



Robotique agricole : des opportunités mais de nombreux challenges à relever

Michel Berducat
UR TSCF-Clermont-Ferrand
Département Ecotechnologies - Irstea



www.irstea.fr

**Académie Agriculture de France
Robotisation en agriculture
25 janvier - Paris**



Attentes pour des systèmes de production agricole à moindre impact environnemental, plus sobres et économes en ressources dans un contexte :

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



Conditions réunies pour repenser la mécanisation agricole
=> rôle à jouer par la robotique

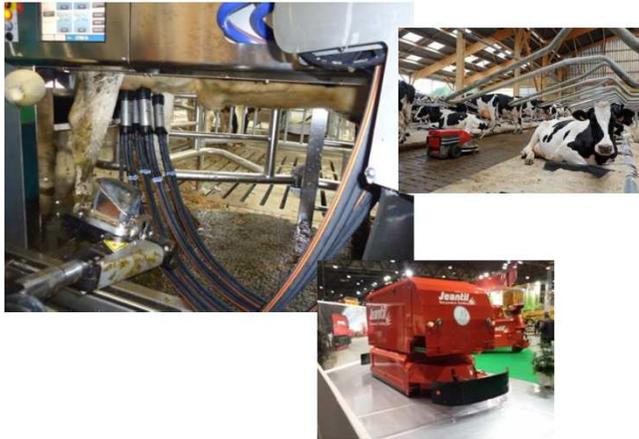


Robotique agricole :

des opportunités mais de nombreux challenges à relever

Années 2000

**Robotique pour l'élevage:
une réalité !!**



**Solutions déjà sur le
marché**

Ex 2013 : 5100 robots de traite
800 robots de nettoyage,
d' alimentation...

