



**HAL**  
open science

## Le bon mouvement au bon moment

Viviane Cadenat, Simon Lacroix

► **To cite this version:**

Viviane Cadenat, Simon Lacroix. Le bon mouvement au bon moment. Le petit illustré, regards croisés de chercheur.es, 2020, pp.20-23. hal-03458880

**HAL Id: hal-03458880**

**<https://laas.hal.science/hal-03458880>**

Submitted on 30 Nov 2021

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

# Le bon mouvement au bon moment

Viviane Cadenat et Simon Lacroix

LAAS/CNRS

Université de Toulouse, CNRS, Toulouse, France

**Commander un robot de manière à ce qu'il puisse réaliser de manière autonome une tâche complexe dans un environnement peu connu et mouvant, en toute sécurité et effectuer le « bon mouvement » au « bon moment ».**

Moteur ! Action ! Qui n'a jamais entendu ces paroles dans la bouche d'un réalisateur de film, signifiant par là-même aux acteurs et aux techniciens le début du tournage. Moteur et action : deux mots inséparables au cinéma. Deux mots inséparables en robotique. Car un robot n'est pas qu'un simple ordinateur capable de raisonner : son rôle est d'agir dans son environnement, de s'y déplacer. Mais il n'est pas non plus qu'une machine restreinte à faire éternellement les mêmes mouvements répétitifs comme l'étaient les premiers bras manipulateurs industriels : il doit agir en étant capable de *s'adapter* à son environnement. Les actions considérées dépendent des tâches à exécuter, et sont de plus en plus complexes. D'abord limitées à des déplacements de bras manipulateurs vers des positions précises pour faire un point de soudure, les actions des robots modernes intègrent la manipulation des objets et des capacités de navigation dans des environnements très évolutifs et peu maîtrisables. Ainsi, des robots se déplacent dans des musées ou des aéroports pour guider les visiteurs ou les voyageurs, dans des entrepôts pour transporter des marchandises, dans des champs agricoles pour désherber ou récolter, etc. Nous imaginons presque un robot chez nous en train de faire le ménage ou apporter un plateau repas alors que nous sommes confortablement installés dans notre canapé. Mais cela, c'est pour un peu plus tard...

L'action est donc une composante essentielle d'un robot. Mais au fait qu'est-ce qu'une action en robotique ? Il s'agit d'un *mouvement* à réaliser pour exécuter une tâche, de déplacement, de saisie ou de manipulation d'un objet. Mais bien sûr, pour être correctement réalisé, un mouvement doit être *contrôlé*. Imaginons un funambule qui doit traverser un ravin en marchant sur un fil. Il va s'engager avec précaution, un pas après l'autre en gardant les bras écartés et le regard braqué sur l'objectif à atteindre (l'autre extrémité du fil) pour conserver l'équilibre. Si l'on analyse son déplacement, on se rend compte qu'à chaque instant il contrôle les mouvements de son corps à partir de ce qu'il voit (son regard reste focalisé sur l'objectif à atteindre) et de ce qu'il perçoit (sensation d'équilibre ou de déséquilibre). Ainsi, en est-il de tous nos gestes, sportifs ou non sportifs : ils sont contrôlés à partir de ce que nous percevons avec nos différents sens (vue, toucher, etc.). Il en est de même pour un robot. Celui-ci, comme notre funambule, est muni de différents capteurs qui le renseignent sur son équilibre, sa position et son environnement. Ces informations sont ensuite envoyées à un système de commande embarqué qui va les traiter pour adapter automatiquement à chaque instant le comportement du robot en fonction de ce qui est perçu et ainsi réaliser le mouvement au mieux. Ce processus d'adaptation continue des mouvements du robot sur la base de ce qu'il perçoit constitue ce qu'on appelle une « boucle de contrôle » : on dit alors que les mouvements du robot sont asservis.

