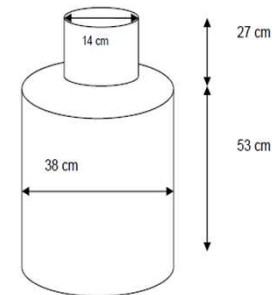


Figure 1 - Test Obstacle Dimensions

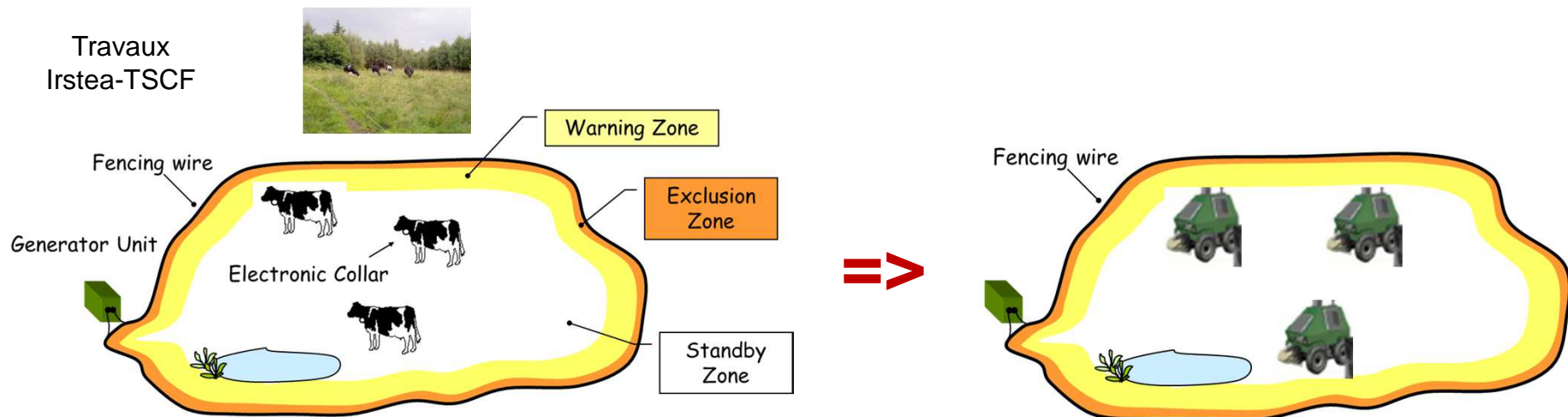


## Robot = Haut degré d'exigences en terme de garantie de sécurité

«de la Plateforme autoguidée sans conducteur embarqué au Robot»

Challenge N°5 : Prendre les mesures de protection nécessaires vis-à-vis des risques potentiels

Exemple de réponse : Dispositif de clôture «électronique» en périphérie de la parcelle pour garantir que le robot restera dans sa zone de travail



Ex: 2009 Clôture « électronique » pour le gardiennage des bovins adaptée pour de grandes surfaces



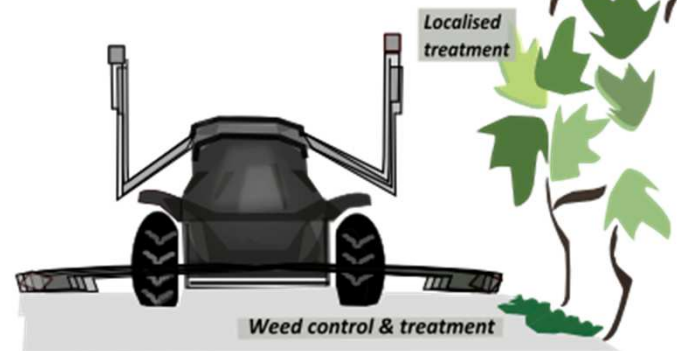


Robot = Autonomie des déplacements de la plateforme **et des outils/périphériques associés**

*«de la Plateforme autoguidée sans conducteur embarqué au Robot»*

Challenge N°6 : *Gérer les interactions fines entre la Plateforme mobile et ses Outils plus ou moins complexes*

Combined Modular Robotic Solutions





**Robot = Autonomie des déplacements de la plateforme et des outils/périphériques associés**

## **Niveaux de complexité interactions robot/cultures végétales**

- **Absence de contact physique**  
Operations d'observations/suivis des cultures, transports, pulvérisation...
- **Avec contact physique, pas de préhension de produits**  
Operations de (désherbage mécanique), rognage, éclaircissage de fleurs...
- **Avec contact physique et préhension de produits**  
Operations de cueillette de fruits, taille, (trans)plantation....

