



SUPERROB : GESTION ET SUPERVISION DE FLOTTES DE ROBOTS MOBILES AUTONOMES

PARTIE 1 – PLANIFICATION

13 FÉVRIER 2020

bruno.bachelet@uca.fr
LIMOS, UCA-CNRS

JOURNÉE I-SITE CAP 20-25
CHALLENGE 2
THÈME AGROTECHNOLOGIES

INRAE

LIMOS

ACTÉ
LABORATOIRE
activité > connaissance
transmission > éducation

lapsco
laboratoire de psychologie
sociale et cognitive

► Objectifs

- Planification des tâches des robots
- Système de supervision acceptable pour les utilisateurs
- Gestion des données des robots et de leur environnement

⇒ **Replanification en cas d'imprévus**

► Fédération de chercheurs

- INRAE-TSCF / LIMOS (UCA-CNRS) / ACTé (UCA) / LAPSCO (UCA-CNRS)
- Co-encadrement doctorat
 - Université du Havre
 - Université fédérale du Minas Gerais (Brésil)
- Chercheur invité
 - Université de Technologie de Poznan (Pologne)

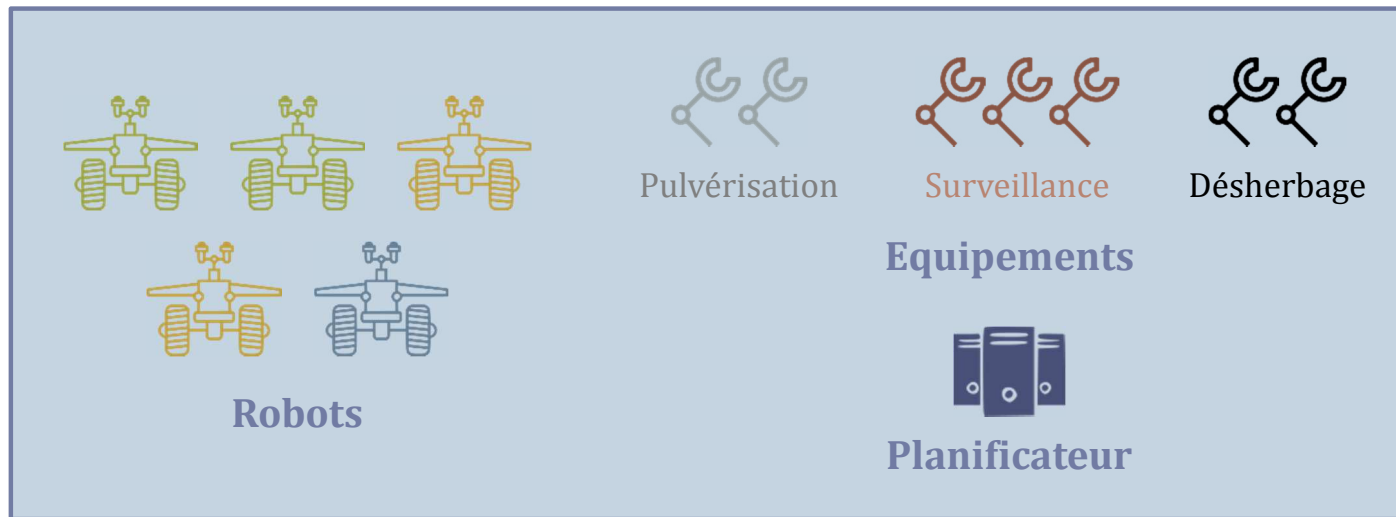
- ▶ Flotte de robots hétérogène
 - ▶ Taille moyenne ($\sim \frac{1}{2}$ tonne)
 - ▶ Multifonction
 - ▶ Possibilité de changer les équipements
 - ▶ Pulvérisation, désherbage, reconnaissance...
 - ▶ Energie électrique
- ▶ Opérations sur les robots en atelier
 - ▶ Robots stockés dans un entrepôt
 - ▶ Montage des équipements à l'entrepôt
 - ▶ Recharge des batteries à l'entrepôt
- ▶ INRAE-TSCF dispose de 2 robots + site expérimental



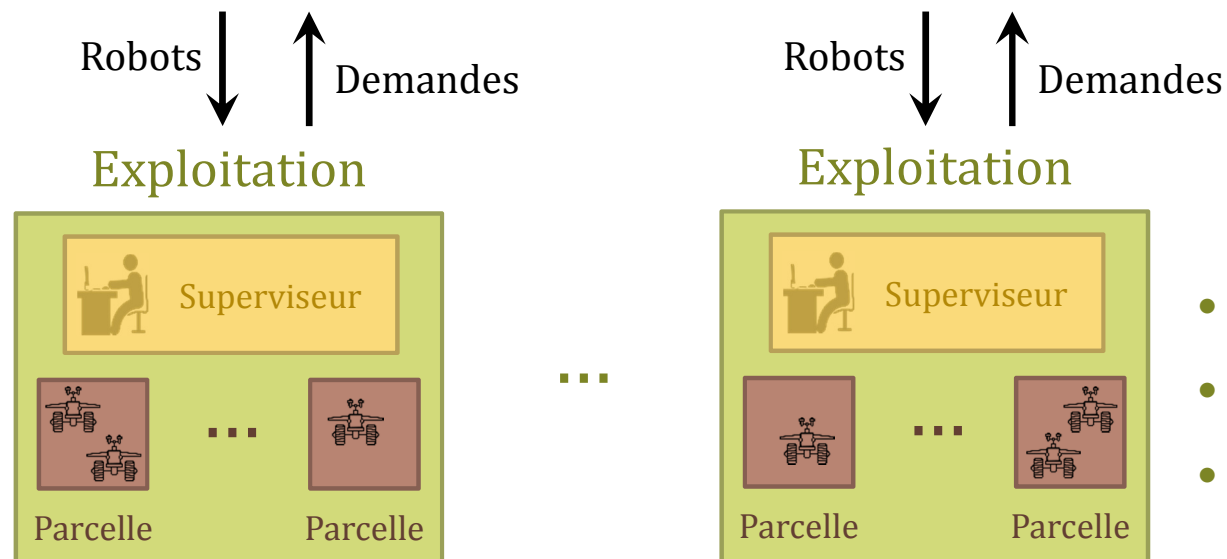
- ▶ Coopérative agricole
 - ▶ Mutualisation des robots et des équipements (type CUMA)
 - ▶ Rôle décisionnel de répartition des robots
 - ▶ Modélisation du système
 - ▶ Algorithmes de planification

- ▶ Exploitations
 - ▶ Déploiement des robots sur les parcelles
 - ▶ Rôle de surveillance des robots
 - ▶ Outils de diagnostic et de contrôle
 - ▶ Remontée des demandes de besoins à la coopérative

- ▶ Objectif : planification et supervision



- Planification des tâches
- Entretien des robots
- Préparation des robots
- Transport des robots



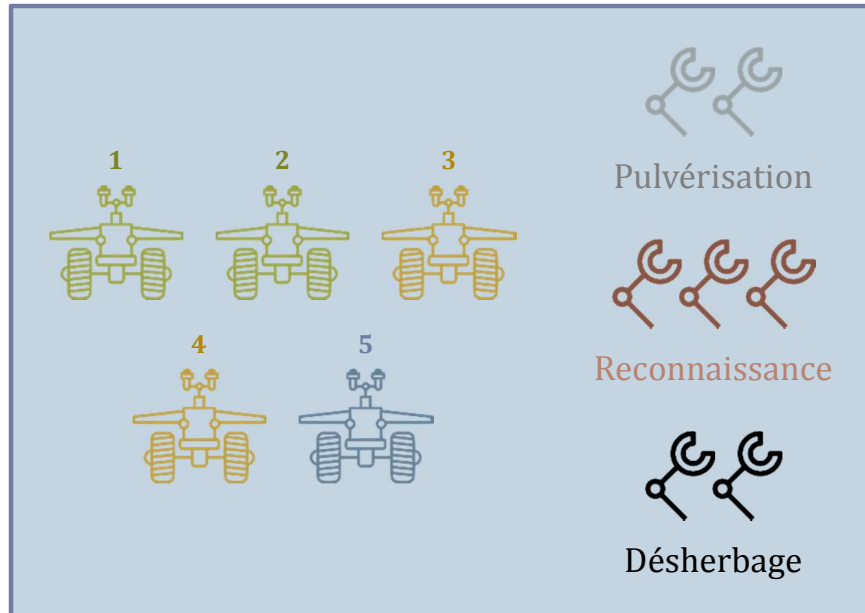
- Déploiement des robots
- Surveillance
- Prise de contrôle à distance

- ▶ Planning prévisionnel des tâches
 - ▶ Sur la base des demandes des agriculteurs
 - ▶ Outil pour estimer les performances des robots
 - ▶ Temps nécessaire pour effectuer la tâche
 - ▶ Energie consommée

