

ÉTAT DE L'ART SUR LA CO-SIMULATION ROBOTIQUE ET RÉSEAU DES SYSTÈMES MULTI-ROBOTS

Journées Francophones des Systèmes Multi-Agents 2023

Théotime Balaguer^{a,b,c}

Olivier Simonin^a, Isabelle Guerin-Lassous^b, Isabelle Fantoni^c
theotime.balaguer@insa-lyon.fr

^aINSA Lyon, Inria, CITI Lab., France

^bUniversité Lyon 1, ENS Lyon, CNRS, LIP, UMR 5668, France

^cNantes Université, École Centrale Nantes, CNRS, LS2N, UMR 6004, France

July 6, 2023

INSA INSTITUT NATIONAL
DES SCIENCES
APPLIQUÉES
LYON



**AGENCE
INNOVATION
DÉFENSE**

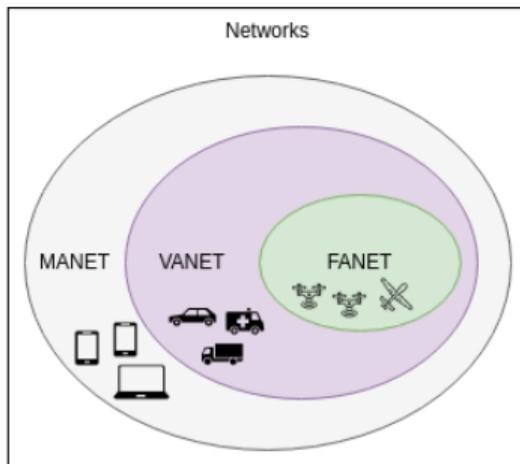
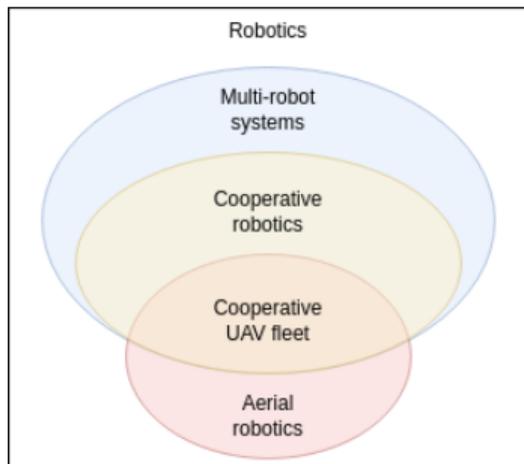


citi Lab

LIP

LS2N LABORATOIRE
DES SCIENCES
DU NUMÉRIQUE
DE NANTES

CONTEXTE : THÈSE ROBOTIQUE ET TÉLÉCOMMUNICATIONS



Comment assurer un contrôle précis d'une flotte de drones quand les messages de pilotage partagent le medium avec un flux de données gourmand ?

AGENDA

1. Introduction

- 1.1 Systèmes multi-robots
- 1.2 Besoin de co-simulation
- 1.3 Simulateurs existants

2. Co-simulation, état de l'art

- 2.1 Co-simulateurs existants
- 2.2 Synchronisation temporelle
- 2.3 Partage d'information