28% des ventes de robots de
Service à Usage
Professionnelle

Source IFR



Années 2010

**Espaces ouverts
plats et structurés**



**Solutions
aux stades « prototypes
laboratoire »
ou
commercialisées
en qqs unités**

Années 2020

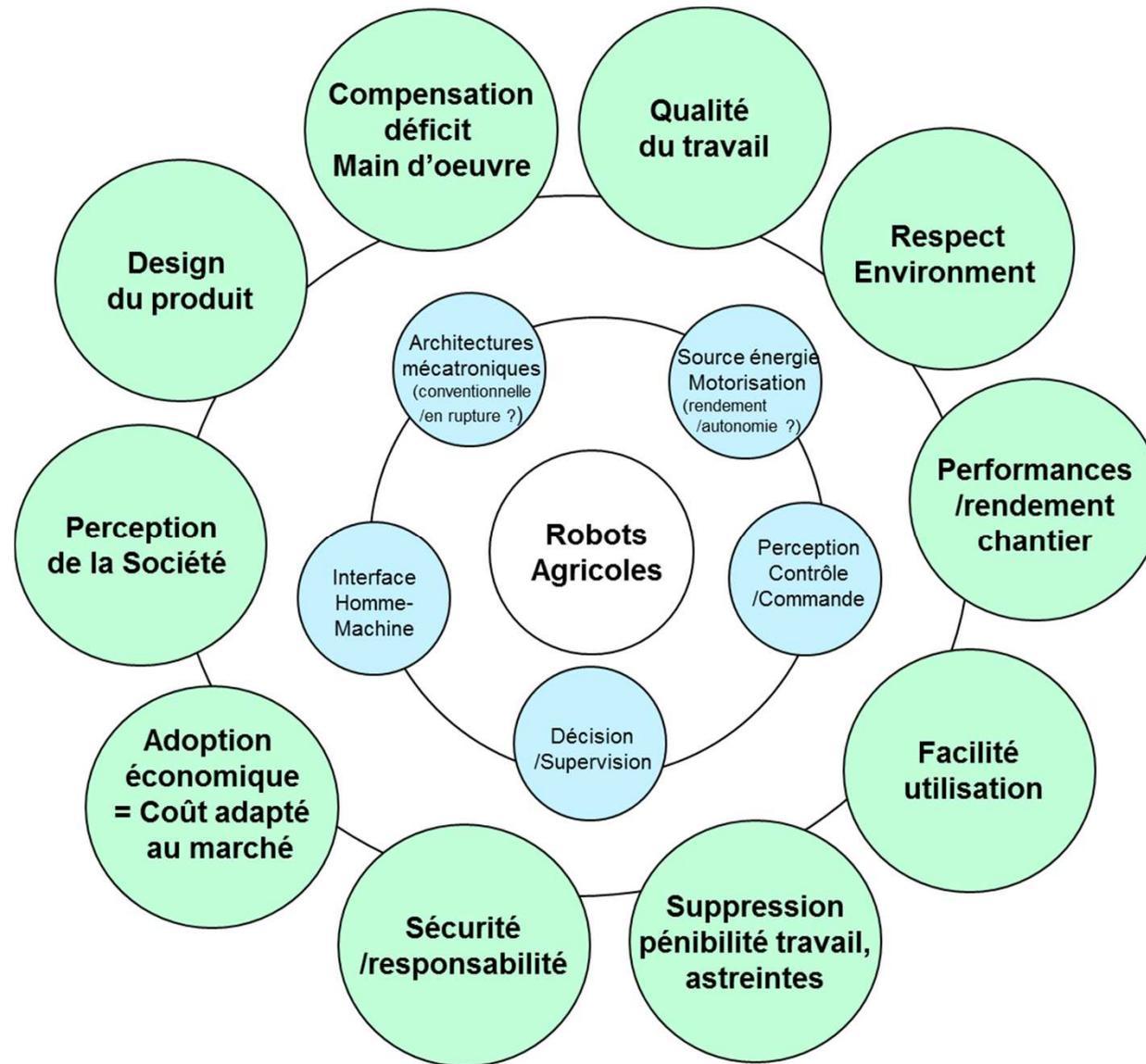
**Espaces ouverts
complexes !!**



**Solutions robotisées futures
dotées de performances
accrues pour travailler sur :**

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







Robotique & Agriculture : Structuration en trois niveaux (de complexité)

Cas des productions végétales :

- **Niveau I / Absence de contact physique :**
 - Opérations de suivis des cultures, transports, pulvérisation...
- **Niveau II/ Avec contact physique et pas d'actions de préhension**
 - (désherbage mécanique), rognage, éclaircissage de fleurs...
- **Niveau III/ Avec contact physique et actions de préhension**
 - cueillette de fruits, taille, (trans)plantation....

*source: A. Bechar
ARO Volcani Center -
Israel*



Robotique & Agriculture : Structuration en trois niveaux (de complexité)

Cas des productions végétales :

- **Niveau I / Absence de contact physique :**
 - Opérations de suivis des cultures, transports, pulvérisation...
- **Niveau II/ Avec contact physique et pas d'actions de préhension**
 - (désherbage mécanique), rognage, éclaircissage de fleurs...
- **Niveau III/ Avec contact physique et actions de préhension**
 - Exemple : cueillette de fruits

Exemple de la cueillette des fruits:

De très nombreux travaux de R&D dans le monde

ARMG UF

Robotic vs Mechanical

Robotic Citrus Harvester



- Flexible to change
- Fresh or processed fruit
- Lower labor productivity gain
- Cost per throughput higher

Mechanical Citrus Harvester



- Not flexible
- Processed fruit applications
- High labor productivity gain
- Cost per throughput lower

**Agricultural and Biological Eng.
University of Florida – USA**

source 2015: T. Burks



**RoboticsPlus Ltd (NZ),
Auckland University, Waikato
University**

source : <http://www.roboticsplus.co.nz/multipurpose-orchard-robotics>



Exemple de la cueillette des fruits: De très nombreux travaux de R&D dans le monde

CROPS European Project – sept 2014

Participants

- Wageningen UR (NL)
- University of Leuven (BE)
- Ben-Gurion University (IL)
- University of Ljubljana (SI)
- UMEA University (SE)
- Università degli Studi di Milano (IT)
- CSIC, Inst. de Automatica Industrial (ES)
- Technical University Munich (DE)
- Case New Holland NV (BE)
- INIA PROGAP (CL)
- Force-A (FR)
- Festo (DE)
- Swedish Univ. of Agricultural Sciences (SE)
- Jentjens Machinetechniek (NL)



source
<https://www.youtube.com/watch?v=UlaNDm88yZo>

Crops.wmv



Robotique agricole

- => **Complexité des environnements de travail**
- => **Niveaux de complexité interactions robot/cultures végétales**