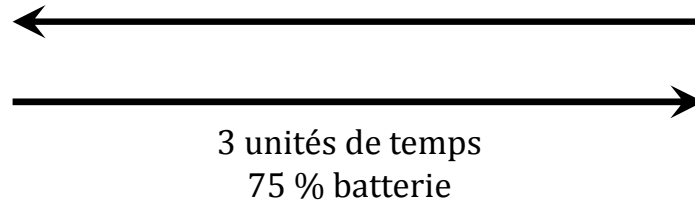
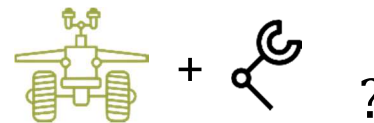
- ▶ Gestion des imprévus \Rightarrow surveiller + réagir
 - ▶ Remontée des informations des capteurs
 - ▶ Diagnostic au niveau du robot
 - ▶ Diagnostic au niveau du superviseur
 - ▶ Réaction face à un aléa (niveau superviseur)
 - ▶ Prise de contrôle à distance du robot
 - ▶ Demande de replanification
 - ▶ Stockage des informations
 - ▶ Pour diagnostic
 - ▶ Pour planning plus fiable

CAS D'UNE SEULE EXPLOITATION

Entrepôt



- **Reconnaissance** → parcelles **1..5**
Fenêtre de temps : **[1;6]**
Priorité: **basse**
- **Désherbage** → parcelle **3**
Fenêtre de temps : **[4;8]**
Priorité : **moyenne**



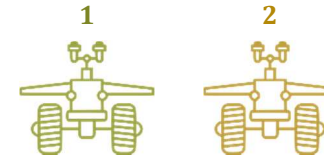
Planning
prévisionnel


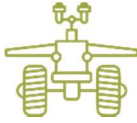


IMPRÉVU : MALADIE

► Cas avec 2 robots et 3 parcelles

► Demande

► Reconnaissance sur les 3 parcelles



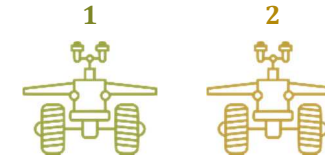
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Parcelle 1		 Reconnaissance														
Parcelle 2		 Reconnaissance  Maladie														
Parcelle 3									 Reconnaissance							

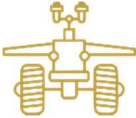


IMPRÉVU : MALADIE

► Cas avec 2 robots et 3 parcelles

► Demande

► Reconnaissance sur les 3 parcelles



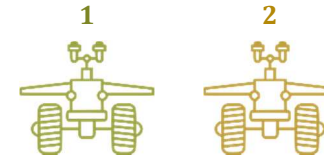
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Parcelle 1		<div><div>2</div><div></div><div>Reconnaissance</div></div>														
Parcelle 2		<div><div>1</div><div></div><div>Reconnaissance</div></div>						<div><div>!</div><div>Maladie</div></div>								
Parcelle 3		<div><div><div><div>• Interruption reconnaissance</div><div><div>Demande pulvérisation</div></div></div></div></div>							<div><div>1</div><div></div><div>Reconnaissance</div></div>							





IMPRÉVU : MALADIE

► Cas avec 2 robots et 3 parcelles

► Demande

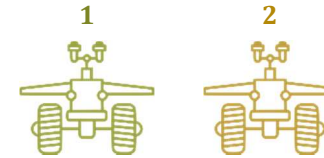
► Reconnaissance sur les 3 parcelles

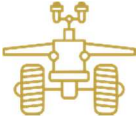




	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16				
Parcelle 1		<div><div>2</div><div></div><div>Reconnaissance</div></div>																		
Parcelle 2		<div><div>1</div><div></div><div>Reconnaissance</div></div> <div><div>!</div><div>Maladie</div></div>							<div><div>1</div><div></div><div>Pulvérisation</div></div>											
Parcelle 3		<div><div><ul style="list-style-type: none">• Interruption reconnaissance• Demande pulvérisation• Nouveau planning</div></div>								<div><div>2</div><div></div><div>Reconnaissance</div></div>										

IMPRÉVU : MÉTÉO

- ▶ Cas avec 2 robots et 3 parcelles
- ▶ Demande
 - ▶ Pulvérisation sur les 3 parcelles

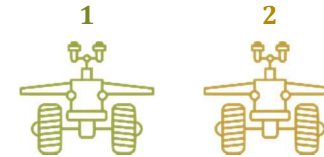






	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	
Parcelle 1		<div><div>2</div><div> Pulvérisation</div></div>															
Parcelle 2		<div><div>1</div><div> Pulvérisation</div></div>															
Parcelle 3						<div><div>!</div><div>Vent > 15 km/h</div></div>			<div><div>1</div><div> Pulvérisation</div></div>								

!
Vent > 15 km/h

IMPRÉVU : MÉTÉO

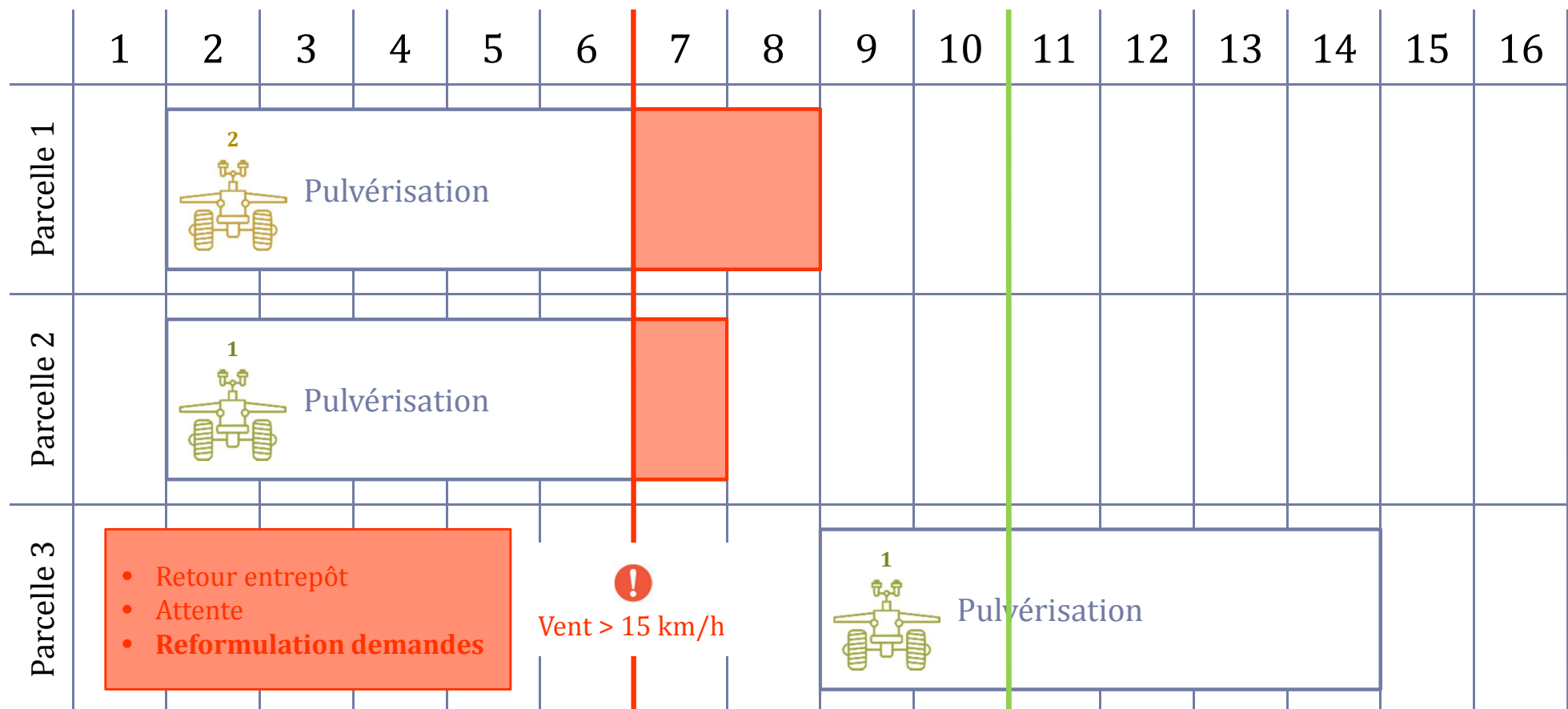
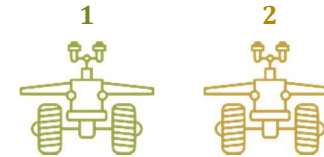
- ▶ Cas avec 2 robots et 3 parcelles
- ▶ Demande
 - ▶ Pulvérisation sur les 3 parcelles



	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	
Parcelle 1		<div>2</div> <div></div> <div>Pulvérisation</div>					<div></div> <div>Vent > 15 km/h</div>										
Parcelle 2		<div>1</div> <div></div> <div>Pulvérisation</div>															
Parcelle 3	<div><ul style="list-style-type: none">• Retour entrepôt• Attente</div>								<div>1</div> <div></div> <div>Pulvérisation</div>								

