



**HAL**  
open science

## Proposition d'un agenda de recherche interdisciplinaire sur les innovations dans les véhicules autonomes en logistique

Christelle Camman, Selma-Afakh Khader, Laurent Livolsi, David Duché,  
Thomas Kronland-Martinet, Julien Serres, Stéphane Viollet

### ► To cite this version:

Christelle Camman, Selma-Afakh Khader, Laurent Livolsi, David Duché, Thomas Kronland-Martinet, et al.. Proposition d'un agenda de recherche interdisciplinaire sur les innovations dans les véhicules autonomes en logistique. Congrès National de la Recherche des IUT, IUT de La Réunion; Université de La Réunion, Jun 2023, Saint-Pierre (La Réunion), France. hal-04122653

**HAL Id: hal-04122653**

**<https://hal.science/hal-04122653v1>**

Submitted on 8 Jun 2023

**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.

---

# Proposition d'un agenda de recherche interdisciplinaire sur les innovations dans les véhicules autonomes en logistique

---

Christelle Camman<sup>1,2</sup> Selma Khader<sup>1,2</sup> Laurent Livolsi<sup>1,2</sup>  
David Duché<sup>1,3</sup> Marcel Pasquinelli<sup>1,3</sup>,  
Thomas Kronland-Martinet<sup>3,4</sup>, Julien Serres<sup>4,5</sup>, Stéphane Viollet<sup>4</sup>

[Christelle.ledi@univ-amu.fr](mailto:Christelle.ledi@univ-amu.fr) [selma.khader@univ-amu.fr](mailto:selma.khader@univ-amu.fr) [laurent.livolsi@univ-amu.fr](mailto:laurent.livolsi@univ-amu.fr)  
[david.duche@univ-amu.fr](mailto:david.duche@univ-amu.fr) [marcel.pasquinelli@univ-amu.fr](mailto:marcel.pasquinelli@univ-amu.fr)  
[thomas.kronland-martinet@univ-amu.fr](mailto:thomas.kronland-martinet@univ-amu.fr) [julien.serres@univ-amu.fr](mailto:julien.serres@univ-amu.fr) [stephane.viollet@univ-amu.fr](mailto:stephane.viollet@univ-amu.fr)

<sup>1</sup> IUT, Aix-Marseille Université

<sup>2</sup> Aix Marseille Univ, CRET-LOG, Aix-en-Provence, France  
Centre de recherche sur le transport et la logistique, UR 881

<sup>3</sup> Aix Marseille Univ, CNRS, IM2NP, Marseille, France  
Institut Matériaux Microélectronique Nanosciences de Provence, UMR 7334

<sup>4</sup> Aix Marseille Univ, CNRS, ISM, Marseille, France  
Institut des Sciences du Mouvement – Etienne-Jules Marey, UMR 7287

<sup>5</sup> Institut Universitaire de France (IUF), Paris, France

**Thèmes** – *Gestion - Robotique - Électronique*

**Résumé** – Nous développons un système de géolocalisation bioinspiré adapté pour la navigation de véhicules autonomes évoluant en environnement intérieur ou mixte intérieur/extérieur tels que les magasins connectés. La technologie proposée s'inspire de la vision de la fourmi du désert *Cataglyphis* qui utilise la lumière polarisée du ciel pour trouver le chemin le plus court vers son nid. Dans une démarche d'intégration dès l'amont (prouesse disruptive ou *deep tech* en anglais), nous avons mis en place un programme de recherche pluridisciplinaire faisant intervenir des chercheurs en science fondamentale, spécialistes en neuroéthologie, en optoélectronique et en robotique, et des chercheurs en sciences humaines intéressés par les usages des innovations et leur impact sur les organisations logistiques. Le premier enjeu de ce projet est d'évaluer le potentiel de cette innovation pour le développement de véhicules autonomes et de drones de livraison mais également de regrouper les acteurs travaillant sur leur développement ou les utilisant en tant que prestataires de services logistiques. Enfin, le dernier enjeu de ce projet boussole/magasin connecté est d'utiliser des bâtiments universitaires comme lieux d'expérimentation en déployant des véhicules autonomes équipés de ce système de géolocalisation vecteur à la fois d'innovation mais aussi de souveraineté nationale.

**Mots-Clés** – *Logistique, véhicule autonome, géolocalisation sans GPS, systèmes optiques, lumière polarisée, boussole optique.*

## 1 Introduction

Le transport et la logistique font face à des défis qui relèvent aussi bien de la transition énergétique, de la numérisation des activités et, bien entendu, des enjeux sociaux avec 1 emploi sur 10 aujourd'hui en France. Depuis la crise sanitaire et la guerre en Ukraine, ces défis s'inscrivent simultanément dans un objectif de continuité des activités et d'efficacité pour maîtriser les coûts alors que l'inflation est élevée. L'enjeu de souveraineté est même évoqué en lien avec ces questions.