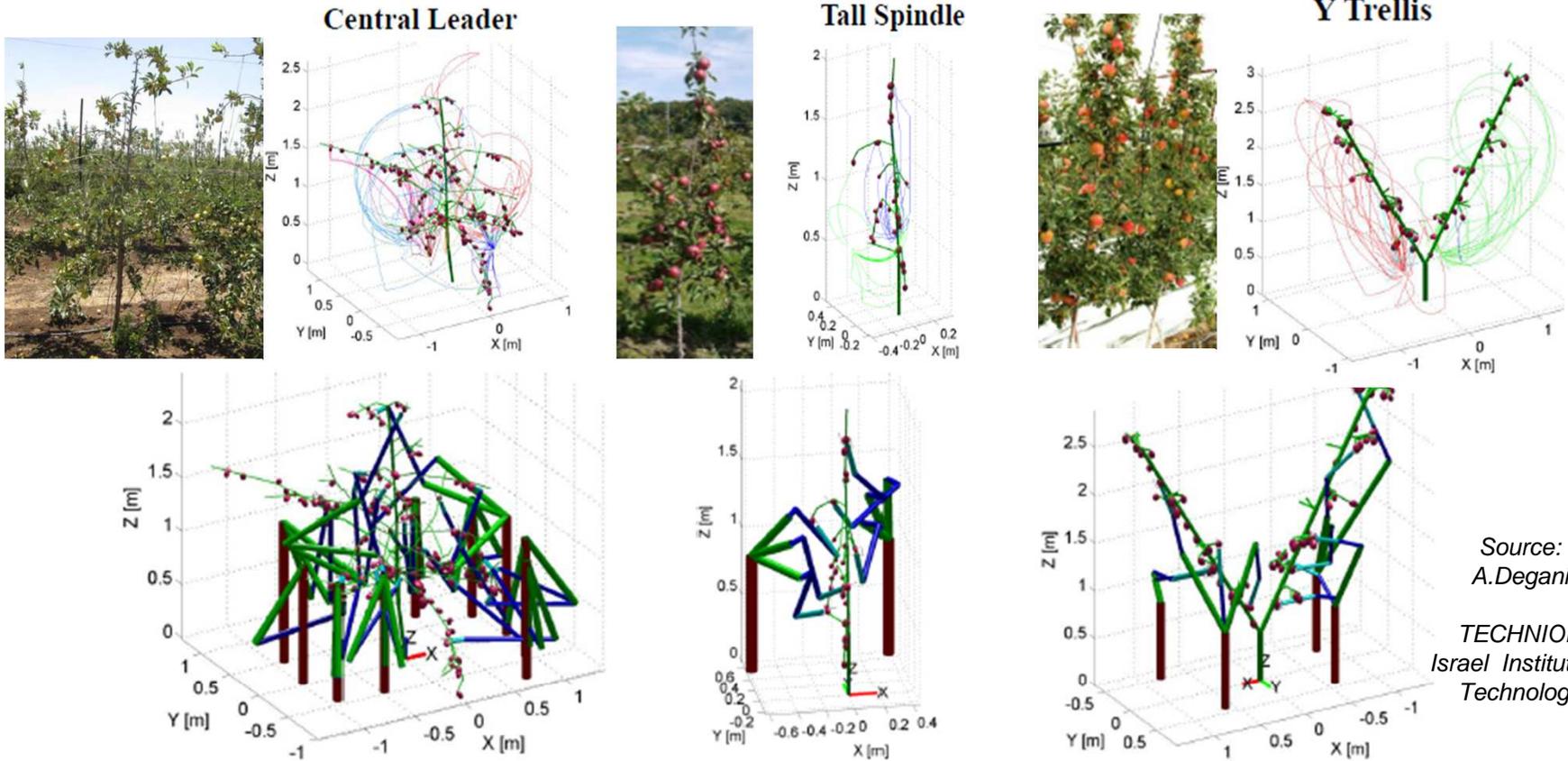
« Robot : plateforme mobile + périphériques »

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)**

Robotique agricole :

- => Complexité des environnements de travail
- => Niveaux de complexité interactions robot/cultures végétales



Source:
A.Degani

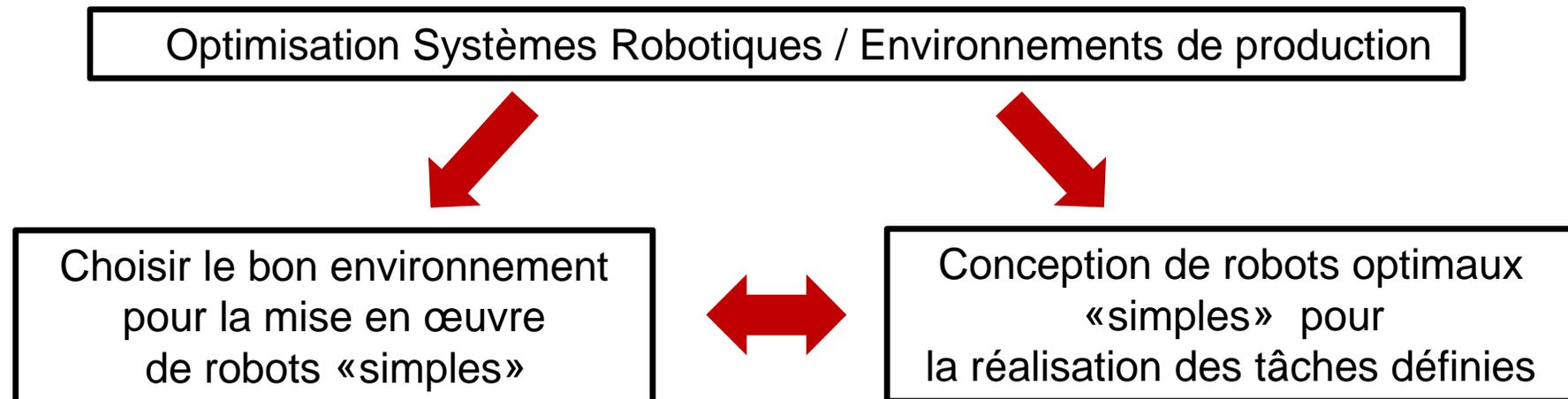
TECHNION
Israel Institute of
Technology

	Central Leader	Tall Spindle	Y-Trellis
	<u>Cost</u>		
3DOF	88.8	36.5	56.3
4DOF	65.5	27	47.4