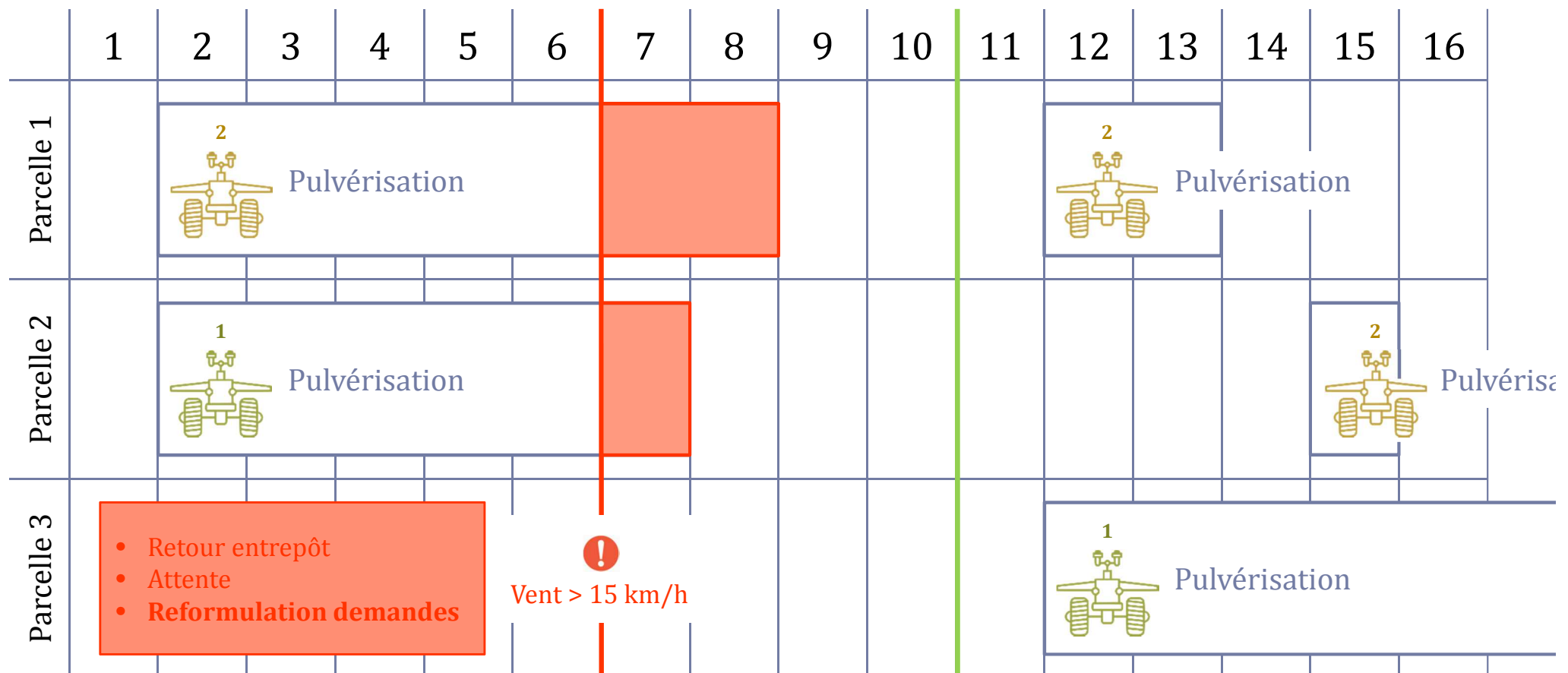
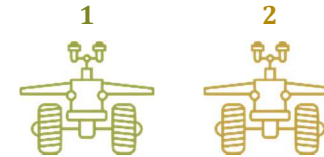
IMPRÉVU : MÉTÉO

- Cas avec 2 robots et 3 parcelles
- Demande
 - Pulvérisation sur les 3 parcelles



IMPRÉVU : MÉTÉO

- ▶ Cas avec 2 robots et 3 parcelles
- ▶ Demande
 - ▶ Pulvérisation sur les 3 parcelles



CONCLUSION – PARTIE PLANIFICATION

- Doctorat Mateus Vilela : Octobre 2019 – Septembre 2022
- Formalisation du système finalisée
 - Quelques hypothèses fortes
 - Plusieurs robots en même temps sur une parcelle
 - Même tâche et de même type
 - Modèle d'énergie simplifié
 - Consommation et recharge linéaire
- La suite : résolution du problème de planification
 - Modélisation (mathématique ?) du problème de planification
 - Choix des méthodes de résolution
 - Programmation linéaire, métaheuristiques, couplage optimisation-simulation...
- D'abord étudier la planification prévisionnelle...
 - Connaissance *a priori* des demandes
- ... puis la replanification
 - Nouvelles demandes au fil de l'eau suite aux imprévus