Source: A. Bechar  
ARO Volcani Center -  
Israel

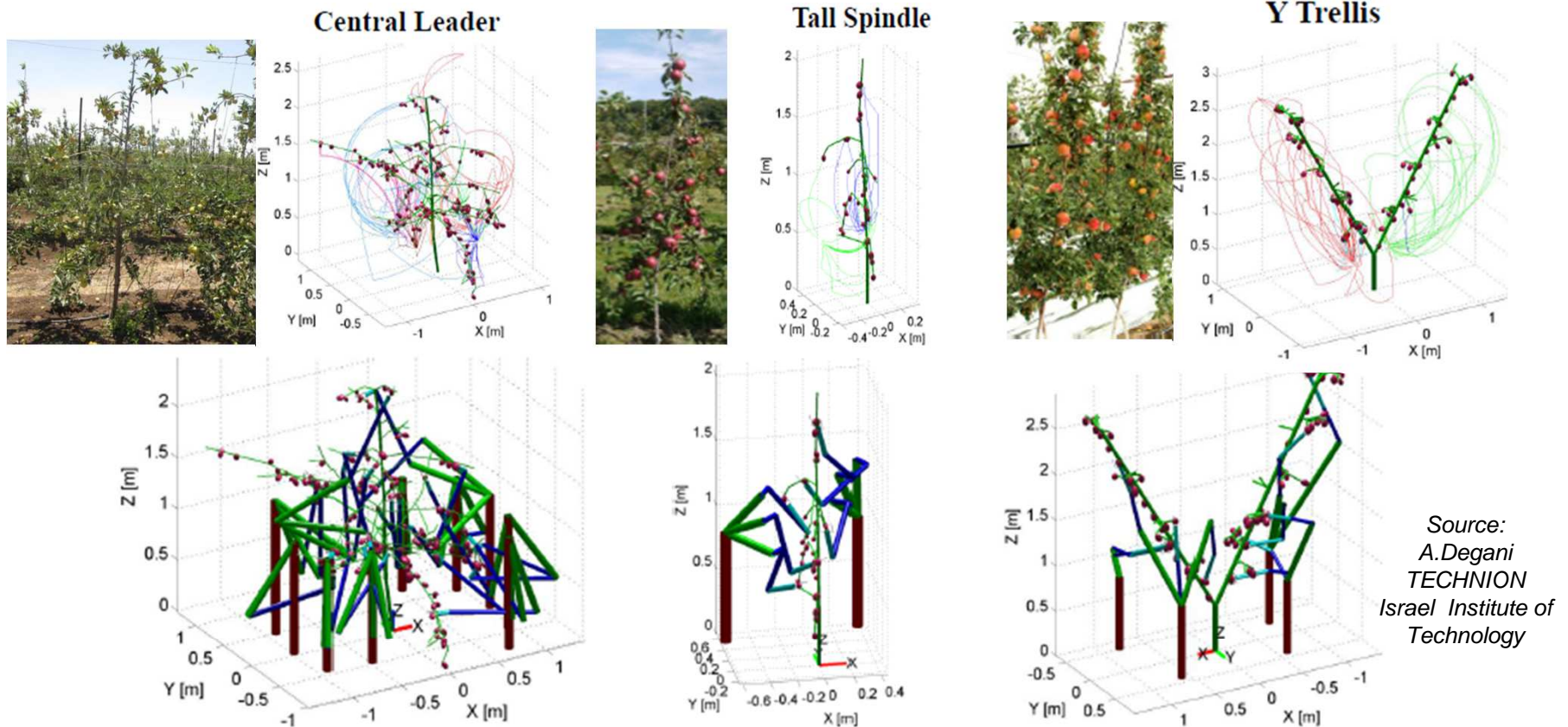
**« Robot : plateforme mobile + périphériques »**

Exemples de Challenges en relation avec contrôle d'outils :

- **taux de détection encore réduit** (ex 60-70% récolte fruits)
- **long temps de cycle et délais de réponse des bras manipulateurs**
- **préhension de corps mous sans endommagement**
- **contrôle simultané Plateforme mobile + périphériques**
- **Intégration de système** (encombrement)