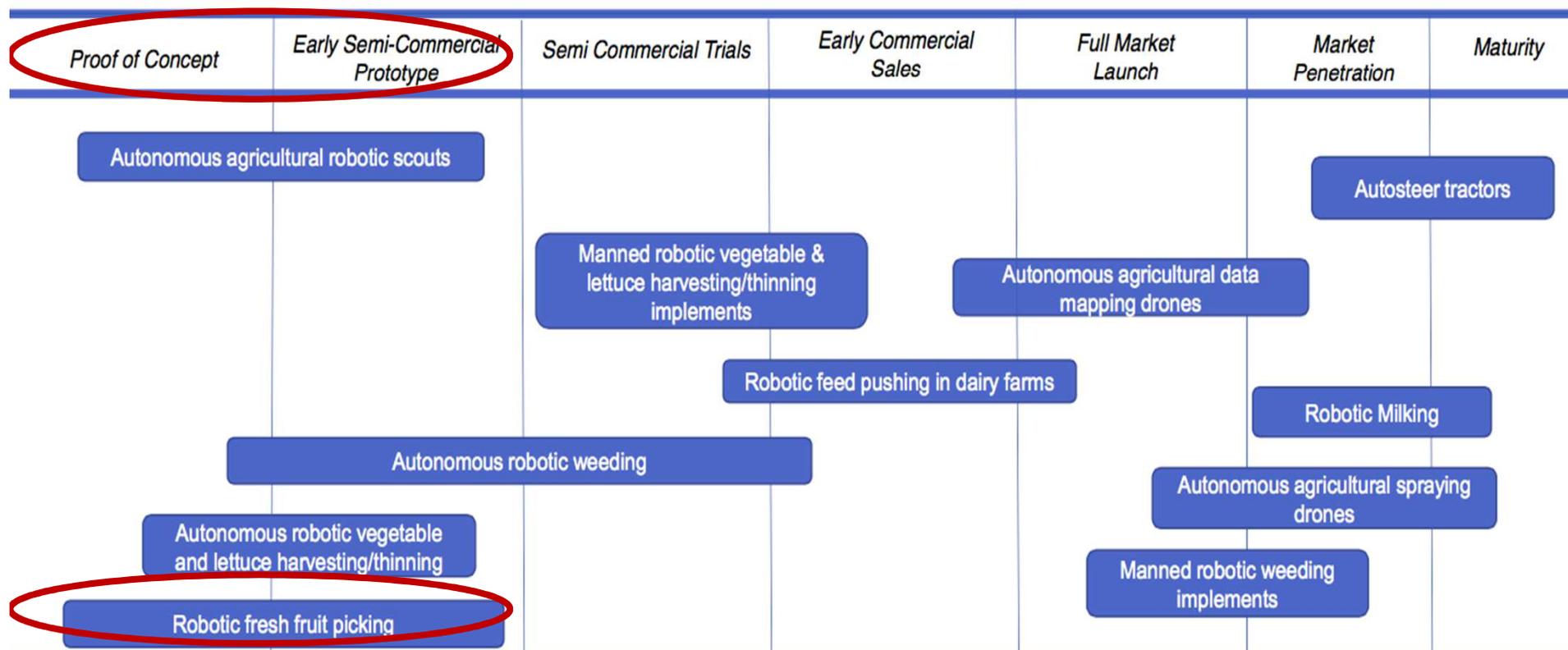
Vers des robots performants et économiquement viables pour l'agriculture :

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



source: A. Bechar
ARO Volcani Center -
Israel

Market and technology readiness by agricultural activity



The schematic above shows the readiness levels of different agricultural robots and drones. It is evident that some technologies such as autosteer or remote-controlled unmanned spraying helicopters are already technologically mature and have made strong market inroads, whereas others such as robotic fresh fruit harvesting are still in their early stages of development. This is an instructive chart because it would be misleading to view the entire agricultural robotics and drone space as a single industry: instead it is many separate industries each targeting a different need in agricultural and each with a different market size and technology readiness level.



Robotique & Agriculture : Structuration en trois niveaux (de complexité)

Cas des productions végétales :

- **Niveau I / Absence de contact physique**
exemple : Débardage / Transport
- **Niveau II/ Avec contact physique et pas d'actions de préhension**
- (désherbage mécanique), rognage, éclaircissage de fleurs...
- **Niveau III/ Avec contact physique et actions de préhension**
- cueillette de fruits, taille, (trans)plantation....

Exemple de l'assistance aux opérateurs

stade maturité « Adopteurs précoces » (Early Commercial Sales)



BAUDET-ROB (1) et (2) : plateformes d'assistance aux opérateurs



[Baudet-rob.wmv](#)

[Effibot.wmv](#)

<https://youtu.be/Ers9Pd8e9IY>



Exemple de l'assistance aux opérateurs

**Prochaine Génération :
Gestion complète de la
transitique dans la parcelle**



Source: Effidence



Windegger - Neo Alpin (D)



Robotique & Agriculture : Structuration en trois niveaux (de complexité)

Cas des productions végétales :

- **Niveau I / Absence de contact physique**
exemple : Pulvérisation
- **Niveau II/ Avec contact physique et pas d'actions de préhension**
- (désherbage mécanique), rognage, éclaircissage de fleurs...
- **Niveau III/ Avec contact physique et actions de préhension**
- cueillette de fruits, taille, (trans)plantation....