Innovation est central pour faire face à ces défis. Les innovations sont organisationnelles et technologiques, et leur combinaison est source de performance. Les innovations technologiques appellent de nouveaux usages et contribuent ainsi à faire évoluer les organisations. L'objectif, pour les pouvoirs publics, est alors de faire émerger un écosystème contribuant à l'amélioration de la compétitivité des entreprises utilisatrices de ces technologies et à l'émergence d'un marché pour celles qui innoveront et les produisent.

Pendant, le temps et l'importance des budgets nécessaires segmentent les rôles et contribuent, si ce n'est à la non-transformation d'une invention en innovation, à un manque d'alignement entre innovation et usages. Cette question est au cœur du présent programme de recherche dont l'agenda est ici présenté. Dans le cadre de l'essor des véhicules autonomes de fret, nous postulons qu'une démarche interdisciplinaire depuis le départ doit améliorer l'appropriation par les acteurs et ainsi la diffusion des innovations réalisées. Deux parties structurent cette communication. Dans une première, nous présentons la doctrine du cadre institutionnel de financement des innovations et les écueils associés. Dans la seconde, nous expliquons le contexte de ce projet et l'agenda de recherche associé.

## 2 La doctrine du cadre institutionnel de financement des innovations

### 2.1 L'innovation, une démarche multi-acteurs

L'Etat, au travers des institutions ou programmes qu'il met en place (pôles de compétitivité, PIA...), souhaite jouer un rôle de facilitateur ou d'accélérateur dans l'émergence et la diffusion d'innovations. C'est la doctrine de la triple hélice initiée par Etzkowitz et Leydesdorff [1] qui considèrent trois phases. Dans la première, entreprises et recherche publique échangent sous l'égide de l'Etat, avec une distinction entre recherche fondamentale puis appliquée. Dans la deuxième, les interactions deux à deux entre chacun des acteurs (Etat, entreprises et recherche publique) sont prises en compte. Dans la troisième, les rôles de chacun finissent par se confondre (centres de recherche privés, universités

entrepreneuses, Etat stratégique qui oriente et favorise les changements institutionnels...) au bénéfice d'une production de connaissances accélérée.

Le caractère « positif » des acteurs impliqués dans les processus d'innovation fait l'objet de critiques dans l'approche de la triple hélice. Il n'est question que d'acteurs souhaitant collaborer et n'ayant pas de comportement opportuniste alors que le financement de leurs recherches est en jeu et que les fonds publics se restreignent. Cela est d'autant plus perceptible que les processus sont segmentés dans la durée.

### 2.2 La segmentation temporelle des projets

L'échelle TRL (*Technology Readiness Level*), développée à la fin des années 1980 par la NASA, sert aujourd'hui de référence pour qualifier la maturité des projets d'innovation et les risques associés. Elle regroupe neuf niveaux: la recherche fondamentale ou *deep tech* pour les trois premiers (définition du principe de base, du concept technologique et 1ère preuve de concept), la recherche appliquée pour les deux suivants (réalisation d'un modèle fonctionnel puis représentatif), le développement expérimental avec trois niveaux (la démonstration de la performance du modèle, du 1er produit réalisé puis de son industrialisation) et enfin l'industrialisation (déploiement sur le marché). L'échelle TRL est aujourd'hui souvent utilisée par l'Etat pour financer les innovations et manager les écosystèmes liés.

Dans ce cadre, la question n'est pas tant de savoir si tel ou tel type de recherche bénéficie de plus d'aides publiques mais d'appréhender les logiques de passage d'un niveau à un autre. La quête de financements nouveaux tout comme la recherche de légitimité au moment de l'industrialisation engendrent des stratégies politiques, qualifiées de « hors marché », qui s'appuient sur un travail institutionnel destiné à orienter les décisions. Les modalités peuvent relever d'actions sur l'opinion publique prônant l'intérêt général de telle ou telle innovation dans la perspective de l'élargissement de la triple hélice à une quadruple ou quintuple hélice et/ou d'un travail institutionnel destiné à réglementer pour « forcer » les changements d'usages et l'appropriation contrainte des innovations.

Face à ces possibles écueils politiques liés au cadre institutionnel du financement des innovations, une approche intégrée et multidisciplinaire pourrait être synonyme d'une meilleure efficacité dans la quête des objectifs évoqués en introduction.

## 3 Les véhicules autonomes en logistique au cœur de multiples enjeux

### 3.1 Véhicules autonomes et drones

Parmi les innovations permettant de surmonter les défis

du secteur du transport et de la logistique, les véhicules autonomes et les drones occupent une place importante et participent de cette logistique 4.0. Ils apparaissent comme des solutions face aux problèmes de pénibilité et/ou de pénurie de main d'œuvre, sont synonymes de réduction des coûts et permettent d'envisager une transition énergétique accélérée. Leur usage peut s'envisager aussi bien au sein des entrepôts que dans le cadre des livraisons du dernier kilomètre ou de la logistique urbaine avec des effets, dans les deux derniers cas, sur le trafic. Compte tenu des anticipations de marché, ils revêtent également un enjeu industriel majeur pour les pays qui feront émerger des acteurs compétitifs dans le domaine.