**Robot = Autonomie des déplacements de la plateforme et des outils/périphériques associés**

## Niveaux de complexité interactions robot/cultures végétales



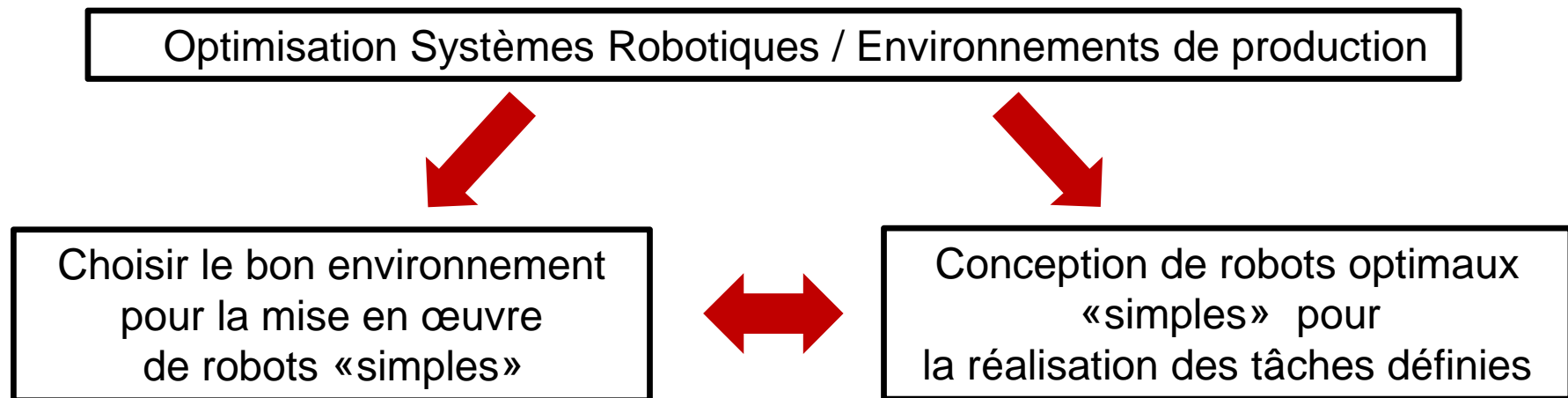
|      | Central Leader | Tall Spindle | Y-Trellis |
|------|----------------|--------------|-----------|
|      | Cost           |              |           |
| 3DOF | 88.8           | 36.5         | 56.3      |
| 4DOF | 65.5           | 27           | 47.4      |





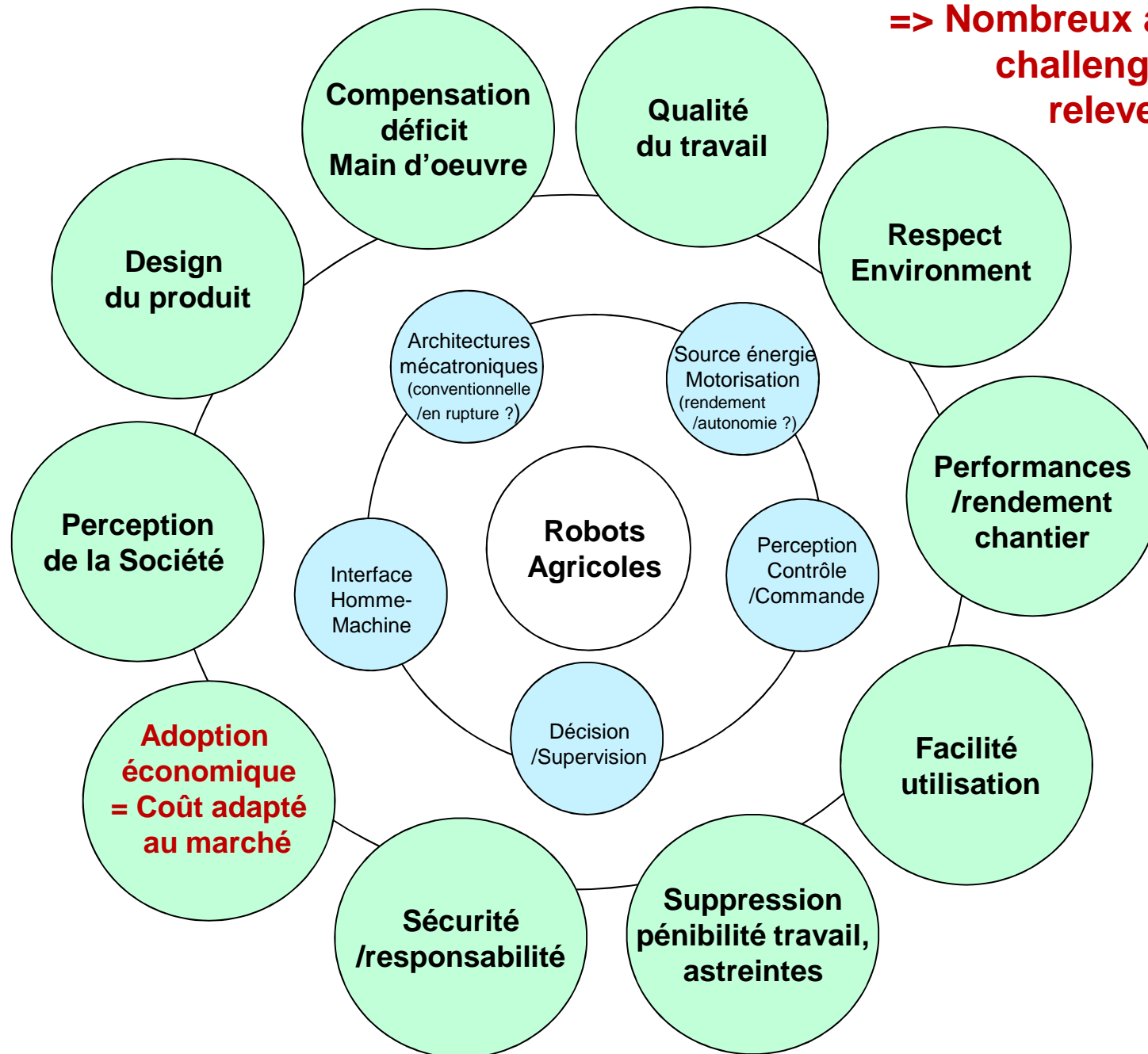
**Vers des robots performants et économiquement viables pour l'agriculture :**