Exemple de la protection phytosanitaire / Pulvérisation

stade maturité « Adopteurs précoces » (Early Commercial Sales)



Cäsar robot
RAUSSENDORF GmbH
Univ Dresde – Fraunhofer MI

[Cäsar.wmv](http://www.caesar.wmv)

Motor (kW) :Kubota V2607 (49 KW/2700 rpm)
Dimensions L x W x H: 3000 x 1300 x 980 mm
Weight:1600 kg



TED robot (2016)
Naïo Technologies - IFV

Exemple de la Protection phytosanitaire / Pulvérisation

***Prochaine Génération :
Couplage virtuel de plateformes de chaque coté du rang***



Projet Adap2E
Irstea – Octobre 2016
Journée RMT AgroETICA

[Adap2E.wmv](#)



Robotique & Agriculture : Structuration en trois niveaux (de complexité)

Cas des productions végétales :

- **Niveau I / Absence de contact physique**
exemple : Suivi des cultures – Inspection / recueil data
- **Niveau II/ Avec contact physique et pas d'actions de préhension**
- (désherbage mécanique), rognage, éclaircissage de fleurs...
- **Niveau III/ Avec contact physique et actions de préhension**
- cueillette de fruits, taille, (trans)plantation....

Exemple du suivi des cultures

stade maturité « Preuve de Concept »



VINBOT
Robotnik - 2016 - (S)

Source :

https://www.youtube.com/watch?v=B0W_8BWEwAk

INESTEC agricultural robots...



AGROB V14, V16
INSESC Tec – 2016 – (P)

<https://www.youtube.com/watch?v=-hnesOBbQSY>

[ViINBOT.wmv](#)

[AGROB.wmv](#)

[VINEROBOT.wmv](#)



VINEROBOT – FP7
2016 – (S)

<https://www.youtube.com/watch?v=R9KSQLhgZTbg&feature=youtu.be>



Robotique & Agriculture : Structuration en trois niveaux (de complexité)

- Niveau I / Absence de contact physique :
 - Opérations de suivis des cultures, transports, pulvérisation...
- **Niveau II/ Avec contact physique et pas d'actions de préhension**
- Niveau III/ Avec contact physique et actions de préhension
 - cueillette de fruits, taille, (trans)plantation....



Exemple des opérations d'entretien / travail du sol

stade maturité « Adopteurs précoces » (Early Commercial Sales)



**Anatis
Carre – 2016 – (F)**



**PUMAGRI
SITIA – 2017 – (F)**

source: https://www.youtube.com/watch?v=f_sDzoDUCec



Exemple des opérations d'entretien / tonte

stade maturité « Adopteurs précoces » (Early Commercial Sales)



VITIROVER
2016 – (F)

Source: <https://www.youtube.com/watch?v=TiqC3-SUegM>

[Vitirover.wmv](#)



Exemple des opérations d'entretien / tonte

stade maturité « Adopteurs précoces » (Early Commercial Sales)



GreenBot PrecisionMakers – (NL)

“A versatile machine with a lifting device that can lift up to 750 kg. The Cat II lifting device at the rear can lift up to 1,500 kg. Greenbot is available in two widths: 1.3 metres or 1.8 metres. The ground clearance is 35 centimetres”,

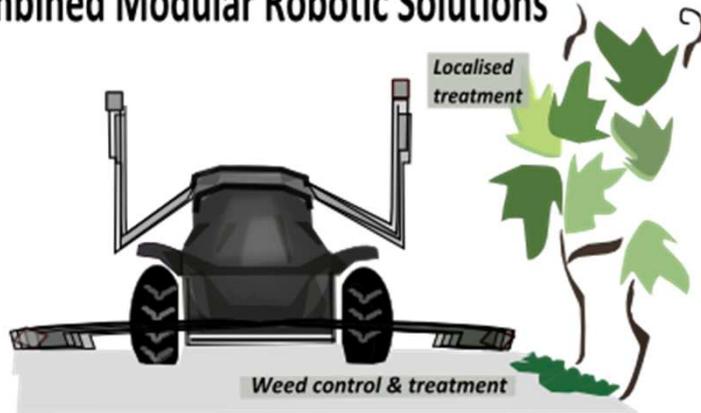
[GreenBot.wmv](#)

source: <https://www.youtube.com/watch?v=Xano8YE4wYI&feature=youtu.be>

Solutions robotisées : Prochaines évolutions/adaptations

Possibilité augmentation performance par couplage de fonctions

Combined Modular Robotic Solutions



The ability to do simultaneously actions on the robotic platform gives the possibility **to compensate the low machine output** (due to low work width)

=> Economical aspect to consider

Solutions robotisées : Prochaines évolutions/adaptations

Possibilité augmentation performance par couplage de fonctions



RAUSSENDORF GmbH
Dresde Univ, Osnabruck Univ
(Allemagne)