De nombreux schémas d'asservissement sont possibles, selon les capteurs qui sont utilisés, et selon la manière dont les mouvements sont réalisés. Ainsi, on peut distinguer deux grandes familles de capteurs pour un robot : les capteurs proprioceptifs, qui le renseignent sur son état interne (vitesse de déplacement, forces qui se répartissent sur les différentes articulations d'un bras), et les capteurs extéroceptifs, qui le renseignent sur son environnement (distance à un obstacle, présence et position d'un objet à saisir). Les deux schémas d'asservissement qui illustrent cette page sont très différents : le robot qui évolue dans les rangées de vignes exploite une caméra, un capteur extéroceptif, et contrôle ses déplacements en vitesse, tandis que les deux robots planétaires exploitent des capteurs qui

mesurent des efforts appliqués sur l'objet à manipuler et dans les articulations des bras, et contrôlent les déplacements de leurs bras en appliquant des efforts. Le funambule (qui est lui très sophistiqué et performant !) intègre à la fois des informations visuelles et des efforts perçus, et contrôle les mouvements de ses membres à la fois en vitesse et en effort.

### Asservissement visuel d'un robot mobile agricole

L'agriculture du XXI<sup>e</sup> siècle doit faire face à trois défis majeurs : la demande croissante en nourriture et bio-carburant à cause de l'augmentation de la population mondiale, le manque de main d'œuvre du fait des salaires trop bas et de la pénibilité du travail, et enfin le besoin de réduire toute forme de pollution – et notamment de traitements chimiques. La robotique et l'intelligence artificielle peuvent offrir des solutions pour répondre à ces enjeux sociétaux et environnementaux. Nos travaux au LAAS s'inscrivent dans cette perspective. L'objectif est de donner au robot les capacités d'évoluer de manière autonome dans différents types d'environnements agricoles. Les défis sont nombreux car l'environnement est très variable : changement d'aspect selon les saisons ou les opérations effectuées, terrain inégal, plantations irrégulières ne sont que quelques-uns des paramètres auxquels le robot doit s'adapter automatiquement pour pouvoir réaliser seul ses déplacements. Les deux figures illustrent le contrôle à l'aide de la vision de la plateforme AirCobot du LAAS dans une vigne près de Toulouse. Le système de commande automatique utilise les informations renvoyées par la caméra embarquée pour que la plateforme suive la rangée en cours ou effectue un demi-tour en bout de rangée. L'utilisation des données visuelles permet de réaliser la tâche avec une grande précision, en maintenant les déplacements du robot au centre de la rangée, et ce même si elle n'est pas parfaitement droite.



Figure 1 : le robot au début de la rangée de vigne (© LAAS/CNRS)



Figure 2 : Vue de la rangée par la caméra du robot, avec les différents pieds de vigne détectés (© LAAS/CNRS)

## Asservissement en force pour la manipulation d'un objet par deux robots planétaires

L'exploration de notre système solaire est maintenant principalement réalisée par des robots. Ici, la figure illustre le déploiement d'une infrastructure par deux robots sur la lune (par exemple, pour assembler un télescope – il s'agit d'une vue d'artiste, de tels robots n'existent pas encore). Pour manipuler et transporter certains objets grands et lourds, les deux robots doivent coordonner leurs déplacements et les mouvements de leurs bras afin de déplacer l'objet selon une trajectoire voulue. C'est principalement par l'intermédiaire des efforts perçus par chacun des robots que s'opère cette coordination : ainsi, si un des robots tire un peu trop fort sur l'objet, par exemple parce qu'il s'éloigne un peu de la trajectoire prévue, alors l'autre robot devra adapter ses mouvements, en « donnant du mou », afin que les forces appliquées sur l'objet ne soient pas trop grandes, et ne risquent pas d'endommager l'objet transporté ou même les bras des robots. Il s'agit ici d'un schéma d'asservissement assez complexe qui permet aux deux robots de coordonner en temps réel leurs déplacements.