Malgré les multiples communications, véhicules autonomes et drones restent encore essentiellement au stade de la recherche appliquée ou du développement expérimental pour reprendre l'échelle TRL. Il faut dire que les questions de recherches demeurent nombreuses (et même liées encore à la *deep tech*) que l'on soit dans des zones fermées soumises à la directive machines (directive 2006/42/CE) ou, a fortiori, sur des voies ouvertes à la circulation publique. Dans ce projet, nous développons de nouvelles modalités de localisation bio-inspirée pour apporter une solution supplémentaire de localisation aux robots mobiles autonomes en environnements complexes ou dépourvus de GPS. Le guidage au moyen d'un GPS nécessite d'avoir accès à des balises émettrices satellitaires, tout autant que le guidage au moyen d'antennes terrestres (réseaux RTK, 4G, ou 5G), tous étant sensibles à la configuration environnementale, au nombre d'antennes ou de satellites visibles, mais aussi aux conditions météo. Le projet s'inspire du système optique de localisation des insectes navigateurs, qui repose sur des techniques de positionnement peu connues. Ces insectes sont capables de naviguer avec précision malgré un système visuel parcimonieux et des ressources calculatoires frugales grâce à l'exploitation de la lumière polarisée naturellement diffusée par le ciel. La technologie de boussoles optiques proposée se situe à un niveau de TRL entre 3 et 4 [2]. Le but du présent projet est d'évaluer son potentiel pour une utilisation en environnement intérieur ou mixte intérieur/extérieur dans un magasin connecté et en exploitant des sources lumineuses polarisées disposées dans le magasin. Dans une seconde étape nous proposons de développer des systèmes mixtes fonctionnant à la fois en lumière artificielle et en lumière naturelle pour équiper des droïdes pouvant livrer/transporter certains produits ou des droïdes caddys pour aider les clients.

Les innovations dans ce domaine ont donc toutes les caractéristiques évoquées dans la première partie, et en subissent donc les mêmes risques. Elles mobilisent d'abord tous les acteurs de la quintuple hélice (entreprises – productrices et utilisatrices, centres de recherche, État et

collectivités territoriales, société civile et environnement) et posent les questions de leurs intérêts respectifs. Elles supposent aussi un travail institutionnel permanent pour convaincre de leur légitimité et envisager les passages d'une phase à l'autre.

### 3.2 Un agenda de recherche multi acteurs

Dans la perspective évoquée d'une intégration dès l'amont (*deep tech*), ce programme envisage de regrouper des acteurs très différents qui, souvent, interviennent à des stades différents de l'échelle TRL. Côté recherche, l'équipe est constituée aussi bien de chercheurs en sciences spécialisés sur des questions de recherche fondamentale liées aux véhicules autonomes et aux drones, que sur des chercheurs en sciences humaines intéressés par les usages de ces innovations et leur impact sur les organisations logistiques. Côté entreprises, la volonté est de regrouper des acteurs travaillant sur le développement de ces véhicules autonomes et ces drones mais aussi ceux qui pourraient les utiliser comme les prestataires de services logistiques. Notre projet boussole/magasin connecté s'inscrit également dans le cadre de la stratégie nationale sur les véhicules autonomes et la volonté est de renforcer la contribution de notre équipe pluridisciplinaire à cette politique publique.

L'autre enjeu de ce projet est d'utiliser des bâtiments universitaires comme lieux d'expérimentations et d'usages de ces innovations. Le premier est un magasin connecté<sup>1</sup> développé au sein du campus marseillais de l'IUT et permettra d'envisager un certain nombre d'innovations technologiques afférentes. Le deuxième est à l'état de projet encore mais consiste en un entrepôt-école connecté qui lui-aussi permettra d'envisager des expérimentations.

## 4 Conclusion

Cette communication a pour ambition de présenter un programme de recherche qui a la particularité de vouloir intégrer un consortium d'acteurs traditionnellement mobilisés à des stades différents dans les projets d'innovation concernant les véhicules autonomes et les drones en logistique.

## Références

[1] Henry Etzkowitz, Loet Leydesdorff, *The Triple Helix - University-Industry-Government Relations: A Laboratory for Knowledge Based Economic Development*, EASST Review, Vol. 14, No. 1, pp. 14-19, 1995

[2] Dupeyroux, J., Serres, J. R., Viollet, S. (2019). AntBot: A six-legged walking robot able to home like desert ants in outdoor environments. *Science Robotics*, 4(27), eaau0307.

<sup>1</sup> <https://iut.univ-amu.fr/fr/actualites/inauguration-magasin-40>