Naïo Technologies
IFV + LAAS – 2016 - (F)

source : <http://linkis.com/www.youtube.com/BYpNO>

TED.wmv

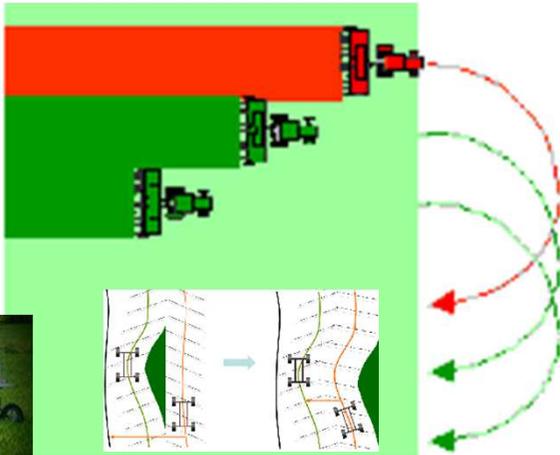
Solutions robotisées : Prochaines générations

27

Possibilité augmentation performance par coopération de robots

irstea

«3eme
voie»
(grandes
Cultures)



irstea



RHEA (2010-2014):
Robot Fleets Highly Effective Agriculture
and Forestry Management
(Spain)

[Convoi-Irstea.wmv](#)

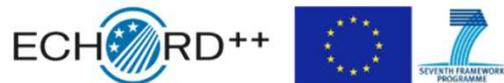
[RHEA.wmv](#)

Robotique agricole

Attention : la robotique ne commence pas dans le champ, mais dans la cour de la ferme !!



FENDT - Projet MARS
Mobile Agricultural Robot Swarms



(source ECHORD.eu & <http://www.fendt.com/int/11649.asp>)



(source
Farm
Industry
News)



Case IH Autonomous Concept Vehicle (400 HP)

Source CNH industrial - Farm Progress Show :
<https://www.youtube.com/watch?v=T70s5Okf3OQj>

**Annonces qui ont fait « le buzz » dans les médias /réseaux en 2016 :
Avant tout des travaux / résultats de R&D pour illustrer des concepts
(et observer les réactions)**

«en Conclusion»

Robotique agricole = des opportunités mais de nombreux challenges à relever

- **Perception et interprétation de scènes**
(Cartographie dynamique de l'environnement 360° et longue portée; Fusion capteurs, Modèles d'évolution de plateformes; Capacité décisionnelle haut niveau ...)
- **Supervision et Interactions Humain-Machine**
(Nouveaux outils pour permettre à l'opérateur humain d'appréhender à distance espace de travail)
- **Sécurité, Sûreté de fonctionnement et Intégrité**
(Obstacles de différentes natures, mais également Risques d'instabilité dynamique robot; Garantie de maintien dans l'espace d'évolution définie)
- **Conception d'architectures / Systèmes robotiques innovants**
(Nouvelles architectures des véhicules; Motricité; Motorisation...)
- **Manipulation et contrôle d'outils dédiés (dont bras manipulateurs)**
(Gérer en dynamique les interactions fines entre plateforme mobile et ses périphériques)
- **Coopération de robots**
(en essaim [100 à 1000], en grappe [10]; Coopération vecteurs terrestres / aériens...)
- **Intégration des robots comme objets connectés**
(Machines au sein du système de production global; Partage informations multi-échelle)



Plateforme RobAgri

Robotique pour l'Agriculture

Créer une synergie à l'échelle nationale de rassemblement d'acteurs existants (et nouveaux) de la filière technologique pour élaborer des solutions robotisées au service de l'agriculture dans une démarche d'innovation et de développement économique