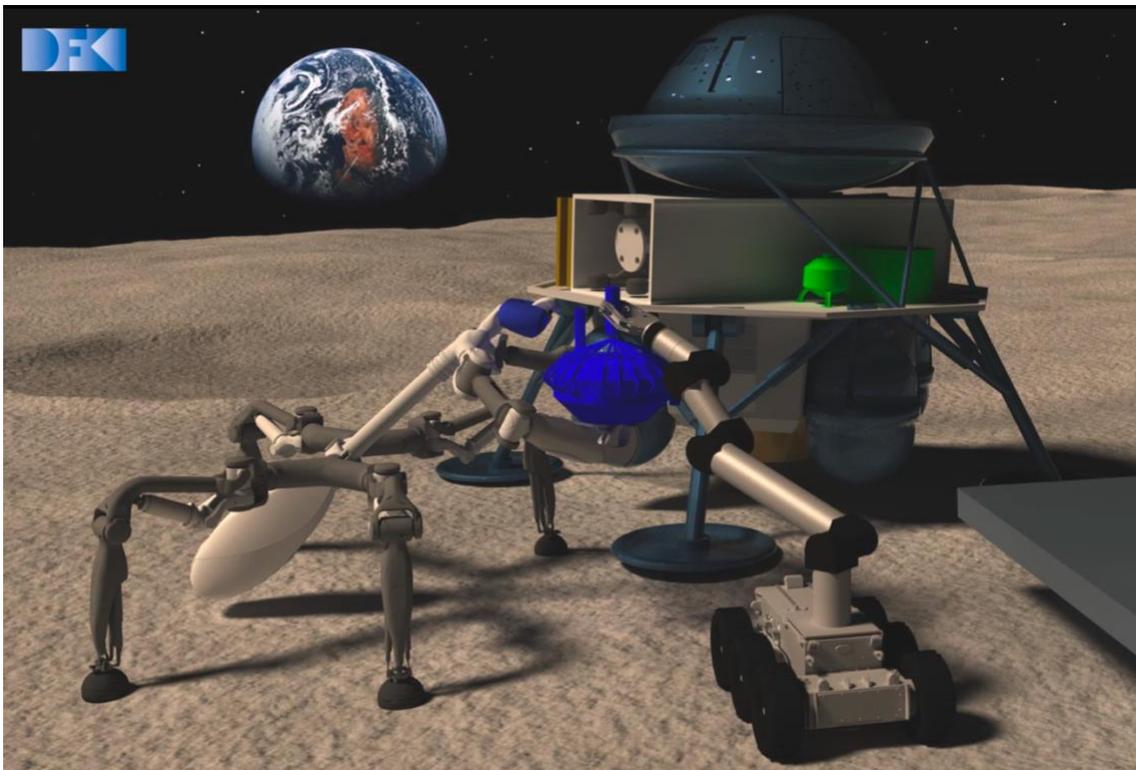


Figure 3 : Deux robots lunaires se coordonnent pour décharger un objet lourd. Ils doivent se répartir les efforts entre eux, grâce à une technique d'asservissement en force (© DFKI GmbH, Meltem Fischer)

## En quoi votre travail s'inscrit-il dans la thématique de l'IA ? Réponse de Viviane Cadenat

Mon travail s'inscrit dans le domaine de la robotique. L'objectif de mes recherches est de commander un robot de manière à ce qu'il puisse réaliser de manière autonome une tâche complexe dans un environnement peu connu en toute sécurité. Cet environnement est susceptible d'être fortement changeant : présence éventuelle d'obstacles, présence potentielle de l'homme, aspect variable (cf. encart sur la robotique agricole par exemple), etc. Il s'agit donc de donner au robot la capacité de s'adapter et de réagir efficacement devant des événements imprévus afin d'effectuer le « bon mouvement » au « bon moment » pour réaliser la tâche désirée.