**Nécessité de co-convevoir le robot et l'Agro-système associé**



# Solutions robotisées : pas seulement une dimension technologique

=> Nombreux autres challenges à relever



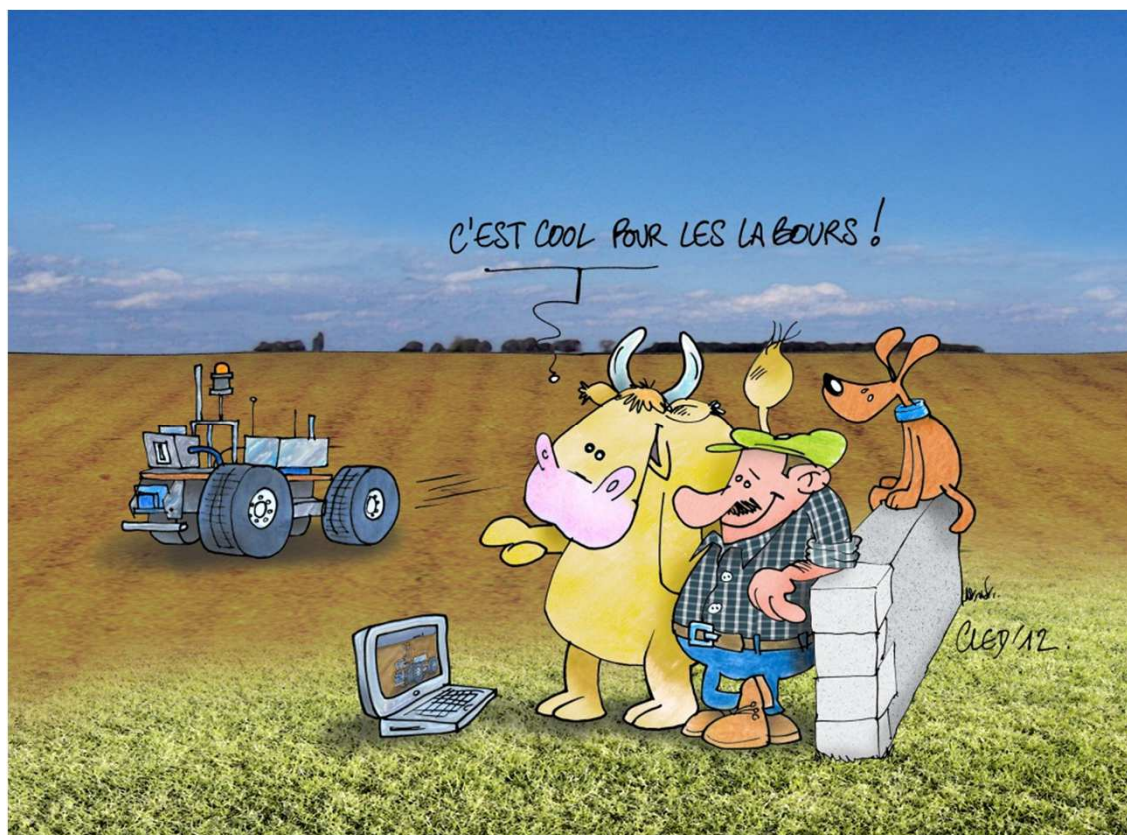


## Robotique et Agriculture : **Merci de faire preuve de pragmatisme...**



**BAUDET-ROB : Robot autonome d'assistance logistique**

# Merci



michel.berducat@irstea.fr

<http://www.irstea.fr/tscf>