SUPERROB : GESTION ET SUPERVISION DE FLOTTES DE ROBOTS MOBILES AUTONOMES

PARTIE 2 – SYSTÈMES D'INFORMATION

13 FÉVRIER 2020

sandro.bimonte@inrae.fr
COPAIN, TSCF-INRAE

JOURNÉE I-SITE CAP 20-25
CHALLENGE 2
THÈME AGROTECHNOLOGIES

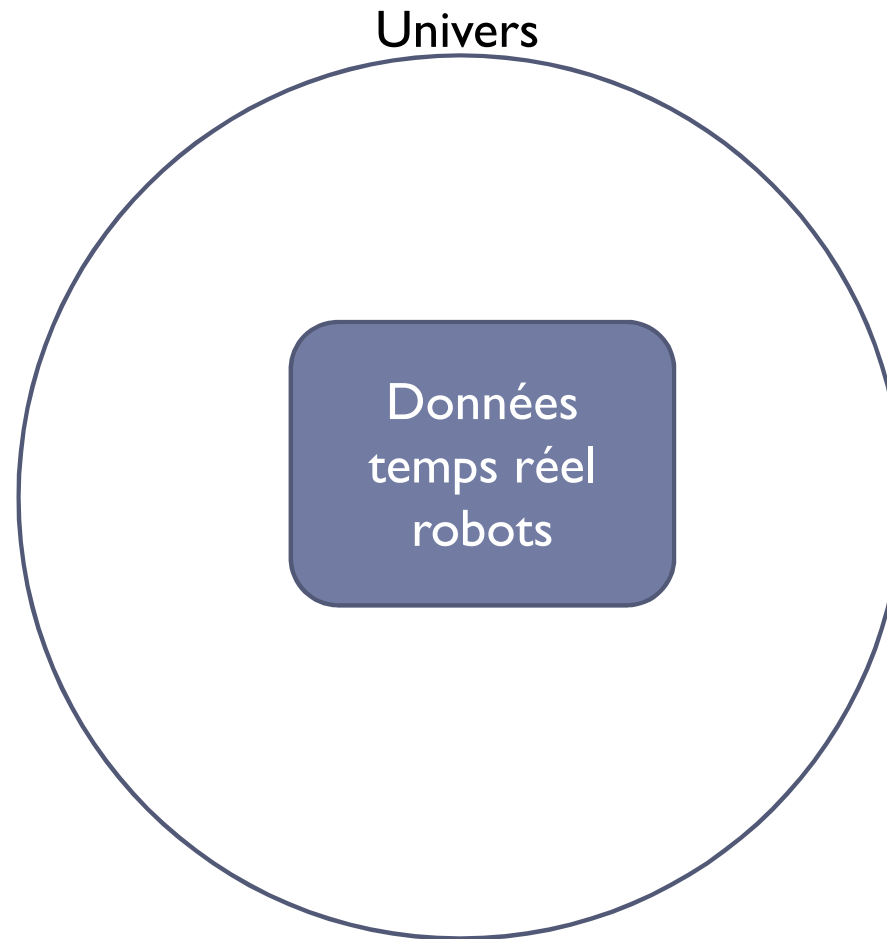
INRAE

LIMOS

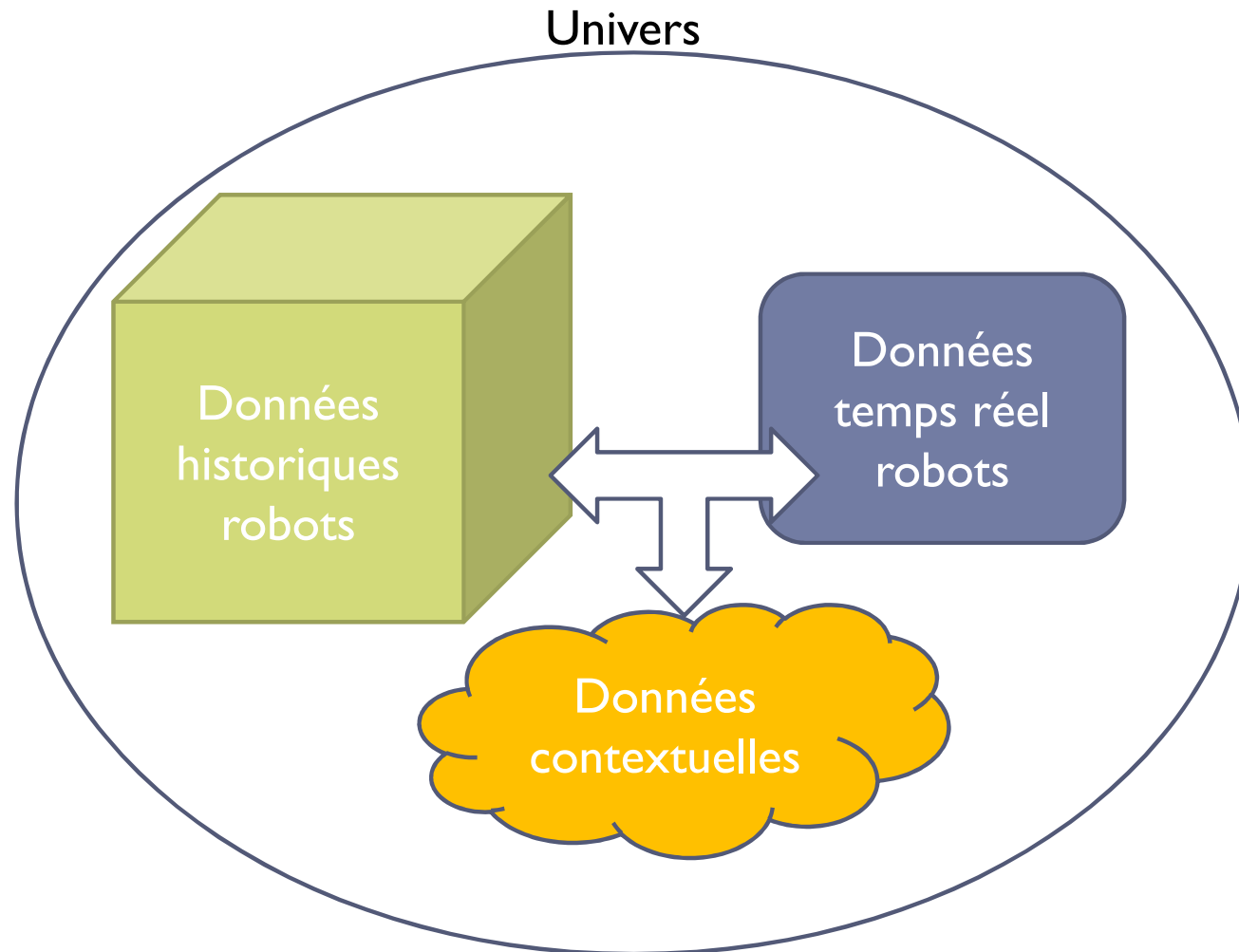
ACTÉ
LABORATOIRE
activité > connaissance
transmission > éducation

lapsco
laboratoire de psychologie
sociale et cognitive

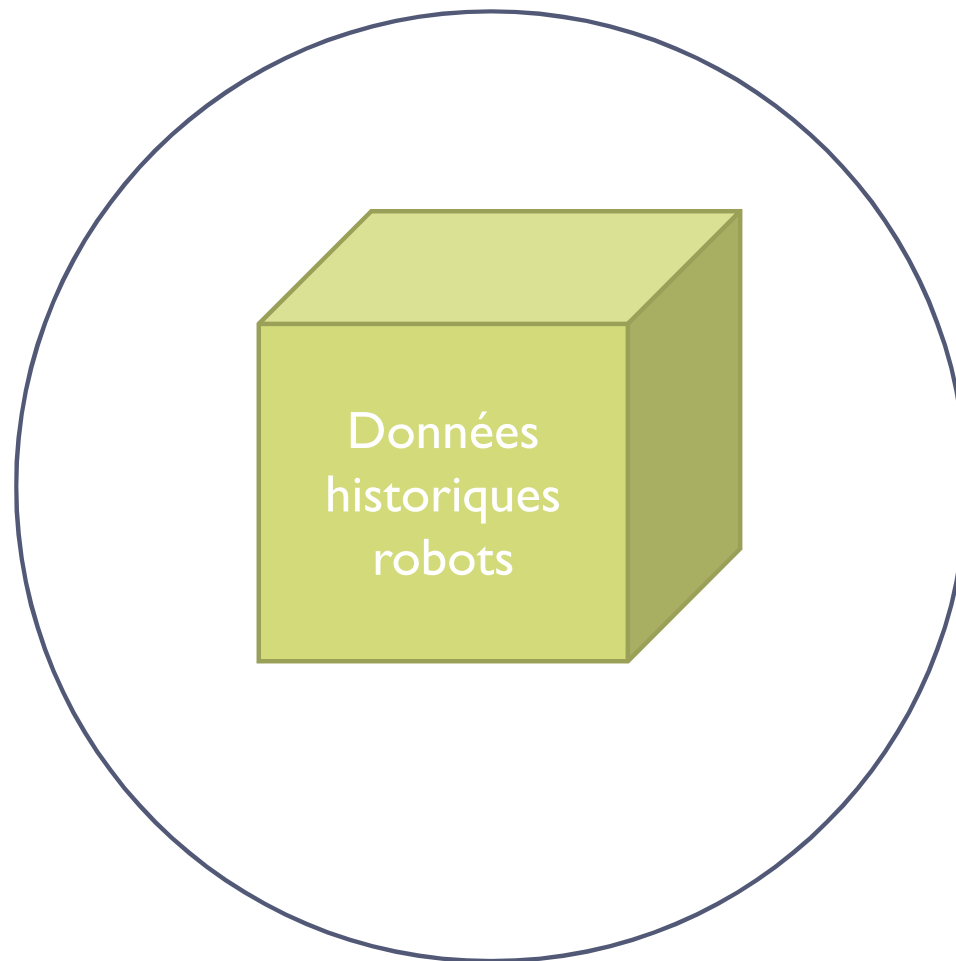
- Impossible de définir des applications (services) avancées (ex: planification)



- ▶ Intégration de plusieurs typologies de données
 - ▶ Applications analytiques avancées (ex: planification)



- ▶ Données historiques robots
 - ▶ Ajustement des trajectoires planifiées avec des modèles théoriques
 - ▶ Capitalisation expérimentations

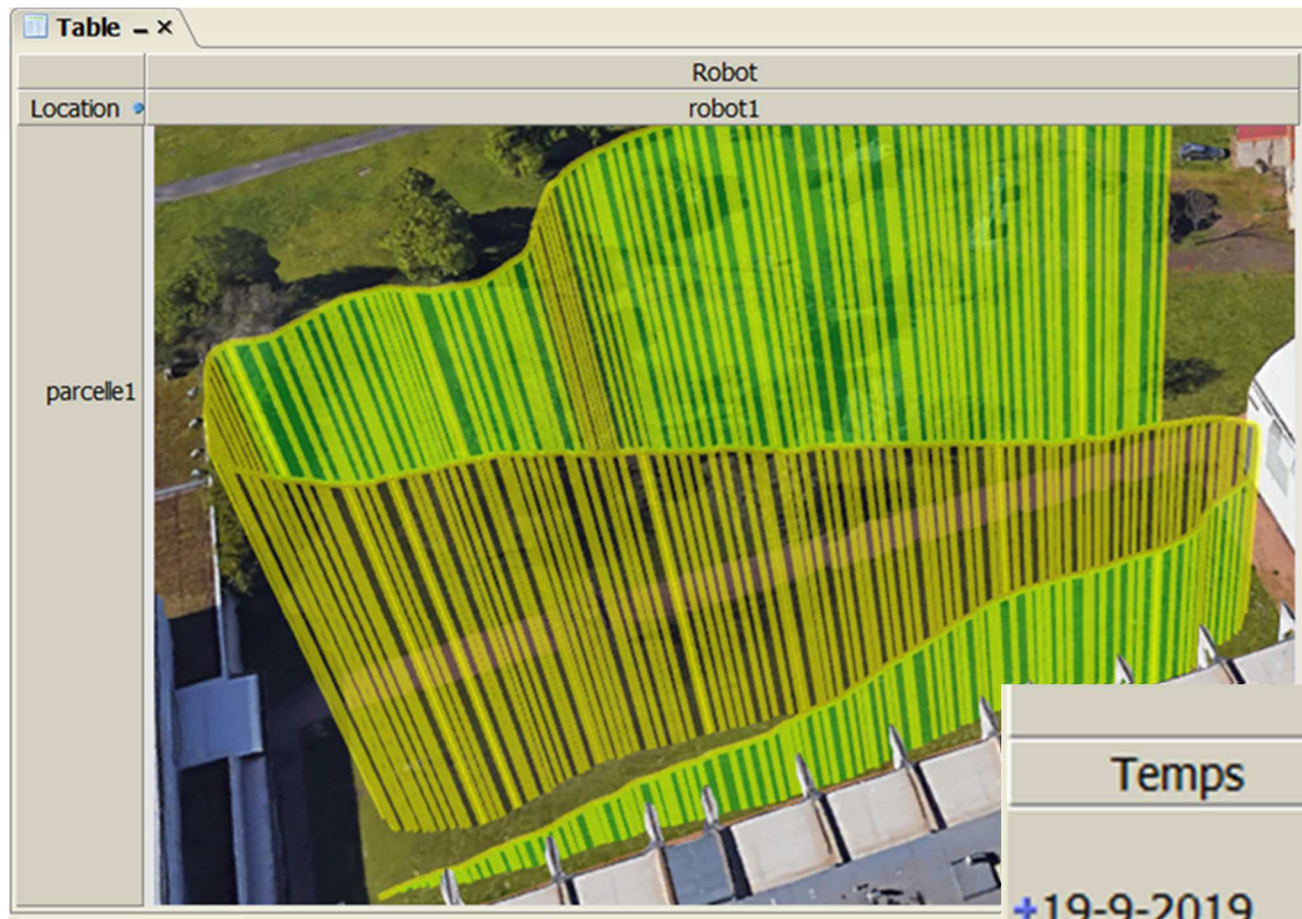


- ▶ Un Data Warehouse est un système d'information pour l'analyse de gros volumes de données pour la prise de décision
 - ▶ Dimensions et faits: axes et sujets d'analyse
 - ▶ L'exploration et l'analyse de données se fait avec des tableaux croisés dynamiques et des affichages graphiques (outil OLAP)