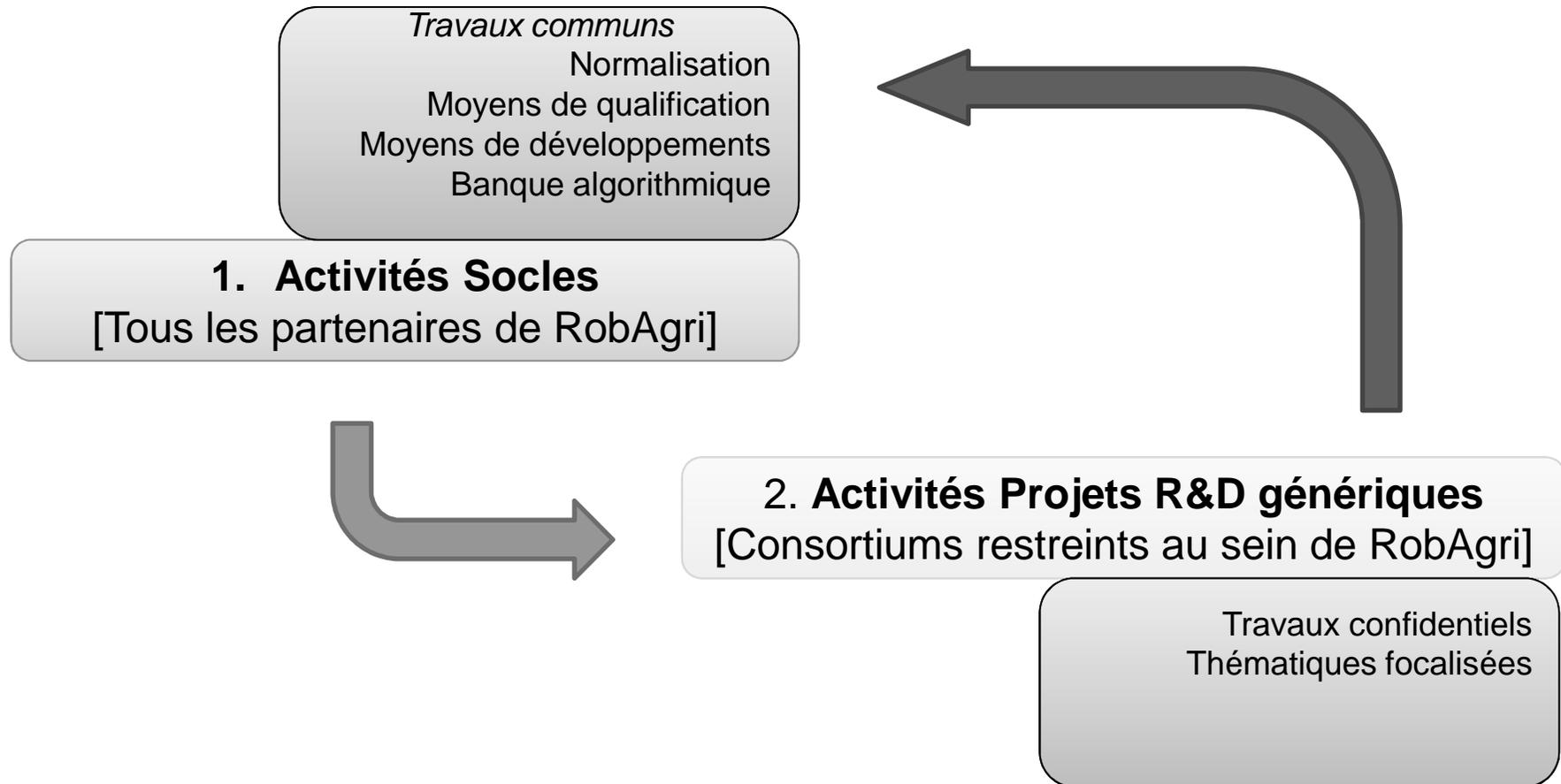


Acteurs Plateforme RobAgri **[Partenariats Privés - Publics (Start-ups, PME, PMI, Grand Groupes)]**

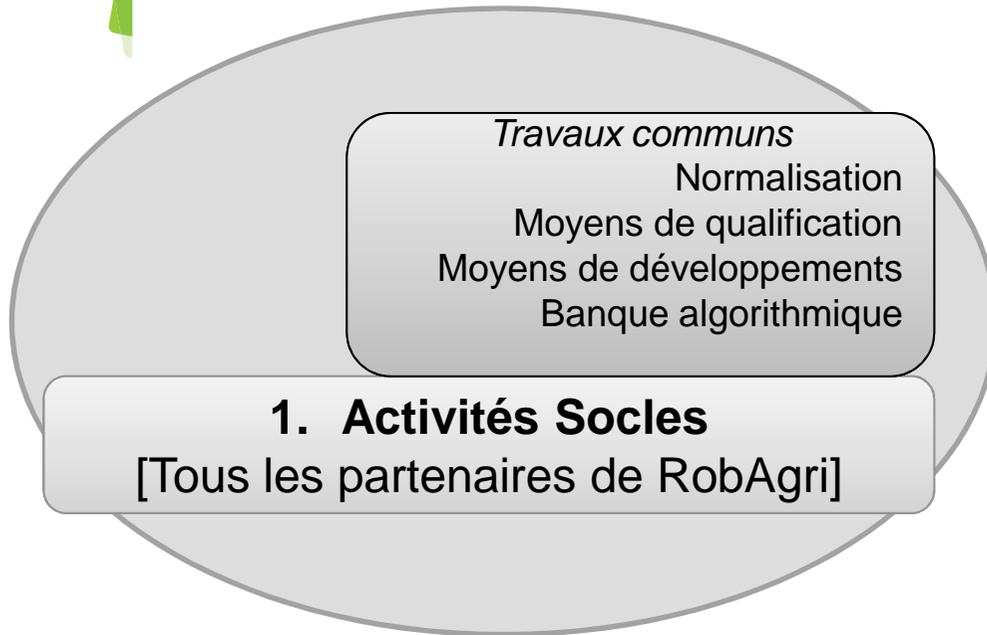
- **Acteurs privés** (du secteur des Agroéquipements ou d'autres secteurs) **commercialisant déjà ou non des robots agricoles**
- **Acteurs privés** (équipementiers, intégrateurs) **offrant des solutions pour la robotique en terme de composants, sous-ensembles** (Hard et Soft)
- **Acteurs Publics** (laboratoires de Recherche) **et Représentants des acteurs socio- économiques** (Instituts Techniques, Pôles de Compétitivité,...)
 - 13/09 : Accord du CA d'Axema pour piloter un pré-projet
 - 14/11 : Constitution COmité EXécutif (2 représ. AXEMA, 2 représ. Irstea)
 - [15/11 – 2/12] : Prise de contacts avec les acteurs Publics/Privés potentiels
 - 12/12 : Réunion des acteurs dans les locaux d'AXEMA : Objectifs du projet et premiers grands principes
 - 19/01 : Ateliers de travail