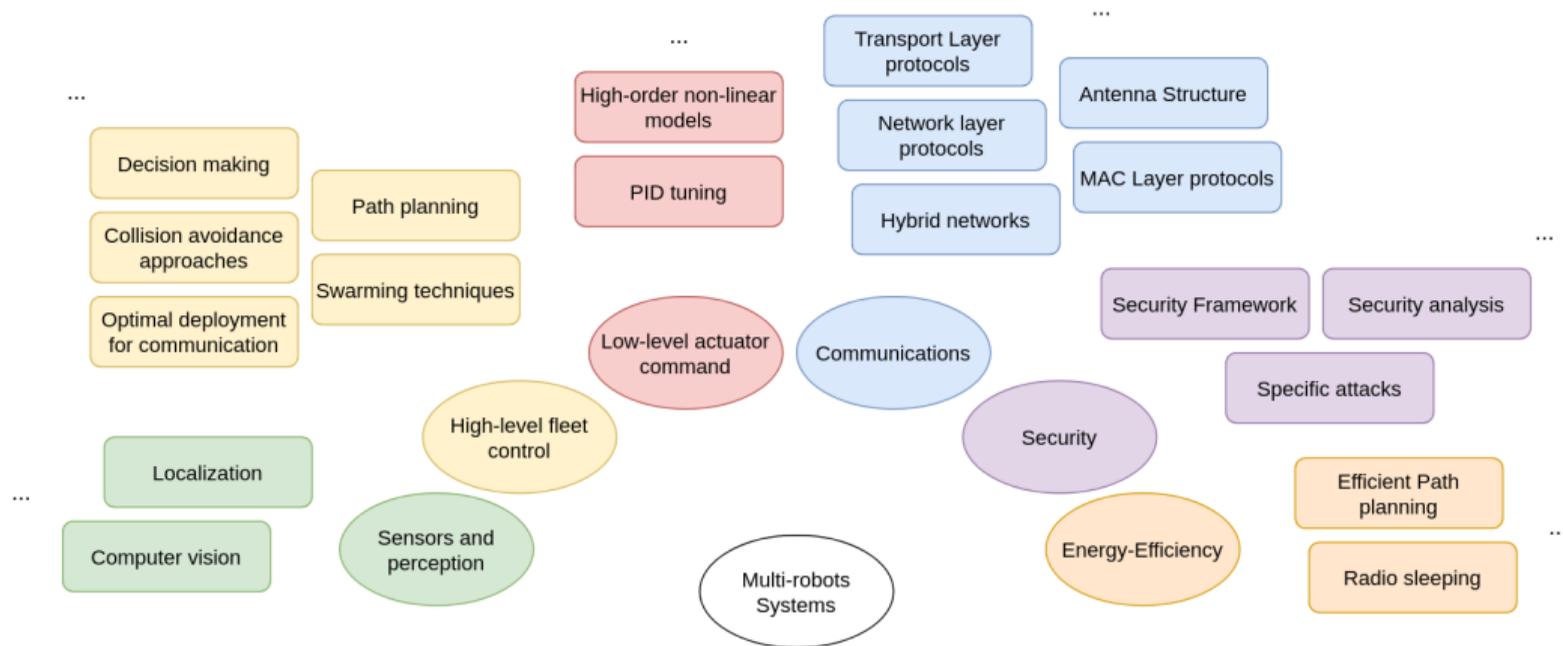
3. Proposition d'un co-simulateur

4. Perspectives

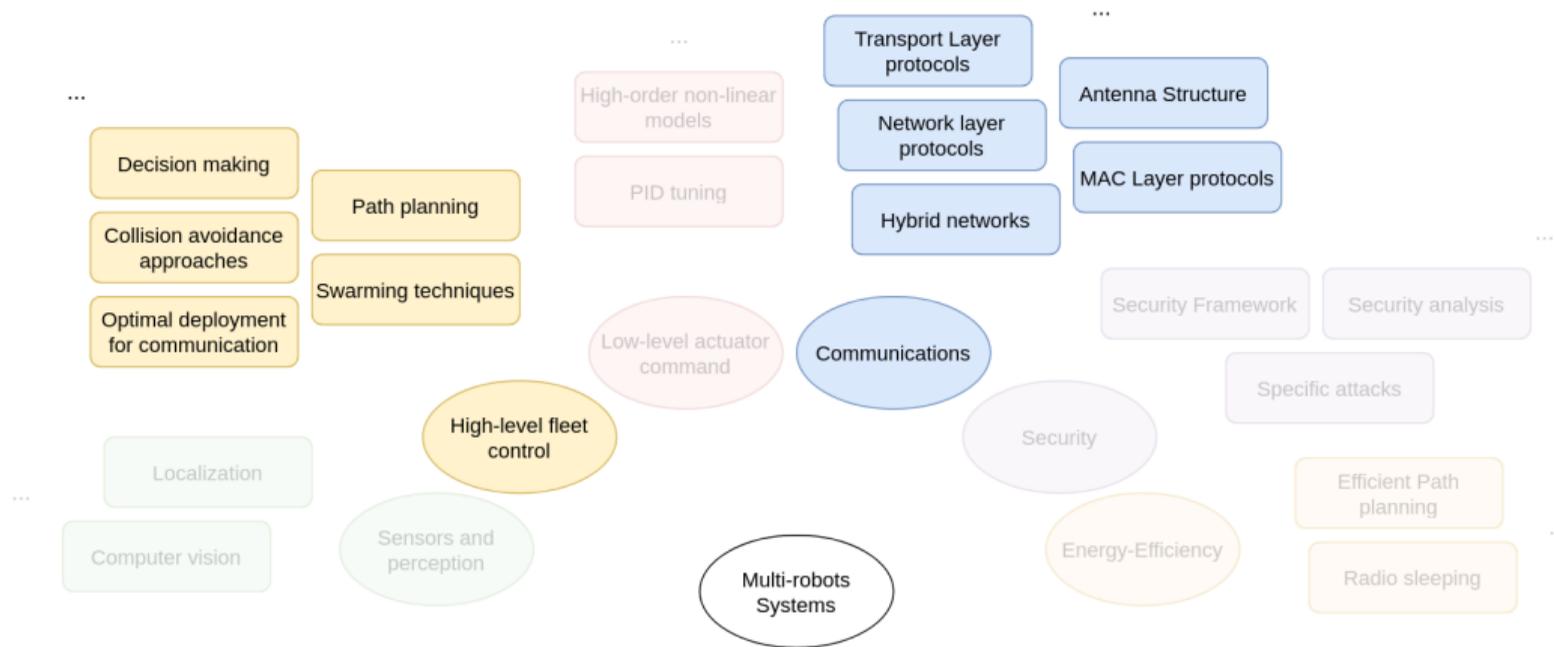
1. INTRODUCTION

1.1 SYSTÈMES MULTI-ROBOTS

SYSTÈMES MULTI-ROBOTS

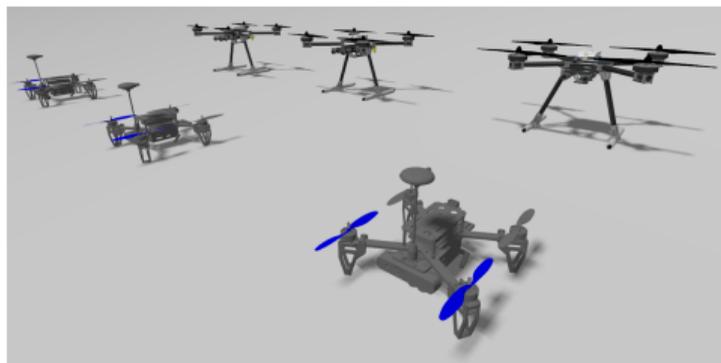


SYSTÈMES MULTI-ROBOTS



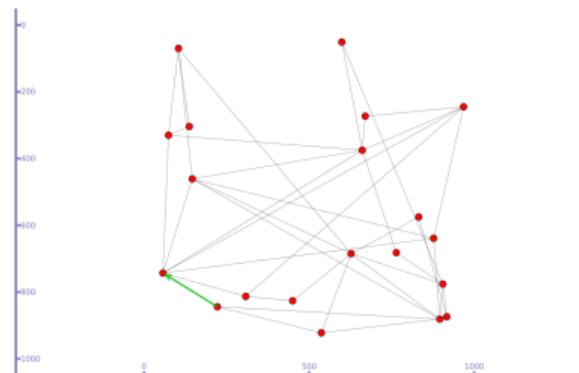
1.2 BESOIN DE CO-SIMULATION

BESOIN DE CO-SIMULATION



 GAZEBO

**Les simulateurs multi-robots
manquent de protocoles de
communication**



 ns-3
NETWORK SIMULATOR

**Les simulateurs de réseaux
manquent de modèles physiques**

PROPRIÉTÉS RECHERCHÉES

- Software-in-the-Loop / Hardware-in-the-Loop
- Intégration ROS2
- Performances et calculs distribués
- Contrôle du temps
- Capacité à rejouer



1.3 SIMULATEURS EXISTANTS

SIMULATEURS MULTI-ROBOTS

Caractéristiques :

- Moteur de physique
- Modèles de friction et de collision
- Interface graphique
- Import de scènes et de mesh
- API

Simulateurs :

- Gazebo
- Webots
- ARGoS
- CoppeliaSim
- ...

