

# Stratégies d'Intelligence Collective pour des Véhicules Industriels Autonomes Efficaces

## De la simulation vers des expérimentations réelles

### Parties prenantes



**IMT Atlantique**  
Bretagne-Pays de la Loire  
École Mines-Télécom



**ECAM**  
GRADUATE SCHOOL OF ENGINEERING  
Léon de Launay  
Rennes



### Auteurs

Juliette Grosset

Jean-Marie Bonnin  
Alain-Jérôme Fougères  
Moïse Djoko-Kouam

### Partenaires



Région  
**BRETAGNE**

### Thèse : mots-clés

- Industrie 4.0
- Contexte ITS
- Autonomie coopérative
- Systèmes distribués, systèmes multi-agents
- Robotique
- IA (machine learning, deep learning)

**Contact :**  
juliette.grosset@imt-atlantique.fr

### CONTEXTE

Les défis de l'**Industrie 4.0** portent notamment sur le développement et l'optimisation des flux de données, de produits et de matériaux dans les entreprises de production. Certaines briques technologiques ont été définies, notamment pour l'utilisation de véhicules guidés automatisés (AGV) et autres robots autonomes.

**Problématique :** Difficulté de mise en place et de déploiement de flottes de véhicules industriels autonomes (VIA) en raison de :

- l'acceptabilité des employés
- la localisation des véhicules
- la fluidité du trafic
- la perception par les véhicules d'environnements changeants (dynamiques).

L'autonomie des VIA est donc réduite à des trajectoires prédéterminées.

### INTRODUCTION

Le contexte de l'industrie 4.0 amène de plus en plus vers des **solutions décentralisées** et des décisions locales, car la centralisation montre rapidement ses limites.

Les VIA doivent être de plus en plus intelligentes et **coopératives**. Cette perspective de coopération accrue implique une forte capacité des VIA à échanger des informations contextuelles et pertinentes sur leurs conditions de trafic.

L'infrastructure peut également participer à cette coopération avec ses éléments communicants (balises, capteurs, caméras, etc.) et fournir aux VIA des sources locales d'information sur leur environnement.

### OBJECTIFS

Concevoir et développer des **algorithmes coopératifs intelligents** pour effectuer dynamiquement :

- la prise de décision collective pour l'adaptation aux contraintes du trafic :
    - . les intersections
    - . l'évitement des collisions et des obstacles
    - . l'entrée des VIA dans le plan de circulation
- Ces algorithmes coopératifs s'appuient sur des messages standardisés pour assurer l'interopérabilité dans des environnements avec des flottes de robots hétérogènes.

Les autres objectifs qui en découlent sont :

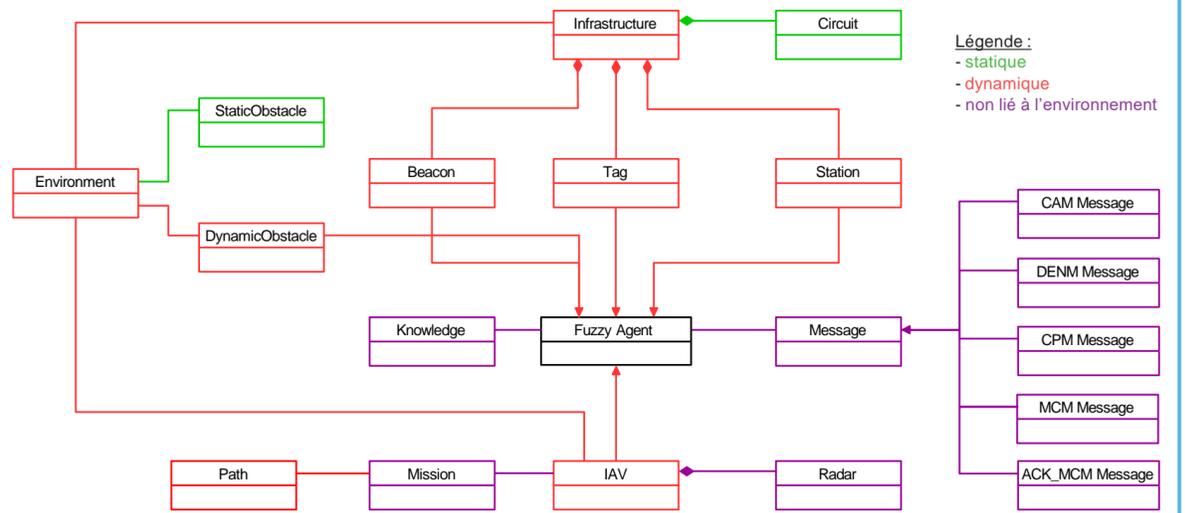
- une réduction collective de l'impact énergétique des VIA,
- une géolocalisation collective des VIA,
- une cartographie collective de l'environnement de ces VIA.