TRAJECTORY DATA WAREHOUSE (2/6)

- ▶ Les systèmes OLAP existants ne permettent pas d'analyser les données de trajectoires
- ▶ Nous avons proposé un modèle de données pour Data Warehouse pour le stockage de données de trajectoires
- ▶ Nous avons aussi proposé une méthodologie de visualisation 3D pour les trajectoires en couplant le serveur OLAP Mondrian et Google Earth
- ▶ Sandro Bimonte, [Ali Hassan](#), [Roland Lenain](#):
Une nouvelle méthodologie de géovisualisation pour les entrepôts de données de trajectoires. [EDA 2019](#): 143-157

TRAJECTORY DATA WAREHOUSE (3/6)



Temps	Robot	list
+19-9-2019	-All Robots	1-6-2-3
	robot1	1-6-3-2
	robot2	
-20-9-2019	+All Robots	5-4
+10h-20-9-2019	+All Robots	4-5

Dans le cadre d'un projet d'étude ISIMA (Novembre 2019 – Février 2020) nous avons commencé l'implementation d'un Data Warehouse avec les données issues des robots autonomes déployés par l'équipe ROMEA, TSCF-INRAE

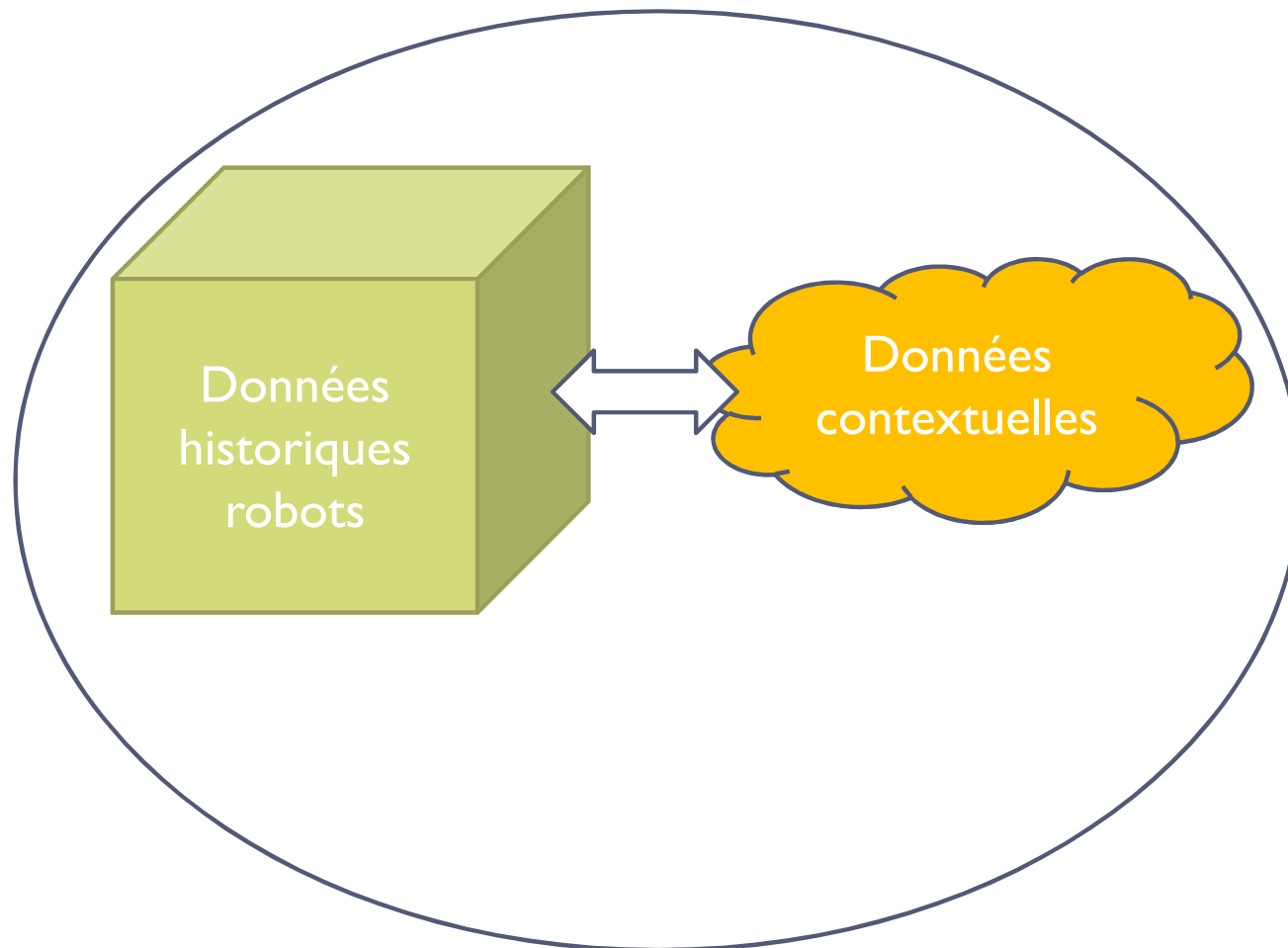
TRAJECTORY DATA WAREHOUSE (5/6)

temps	Robot	VitesseMoy	vitesseMax	OrientationMoy	angle_braquage_avantMoy	vitesse_lacetMoy	penteMoy	vitesse_odomMoy	erreur_lateraleMoy	angle_derive_avantMoy	angle_derive_arriereMoy	adhe
-All temps	-All Robots	1,0116	2,2121	-7,65	-0,0696			1,0586	,1331	,021	,022	
	2	1,0026	1,5948	-8,942	-0,0721			1,0443	,129	,014	,015	
	3	1,0142	1,6462	-32,853	-0,0716			1,057	,1364	,003	,004	
	4	1,0044	1,5948	17,719	-0,0704			1,0525	,181	,022	,025	
	5	1,0198	1,5433	-6,942	-0,0734			1,0746	-,0116	,025	,025	
	6	,9791	1,5433	-9,016	-0,0693			1,028	,2237	,024	,021	
	7	1,0348	1,6462	4,25	-0,0647			1,0834	,0531	,037	,037	
	8	,9897	1,6462	-14,154	-0,0649			1,0382	,1186	,011	,012	
	9	1,015	2,2121	-19,978	-0,0752			1,059	,1008	,028	,028	
	10	1,0459	1,6977	-7,183	-0,0649			1,0839	,2317	,02	,023	
	11	1,0162	1,5948	-,994	-0,0692			1,0671	,0305	,026	,025	
	12	1,0076	1,6462	-13,736	-0,0705			1,0607	,2175	,025	,026	
	13	1,0108	1,6462	-7,031	-0,0657			1,0525	,1691	,033	,033	
	14	1,0163	1,5948	-20,234	-0,0755			1,0635	,1085	,027	,025	
	15	1,0056	1,6462	-1,418	-0,0681			1,0514	,1496	,024	,026	
	16	1,0146	1,5948	5,915	-,068			1,0643	,1575	-,002	,003	
	17											
+13	-All Robots	1,0181	2,2121	-3,549	-0,0704			1,0643	,1303	,024	,026	
	2											
	3											
	4	1,0044	1,5948	17,719	-0,0704			1,0525	,181	,022	,025	
	5	1,0198	1,5433	-6,942	-0,0734			1,0746	-,0116	,025	,025	
	6											
	7											
	8											
	9	1,015	2,2121	-19,978	-0,0752			1,059	,1008	,028	,028	
	10	1,0459	1,6977	-7,183	-0,0649			1,0839	,2317	,02	,023	
	11											
	12											
	13											
	14											
	15	1,0056	1,6462	-1,418	-0,0681			1,0514	,1496	,024	,026	

- ▶ Le Data Warehouse représentera le système d'information pour le stockage et l'analyse de **données historiques** des exécutions des planifications des robots