Pour la co-simulation

- ▶ Performances
- ▶ Open-source
- ▶ Communauté
- ▶ API facile d'accès

SIMULATEURS DE RÉSEAUX

Caractéristiques :

- Protocoles de communication simulés
- Appareils physiques (cartes réseau, switches, routeurs, etc.)
- Phénomènes physiques (propagation notamment)
- Unité de simulation : le paquet de données

Simulateurs :

- NS-3
- OMNeT++
- Mininet
- ...

Pour la co-simulation

- ▶ Performances
- ▶ Open-source
- ▶ Communauté
- ▶ Modulaire

2. CO-SIMULATION, ÉTAT DE L'ART

2.1 CO-SIMULATEURS EXISTANTS

CO-SIMULATEURS EXISTANTS

Table – Tableau comparatif des co-simulateurs robotique et réseau existants

Nom	Simulateur Multi-Robot	Simulateur Réseau	Synchronisation	Echanges d'information	An- née	Open- Source
RoboNet-Sim	ARGoS	NS-2 / NS-3	Time-stepped (Bidirectionnelle)	Socket (TCP et UDP)	2013	Oui
FlyNet-Sim	Ardupilot	NS-3	Time-stepped (Bidirectionnelle)	Message queue (ZMQ)	2018	Non
CPS-Sim	Matlab Simulink	QualNet OMNeT++	Variable time-stepped (Bidirectionnelle)	Custom (SNSP)	2018	Non
GzUav	Gazebo	NS-3	Exécution séquentielle	Unix Domain Socket + socket TCP	2019	Oui
COR-NET	Gazebo	NS-3	Variable time-stepped (Unidirectionnelle)	Message queue (ZMQ)	2020	Oui
ROS-NetSim	Tous	Tous	Time-stepped (Bidirectionnelle)	Unix Domain Socket	2021	Oui
COR-NET 2.0	Gazebo	MiniNet	Variable time-stepped (Unidirectionnelle)	Message queue (ZMQ)	2022	Oui
Syn-chroSim	Gazebo	NS-3	Variable time-stepped (Bidirectionnelle)	Non précisé	2022	Non

