

ROBOTS EN GRANDES CULTURES

# DÉFIS D'AUJOURD'HUI et promesses pour demain



Le robot expérimental Ladybird avance en suivant les rangs. Aidé d'un logiciel spécifique à chaque culture, il inspecte les végétaux, analyse leur maturité et repère les hôtes indésirables.

**Les grandes cultures offrent un véritable débouché aux robots agricoles, en témoigne la multiplication des projets à travers le monde. Ces robots doivent posséder de nombreuses compétences, rester abordables et surtout être autonomes et sûrs - des défis en passe d'être relevés.**

La mécanisation agricole devient toujours plus nécessaire : en France, le nombre d'exploitations agricoles est en baisse de 3 % en moyenne par an depuis 1993, et la main-d'œuvre, notamment qualifiée, se raréfie. C'est pourquoi l'agriculture est un secteur où les technologies numériques, et plus particulièrement la robotique, suscitent un fort intérêt. S'y ajoutent l'évolution des pratiques agricoles (comme les cultures associées) et de nouvelles nécessités agronomiques telles que la réduction du

tassement des sols, l'interdiction des traitements phytosanitaires aériens et la prise en compte croissante des risques de tels traitements pour la santé humaine, qui encouragent l'emploi des robots. Quelles compétences attend-on d'eux ?

## Portrait d'un robot agricole

Selon leur degré de complexité et d'autonomie, les robots (agricoles ou non) peuvent être classés en trois grandes catégories. Les plus simples sont les systèmes dont les outils embarqués n'ont pas de contact physique direct avec l'environnement de travail. Ce sont, par exemple, les plateformes robotisées de surveillance des parcelles, dotés de capteurs de mesures sans contact (caméra hyperspectrale, lidar...), tel le robot australien Ladybird. Les plateformes d'assistance logistique pour le transport et le débardage, les robots d'épandage localisé d'engrais ou d'herbicides et les robots de pulvérisation en font aussi partie.

Les robots dont les outils entrent en contact avec l'environnement de travail mais sans préhension englobent les robots d'entretien mécanique des cultures (binage, désherbage mécanique,

éclaircissage de fleurs...) et les robots de tonte. La dernière catégorie de robots est capable d'effectuer des tâches complexes avec contacts physiques des outils embarqués et préhension d'objets (plantes, fruits). Ce sont typiquement les robots destinés à des opérations de récolte, de taille et de plantation ou transplantation - activités pour lesquelles il est de plus en plus difficile de trouver des opérateurs humains.

## Le champ, un environnement exigeant

Les robots agricoles commercialisés aujourd'hui sont surtout adaptés à des lieux clos, stables et structurés. 28 % des ventes de robots de service à usage professionnel ont ainsi été faites dans le secteur de l'élevage où, en 2013, 5100 robots de traite et 800 robots de nettoyage ou d'alimentation étaient commercialisés au niveau mondial.

Dans le domaine des grandes cultures, toutefois, l'environnement est le champ : un milieu ouvert, peu structuré et complexe, avec des terrains en pente, des surfaces irrégulières ou glissantes, et des cultures changeant d'aspect et de taille. Le robot destiné à y travailler doit donc être pourvu d'une intelligence non encore atteinte à ce jour. Il doit reconnaître son environnement sur un grand rayon ; ceci nécessite des capacités de cartographie dynamique (la construction et la réactualisation de modèles numériques du terrain où il évolue) et des instruments de détection des obstacles et du relief. Il doit aussi conserver sa stabilité, par exemple par des dispositifs actifs anti-renversements. Une intelligence logicielle embarquée

## Un robot autonome mais sûr

Un projet de norme NF est en cours d'élaboration pour les opérations des machines dont les fonctions sont commandées par un « système de commande sans intervention humaine directe ». Il vise notamment à caractériser les zones d'accès à la machine. Un champ complètement ouvert peut être assimilé à une zone de travail de catégorie 4 dont l'accès n'est ni contrôlé, ni surveillé. En zone de travail, « le système de détection [de la machine] doit pouvoir identifier les obstacles dans la zone dangereuse. » De nombreuses exigences de sécurité sont déjà incluses dans les prototypes de robots au champ. Ainsi le système embarqué du tracteur autonome Case optimise ses trajets selon le terrain, les obstacles et les autres machines travaillant sur le même champ. En cas d'obstacle repéré par ses détecteurs ou de panne de son GPS, le tracteur stoppe jusqu'à nouvelle autorisation de l'opérateur.

l'aide à prendre des décisions, comme réévaluer et adapter sa mission suite à la détection d'un obstacle. Un système de communication lui permet de partager ses données, de signaler à tout moment sa position, de recevoir de nouvelles missions ou d'être mis hors service.

Par-dessus tout, ses agissements sont subordonnés à des exigences élevées de sécurité (encadré). L'exploitation agricole qui l'accueille doit intégrer des systèmes de protection vis-à-vis de tous les risques potentiels, ce qui peut s'avérer contraignant. Il est donc nécessaire que l'agriculteur intègre son ou ses robots dans un système décisionnel global de planification et d'exécution des tâches agronomiques.



Un minirobot peut se faufiler entre des rangs de maïs pour biner, appliquer des engrais azotés au pied des plantes ou semer un couvert en inter-rang.