Données contextuelles

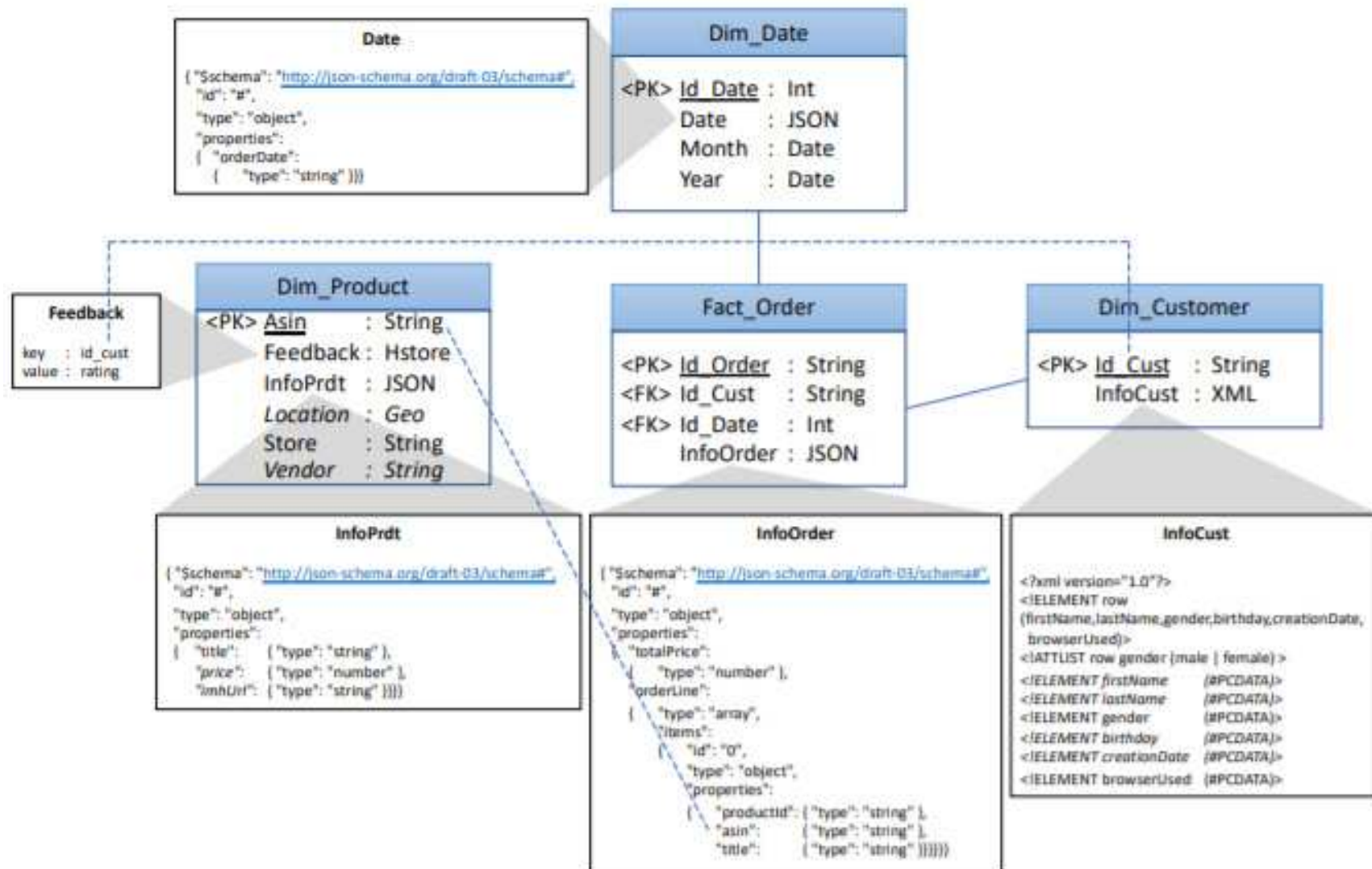
- ▶ Données issues de sources externes (ex: météo, sol, etc.)
 - ▶ Caractérisation fine des expérimentations
 - ▶ Variables explicatives



- ▶ Le Data Warehouse est basé sur une structure de données fixe et rigide
 - ▶ Impossible d'ajouter des nouvelles données explicatives (données externes) (ex: météo, sol, etc.)

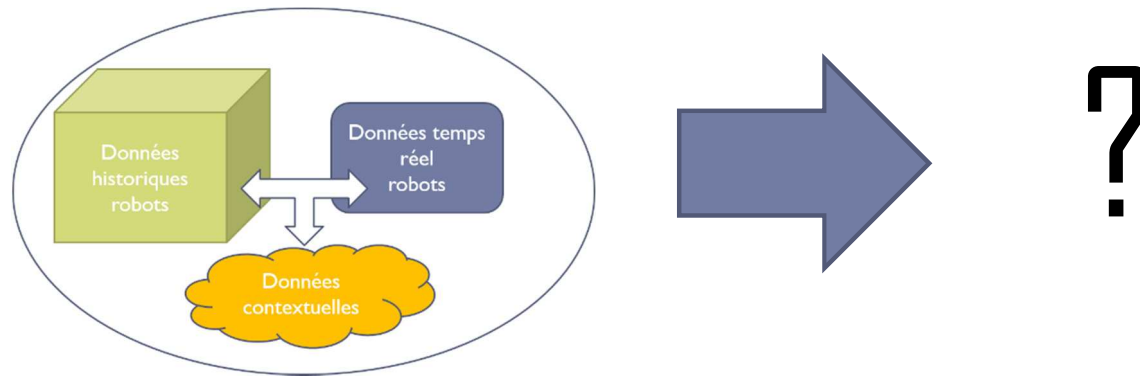
- ▶ Nous avons proposé une nouvelle structure de données flexible pour le Data Warehouse basée sur les bases de données multi-modèle
 - ▶ Grace à la possibilité d'intégrer (aux données relationnelles) les données « schema-less » comme JSON, XML, etc.
- ▶ Sandro Bimonte, Yassine Hifdi, Mohammed Maliari, Stefano Rizzi and Patrick Marcel. **To Each His Own: Accommodating Data Variety by a Multimodel Star Schema**. DOLAP 2020 (To appear)

MULTI-MODEL DATA WAREHOUSE (3/4)



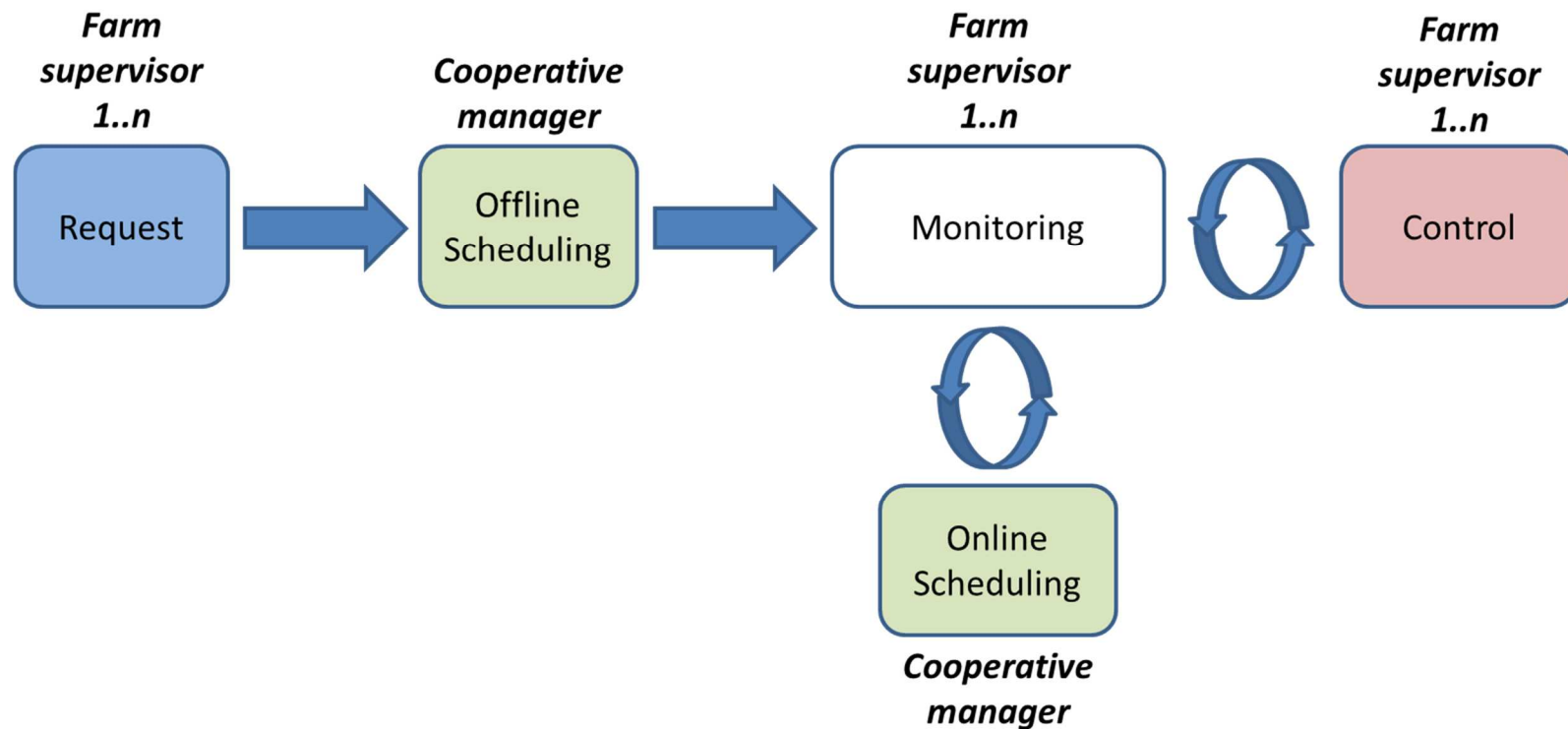
- ▶ Notre approche permettra l'analyse de **données historiques** de robots et de **données externes**
- ▶ L'introduction de données de trajectoires de robots dans l'approche multi-model sera le sujet d'étude du stage de Thomas AGEERGE (début 2 Mars, 6 mois) (financé par CAP2025)

