

SurferLab



Laboratoire en intelligence distribuée pour les systèmes de transport
Distributed Intelligence for Transportation Systems Laboratory



Yves SALLEZ – Damien TRENTESAUX

Plan

□ Historique des travaux / projet SURFER

□ Laboratoire commun SURFERLAB

- ❖ Principe
- ❖ Axes de Recherche

□ Les travaux récents

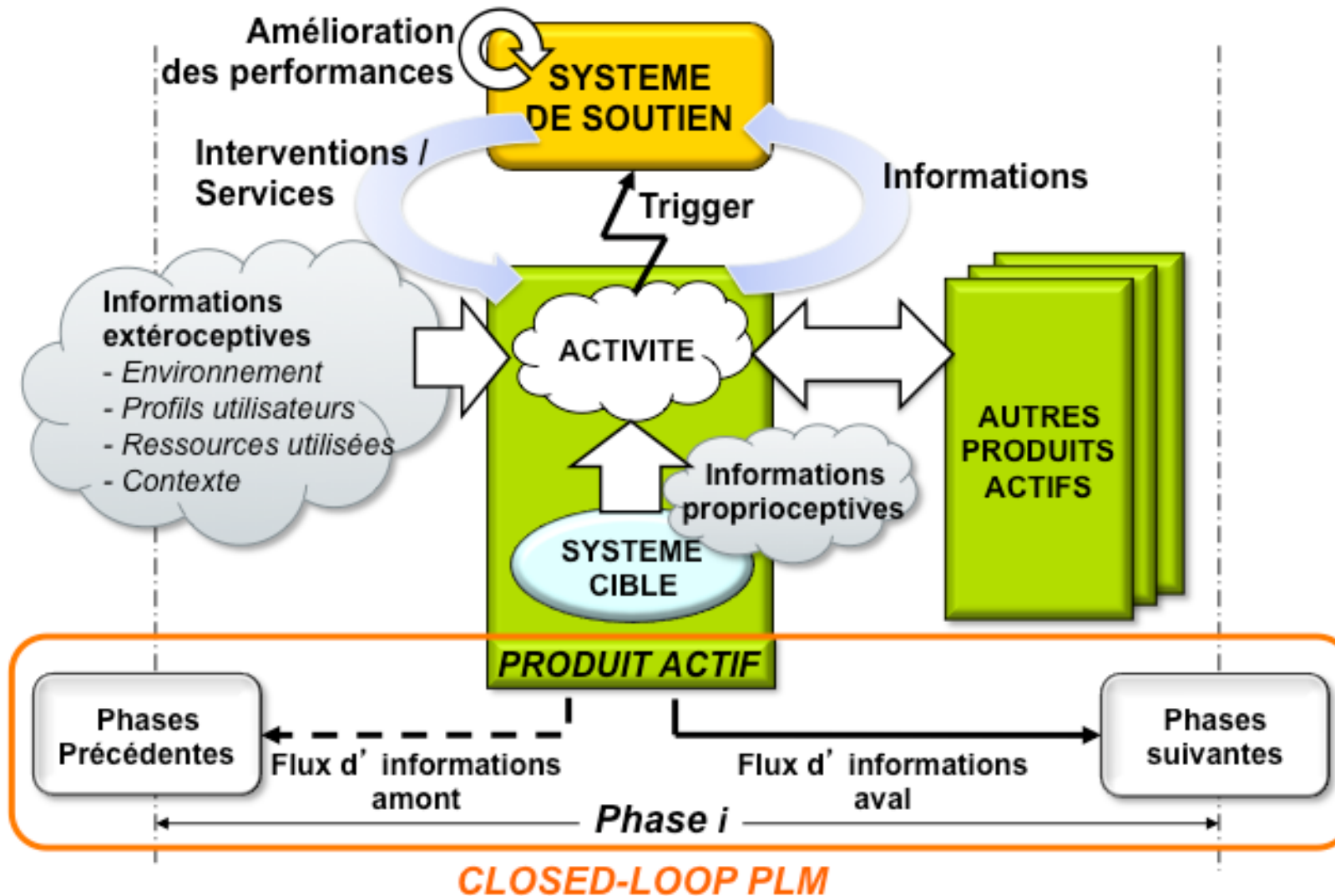
- ❖ Architecture de surveillance EMH²
- ❖ Gestion de flotte
- ❖ Modélisation des chaînes informationnelles

□ Les thèses en cours



Génèse

Travaux sur la notion de produit « actif »