ARCHITECTURE GÉNÉRALE

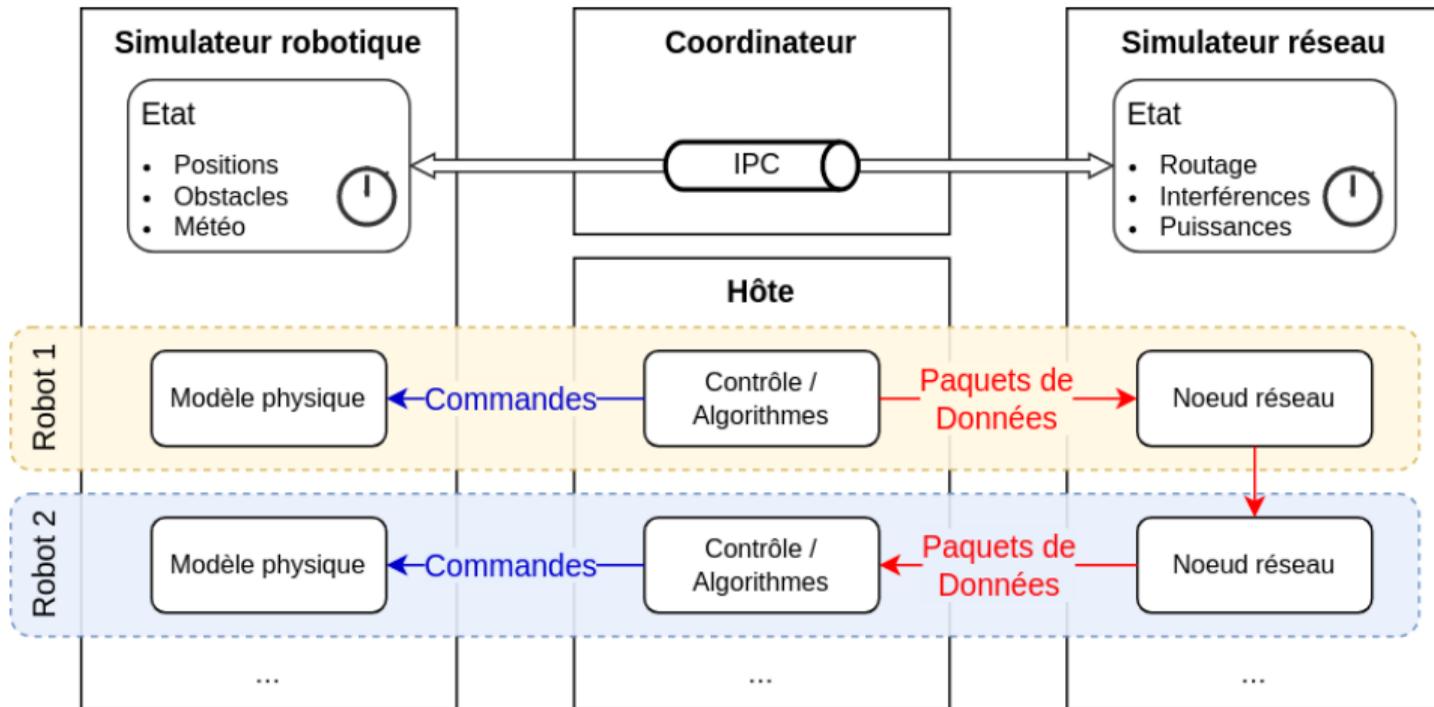


Figure – Architecture générale d'un co-simulateur robotique et réseau

2.2 SYNCHRONISATION TEMPORELLE

TEMPS DISCRET VS ÉVÉNEMENTS DISCRETS

Simulateur à temps discret (Robotique)



Simulateur à événements discrets (Réseaux)