ARCHITECTURE (1/7)

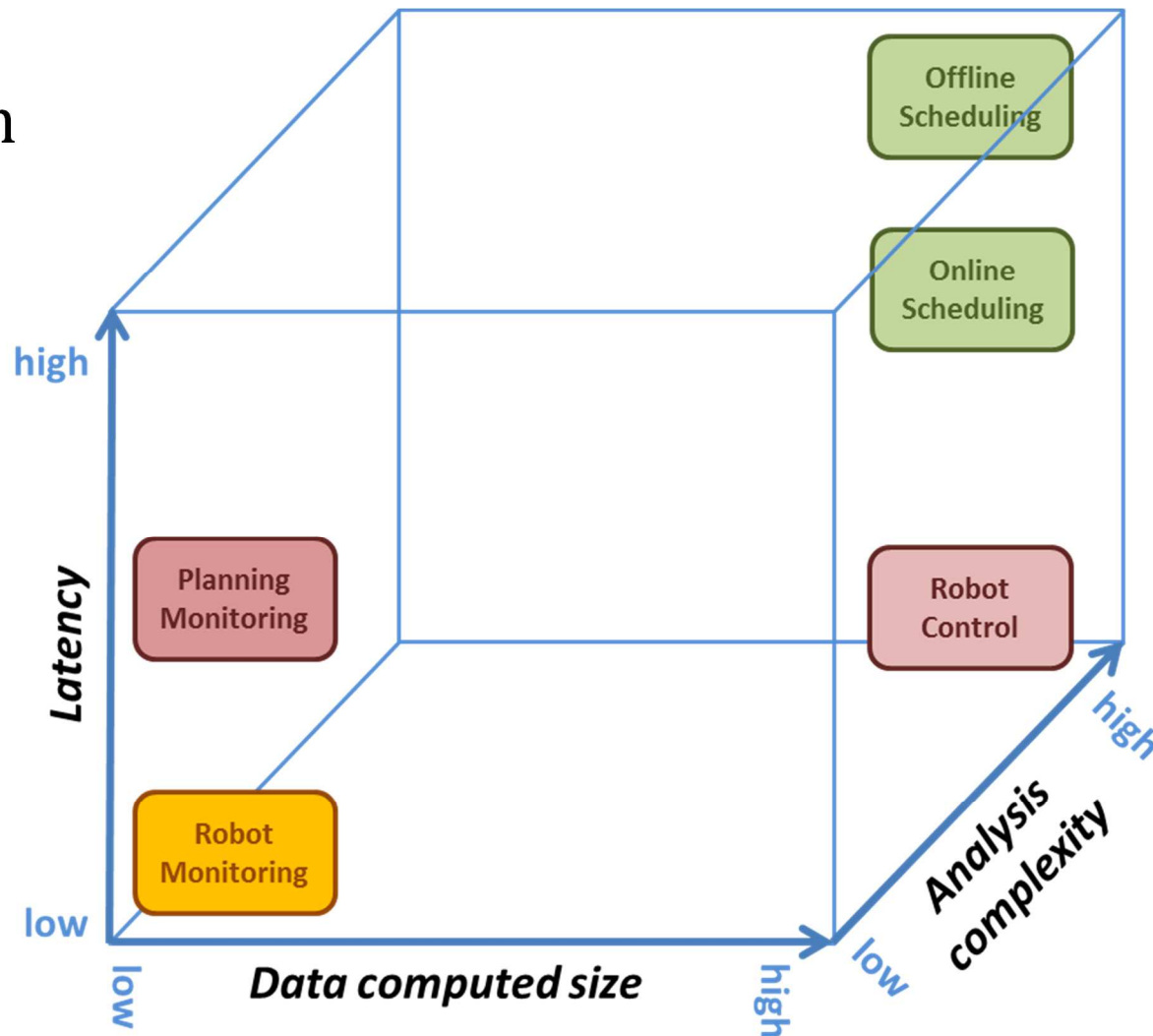


- ▶ L'approche Data Warehouse est classiquement déployée sur des machines serveurs (Cloud)
- ▶ L'approche Data Warehouse ne support pas l'analyse temps réel des données (données des robots)
- ▶ Les données des robots sont véhiculées via un ou plusieurs réseaux
- ▶ **Quelle architecture « données et réseaux » utiliser pour la planification?**

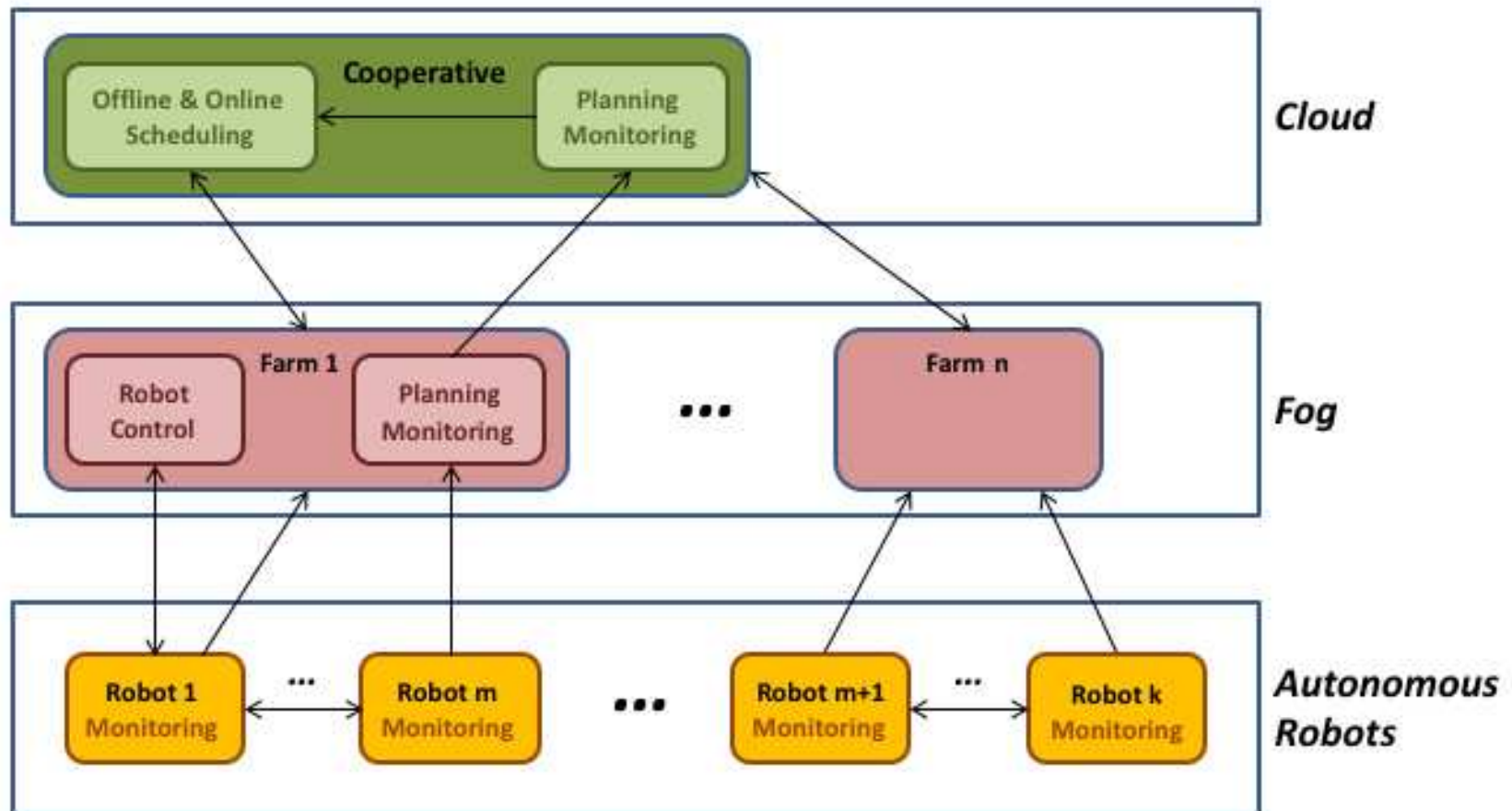
- Une premier travail de réflexion sur le lien données/réseaux/calcul est en cours