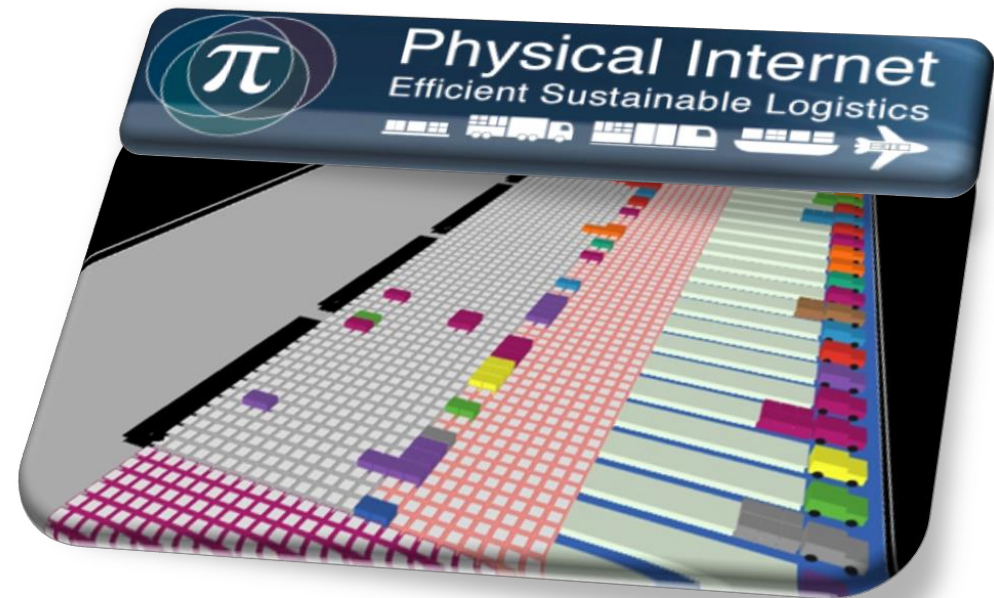


Génèse

Applications dans plusieurs domaines



Systèmes manufacturiers



Logistique (projet ANR PI-Nuts)

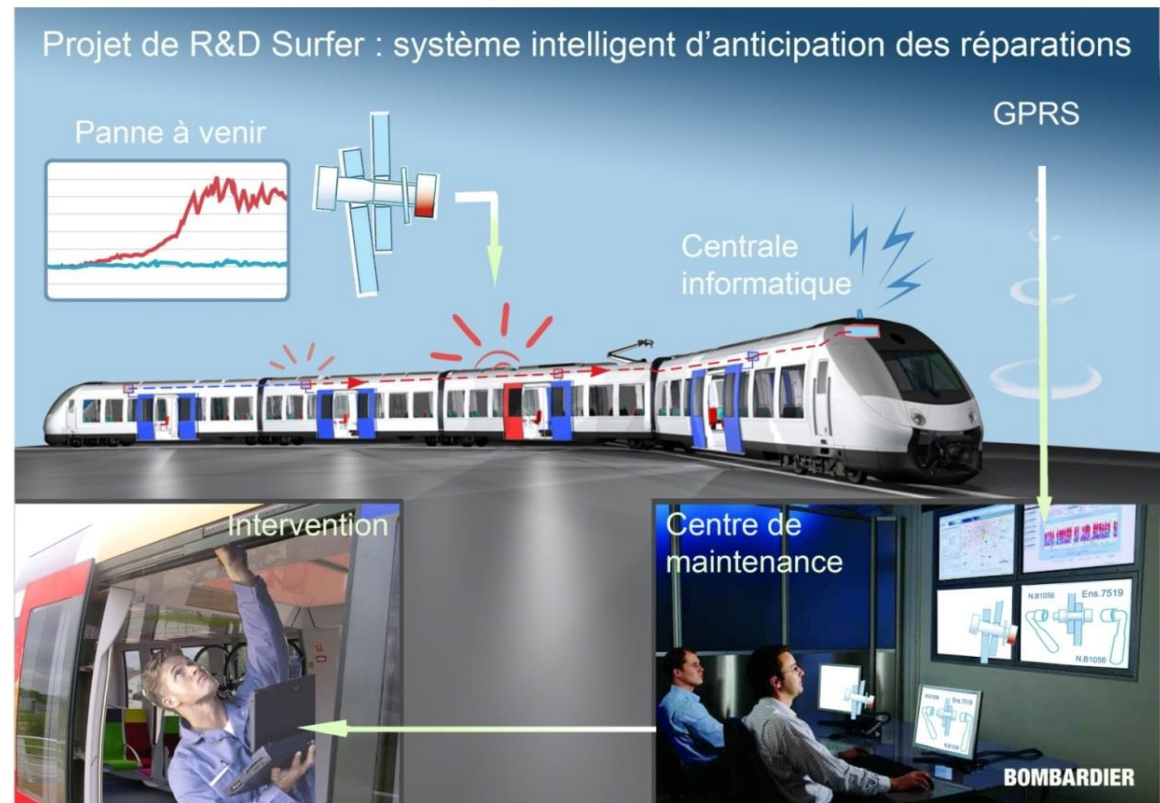
Projet SURFER

« SURveillance active FERroviaire »