### MODÉLISATION AGENTS

Proposition d'un **modèle d'agent adaptable** :

- Une **infrastructure** est déployée dans l'environnement et est composée d'un plan de circulation, et d'éléments actifs tels que des balises, des tags, des stations.
- Des **obstacles** statiques ou dynamiques (ex. : des opérateurs) peuvent être présents dans l'**environnement**.
- Les agents **VIA** effectuent des missions définies par des chemins sur le plan de circulation.
- Les agents **VIA** sont équipés d'un **radar** et grâce à leur **connaissance** de l'environnement, ils peuvent éviter les collisions.
- Les agents **VIA** peuvent également coopérer en communiquant avec différents types de **messages standardisés**.

- En perspective, les agents AIV auront des connaissances incomplètes, fragmentées, floues et **incertaines**.



### SIMULATION - RÉSULTATS

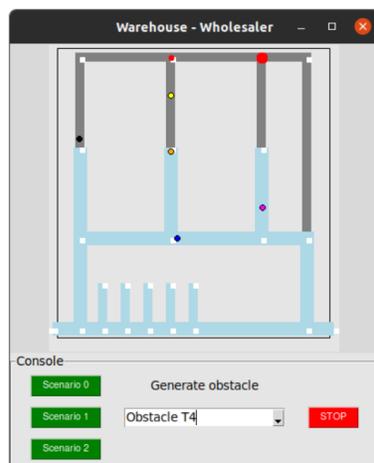
Simulation d'un **algorithme coopératif** pour l'évitement de collisions aux intersections et avec des obstacles statiques :

- solution multi-agents décentralisée
- utilisation de messages **MCM** à l'approche d'une intersection
- utilisation de messages **CPM** à la perception d'un obstacle :
  - . utilisation de **Dijkstra** par les VIA si l'obstacle se situe sur leur trajet de mission

**Contributions :**

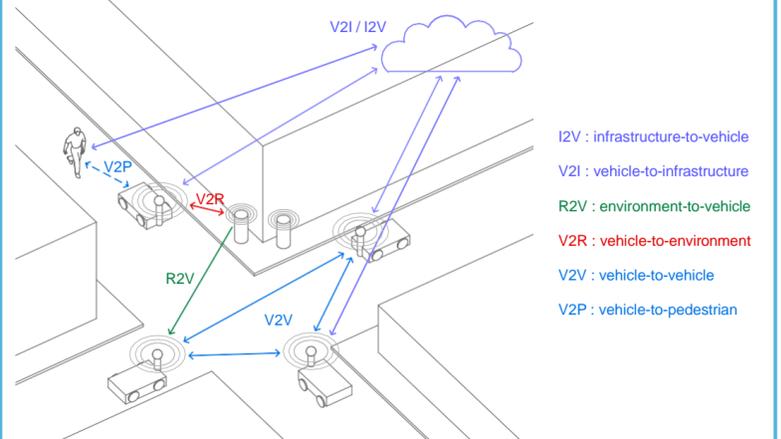
*Simulation of a collision and obstacle avoidance algorithm for cooperative industrial autonomous vehicles. 2nd IFSA Winter Conf. on Automation, Robotics & Communications for Industry 4.0 (ARCI'2022)*

*Collective obstacle avoidance strategy - an agent-based simulation approach. 4th Int. Conf. on Advances in Signal Processing and Artificial Intelligence (ASPAI'2022), Corfu, Greece, October 19-21, 2022.*



### COMMUNICATION V2X

Messages	Situations
<b>CAM:</b> Cooperative Awareness Message	Envoyer sa position
<b>DENM:</b> Decentralized Environmental Message	Panne, accident, circulation non fluide
<b>CPM:</b> Cooperative Perception Message	Perception d'un obstacle statique (ex. : marchandises dans les allées) ou dynamique (ex. : opérateurs)
<b>MCM:</b> Maneuver Coordination Message	Changement de trajectoire (changement de voie), signifier son intention directionnelle pour traverser une intersection.
<b>ACK_MCM:</b> Acknowledge Maneuver Coordination Message	Envoyer son accusé de réception lié à un message MCM précédemment reçu.



### EXPÉRIMENTATIONS RÉELLES

Afin de réaliser des **expérimentations réelles** avec les robots, une deuxième phase de simulation est réalisée. La phase de simulation consiste à **émuler** le comportement des robots dans le simulateur **Gazebo**.

La simulation et les expériences réelles permettent de visualiser et de démontrer l'**amélioration du contrôle de l'autonomie** des VIA et l'optimisation de différents indicateurs de performance (temps de réalisation de la mission, évitement des collisions entre VIA ou avec des obstacles statiques/dynamiques, consommation d'énergie).

ROS2



### HÉTÉROGÉNÉITÉ

L'utilisation de **messages standards** permet l'**interopérabilité** entre différents types de véhicules hétérogènes. Ceci est très important car dans une zone industrielle, un aéroport ou même un entrepôt, l'industriel peut être équipé de différents robots mobiles et même de systèmes hétérogènes.

**Perspectives :** utiliser des drones terrestres et des robots TurtleBot3 Burger en simulation, co-simulation et ensuite aller vers des expériences réelles pour prouver la capacité d'interopérabilité des protocoles de communication. Cela permettrait de montrer également la capacité de **déploiement** possible et efficace de flottes de véhicules hétérogènes.