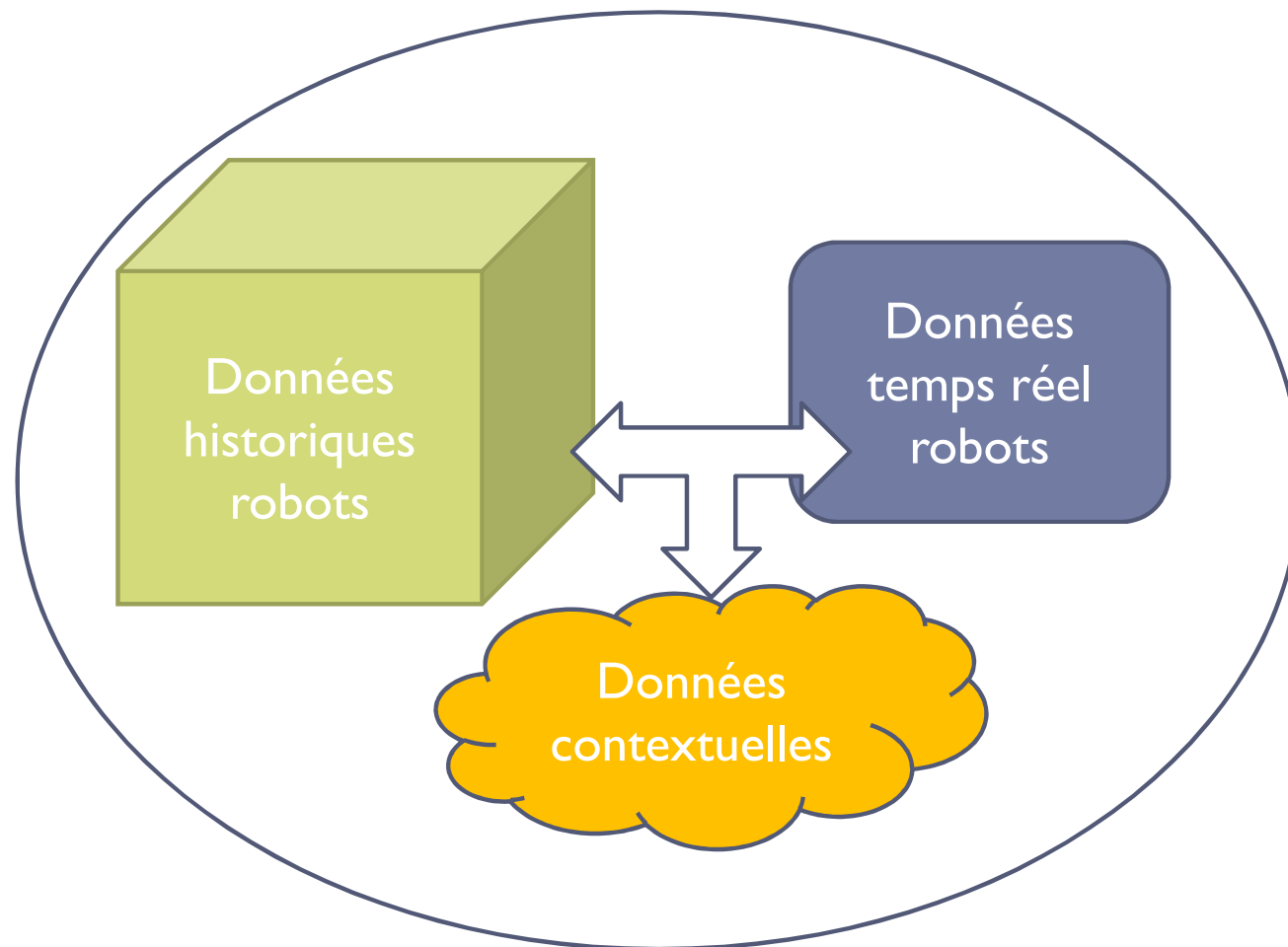
► Classification



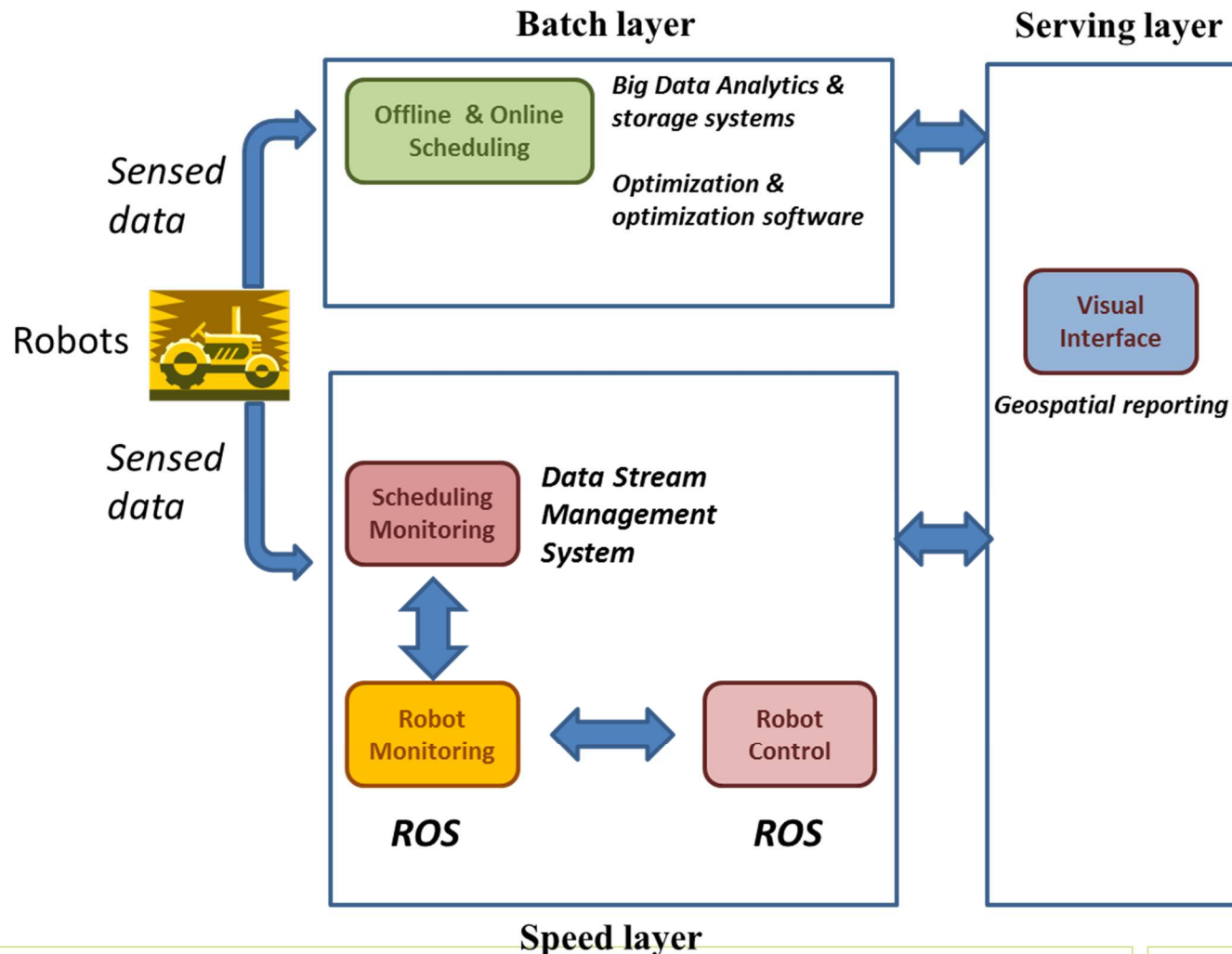
► Architecture réseaux



- ▶ Intégration de plusieurs typologies de données
 - ▶ Applications analytiques avancées (ex: planification)



- Architecture systèmes d'information (architecture Lambda)
 - Intégration **données temps réel** et données historiques



- ▶ Un postdoc 12 mois travaillera sur la mise en place de l'architecture lambda - volet systèmes d'information (début 1 juin) (financé par CAP2025)
 - ▶ Collaboration avec Pr. Rober Wrembel
- ▶ Un doctorant travaillera sur l'architecture - volet réseaux (6 mois) (collaboration avec Univ Salerno, Italie) (financement hors CAP2025)
- ▶ Article en cours de rédaction: **Towards a multi-layer architecture for autonomous robots online scheduling for agricultural activities in the era of Big Data: Open Issues.**