TECHNIQUES DE SYNCHRONISATION

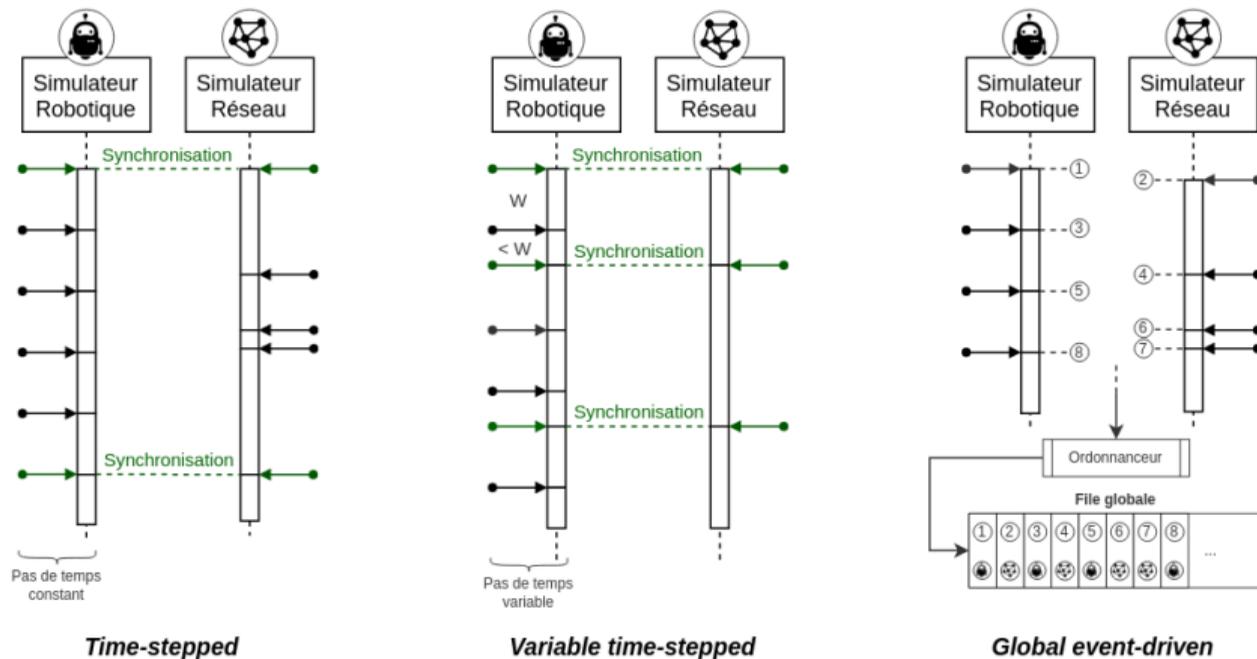
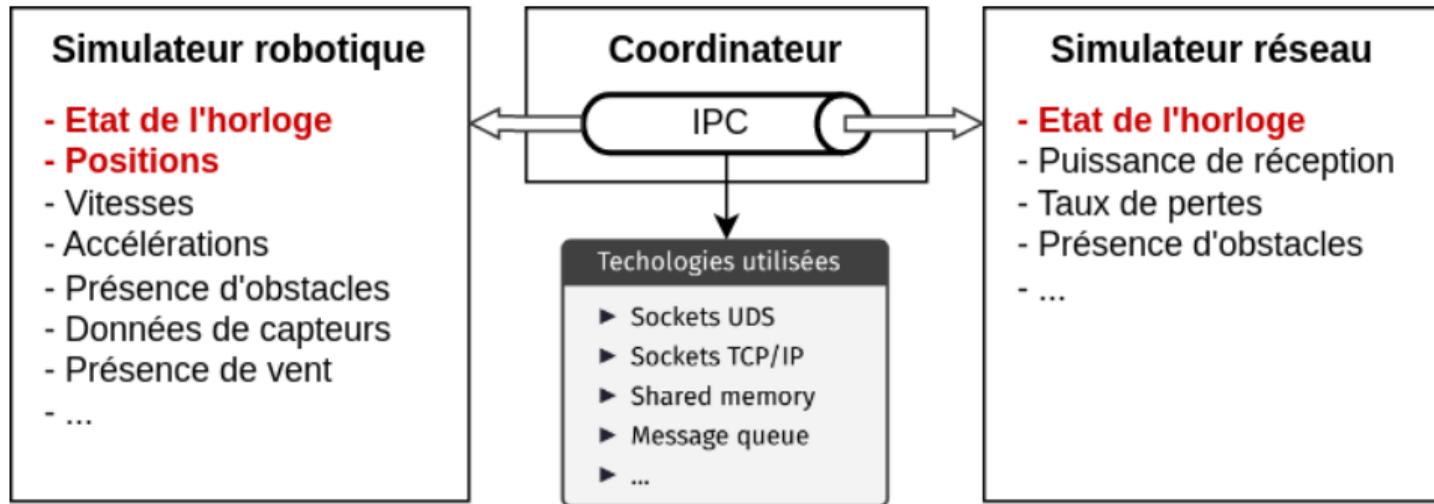


Figure – Différentes techniques de synchronisation pour co-simulateurs

2.3 PARTAGE D'INFORMATION

PARTAGE D'INFORMATION



Augmenter la quantité d'information partagée augmente la surcharge de calcul liée à la co-simulation!