RobAgri : Structuration pointée en 2 catégories d'activités

32



RobAgri - Partie 1 : Activités Socles



**Coordination de moyens
existants ou a créer
/ Mise en réseau**

Identification des points durs

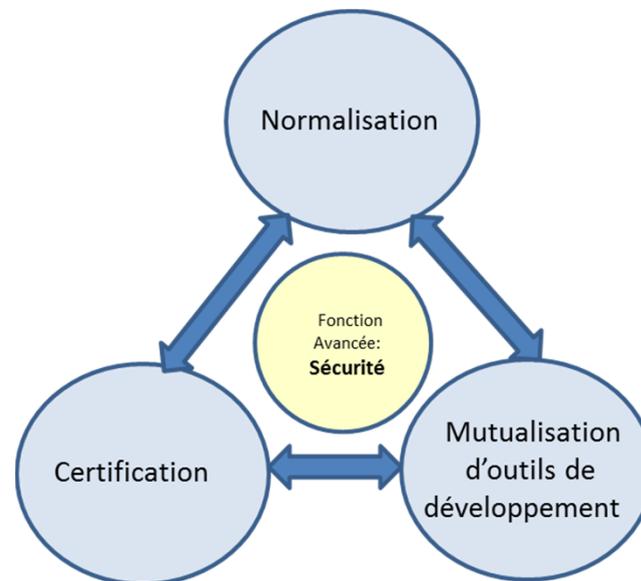
Outils communs de développement

Plateformes logicielle et matérielle

Qualification et Certification

Normalisation EN/ISO

Promotion - Dissémination



RobAgri – Partie 2 :

Activités Projets R&D Précompétitifs

34



Fonctions Robotiques Avancées (autre que Sécurité)

Perception et interprétation de scènes

Mobilité autonome des plateformes

Manipulation et contrôle d'outils dédiés

Supervision et interactions Humain-Machines

Coopération de robots

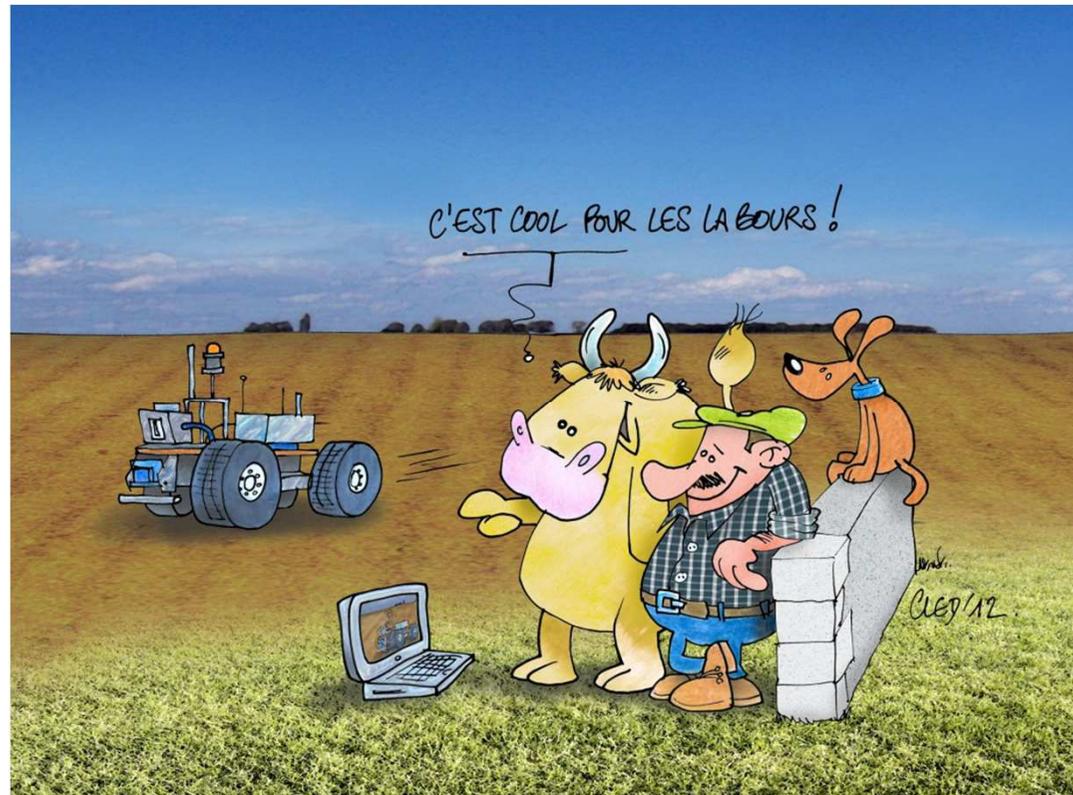
Conception de robots innovants (architecture)

Intégration de robots comme objets connectés

2. Activités Projets R&D génériques [Consortiums restreints au sein de RobAgri]

Travaux confidentiels
Thématiques focalisées

Merci



michel.berducat@irstea.fr

 @BerducatMichel

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

Remerciement équipe ROMEA – TSCF - Irstea