## SOLUTIONS ROBOTISÉES : les défis à relever ne sont pas seulement technologiques

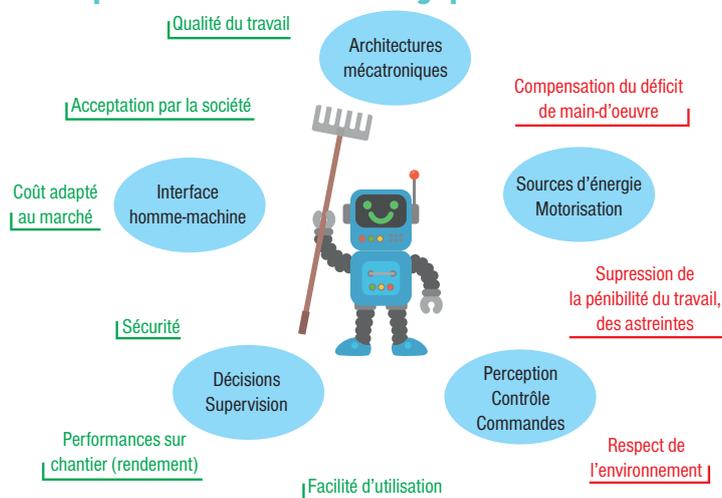


Illustration : © Freepik & nightcharges

Figure 1 : La mise au point d'un robot travaillant en plein champ intègre des éléments de contexte (en rouge), doit répondre à certains critères (en vert), requiert des avancées techniques (en bleu) et des adaptations sociétales.

## Une taille amenée à diminuer

Aujourd'hui, les seuls robots commercialisés adaptés aux grandes cultures sont des sortes de plateformes autoguidées sans conducteur, qui peuvent évoluer dans des espaces ouverts mais plats et structurés. De taille comparable à un petit tracteur, elles suivent des trajectoires en se repérant grâce à un GPS, à la télémétrie laser et à des capteurs optiques.

De nombreux prototypes sont à l'essai partout dans le monde, et notamment en France, avec le robot-bineur ANATIS pour cultures maraîchères. Quelques-uns sont commercialisés à quelques unités comme le robot de désherbage français Oz, de Naïo Technologies. Beaucoup sont des minirobots, d'une taille proche d'une tondeuse ou d'un aspirateur.

Du fait de leur taille réduite, les robots bineurs avancent à 1 m/s environ et traitent au mieux 0,2 ha/h alors qu'un tracteur, qui peut avancer à 3 m/s avec une bineuse de 12 m de large, conduit à un rendement de chantier de 13 ha/h. Une telle comparaison n'est toutefois défavorable qu'en apparence. Les robots agricoles pour grandes cultures ont vocation, à terme, à être multitâches (reprogrammables) et adaptables à tous les terrains. Mais surtout, ils seront amenés à travailler de façon collaborative, en grappe (une dizaine de robots au plus) ou en essaim (plusieurs dizaines d'unités).

À court terme sont envisagées des coopérations de machines de taille moyenne, partiellement ou totalement autonomes, au rendement compatible avec la compétition mondiale. Moins lourds que les tracteurs actuels, ces robots agricoles limiteraient la compaction des sols. En outre, cette échelle permet de repenser l'architecture des véhicules (transmission, motorisation électrique ou hybride...) et bénéficiera plus facilement

## Qui est responsable des actes d'un robot ?

« Son GPS étant tombé en panne, un robot-désherbeur quitte sa parcelle et ravage le champ de maïs de l'agriculteur voisin. Ce dernier attaque le fabricant du GPS. » Cette fausse brève n'est pas anecdotique : aujourd'hui la responsabilité des actes d'un robot n'est pas clairement établie.

Sur le plan réglementaire, seule la directive européenne Machines, revue en 2006, peut servir de première référence ; elle rend le constructeur d'une machine responsable de la sécurité.

Toutefois aucune machine n'atteint l'autonomie et la complexité d'un robot agricole travaillant en plein champ, dans un environnement ouvert et changeant. Il est donc urgent de s'emparer de ces questions de garantie de sécurité. En tout cas, le fabricant du GPS ne peut être tenu pour responsable ; le constructeur du robot doit avoir prévu cette défaillance et installé une sécurité adaptée.

des retombées de l'automobile autonome. En revanche, ils exigent la présence d'un opérateur surveillant plusieurs machines travaillant en groupe.

Les dix prochaines années pourraient aussi voir se développer des grappes de minirobots, partiellement ou totalement autonomes. Travaillant à l'échelle d'une plante, ils pourront récolter des graines ou des fruits et appliquer des traitements phytosanitaires locaux. Ils seront particulièrement utiles en agroécologie, notamment pour conduire les cultures associées.

Pour que la mise en œuvre de ces projets soit rapide, il faut optimiser les systèmes robotiques pour l'environnement de production. Une solution est de co-concevoir le robot et l'agrosystème associé : les champs et l'exploitation seront adaptés à l'activité de robots optimisés pour la réalisation des tâches agricoles définies.

Tout ceci nécessite la création ou l'évolution de métiers complémentaires, à l'instar de ce qui se produit aujourd'hui pour mettre au point la voiture autonome, ainsi qu'une plus grande coopération entre les différents secteurs qui se sont lancés dans la robotique (espace, automobile, manufacture, nettoyage). Les outils de simulation auront également un rôle essentiel à jouer pour accélérer les développements.

(1) Voir Perspectives Agricoles n° 420, mars 2015, p. 56

Paloma Cabeza-Orcel - p.cabeza@arvalisinstitutduvegetal.fr  
Perspectives Agricoles  
Avec la participation de Michel Berducac  
IRSTEA Clermont-Ferrand

Le tracteur prototype de Case IH est télésurveillé via une interface interactive qui gère des activités pré-programmées (labour, semis, pulvérisation, récolte).