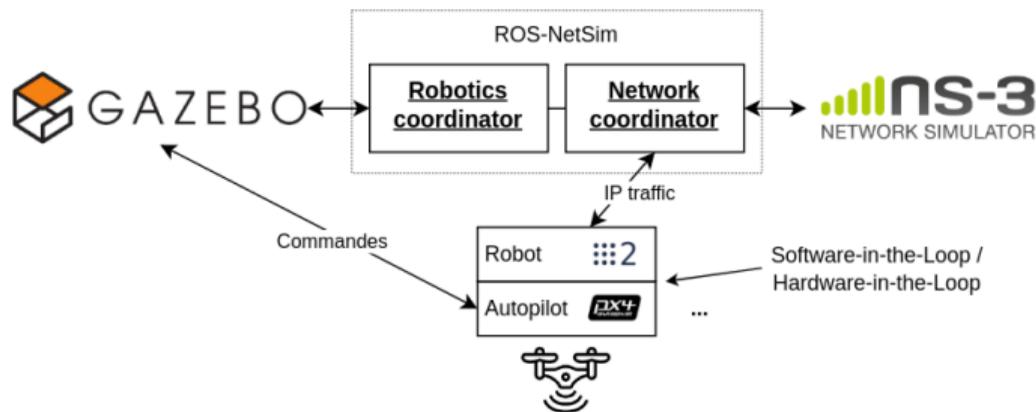
CO-SIMULATEURS EXISTANTS

Table – Tableau comparatif des co-simulateurs robotique et réseau existants

Nom	Simulateur Multi-Robot	Simulateur Réseau	Synchronisation	Echanges d'information	An- née	Open- Source
RoboNet-Sim	ARGoS	NS-2 / NS-3	Time-stepped (Bidirectionnelle)	Socket (TCP et UDP)	2013	Oui
FlyNet-Sim	Ardupilot	NS-3	Time-stepped (Bidirectionnelle)	Message queue (ZMQ)	2018	Non
CPS-Sim	Matlab Simulink	QualNet OMNeT++	Variable time-stepped (Bidirectionnelle)	Custom (SNSP)	2018	Non
GzUav	Gazebo	NS-3	Exécution séquentielle	Unix Domain Socket + socket TCP	2019	Oui
COR-NET	Gazebo	NS-3	Variable time-stepped (Unidirectionnelle)	Message queue (ZMQ)	2020	Oui
ROS-NetSim	Tous	Tous	Time-stepped (Bidirectionnelle)	Unix Domain Socket	2021	Oui
COR-NET 2.0	Gazebo	MiniNet	Variable time-stepped (Unidirectionnelle)	Message queue (ZMQ)	2022	Oui
Syn- chroSim	Gazebo	NS-3	Variable time-stepped (Bidirectionnelle)	Non précisé	2022	Non

3. PROPOSITION D'UN CO-SIMULATEUR

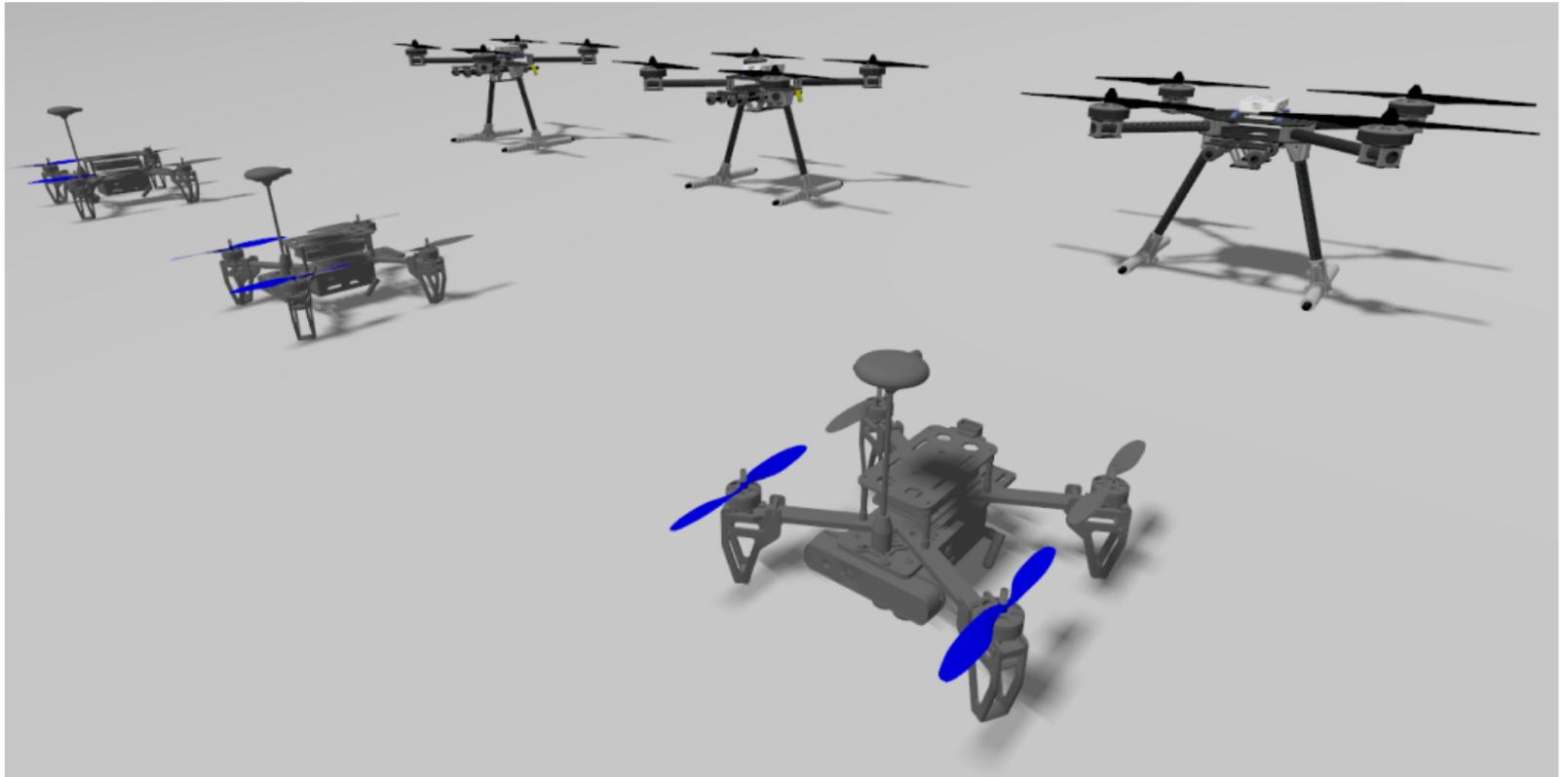
NOTRE OUTIL DE CO-SIMULATION



- Tous types de réseaux (technologies; protocoles)
- Tous types de robots
- Traffic réseau réel
- Intégration ROS2 (DDS)
- Obstacles paramétrables
- Open-Source

4. PERSPECTIVES

VIDÉO



PERSPECTIVES

Objectifs de simulation :

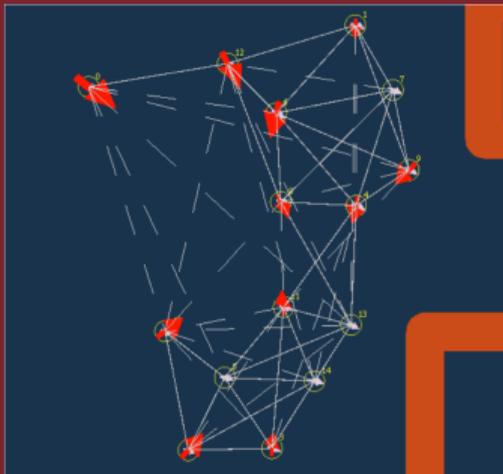
- Flocking avec échange des positions et vitesses par Wi-Fi
- Ajout d'un flux de données important partageant le réseau Wi-Fi

Comment assurer la qualité du contrôle de la flotte ?

Amélioration du simulateur :

- Capteurs
- Détection et évitement d'obstacles
- Algorithmes de flocking
- Simulation réseau

MERCI POUR VOTRE ATTENTION !



Simulation de flocking, les flèches rouges sont des forces d'attraction (Bonfond, 2021)



Trois drones exécutant des mouvements de flocking dans une volière (Bonfond, 2021)

Théotime Balaguer

Strasbourg, July 6, 2023

theotime.balaguer@insa-lyon.fr