Projet FUI, réalisé entre 2009 et 2013
avec le soutien du pôle de compétitivité
I-Trans

Partenaires :

- BOMBARDIER
- PROSYST
- UVHC
- IFFSTAR



Projet SURFER

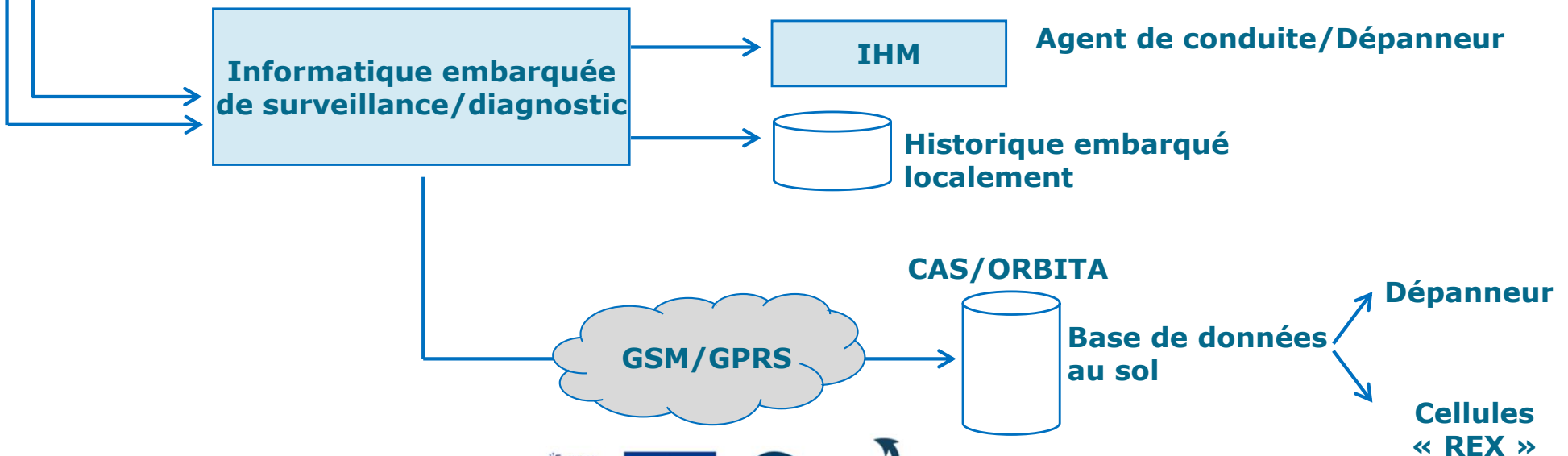
Architecture préexistante ORBITA



Deux sources d'information embarquées :

✚ Les états et défauts fournis par l'électronique de commande des composants d'équipementiers,

✚ Les relectures de composants électriques du Contrôle-Commande câblé, pour la création d'équations de défauts.

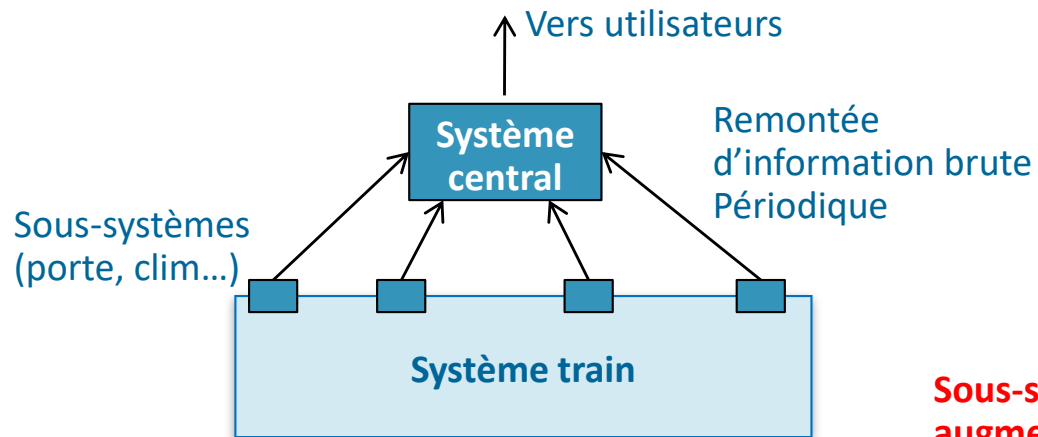


Projet SURFER

Evolution des architectures de surveillance

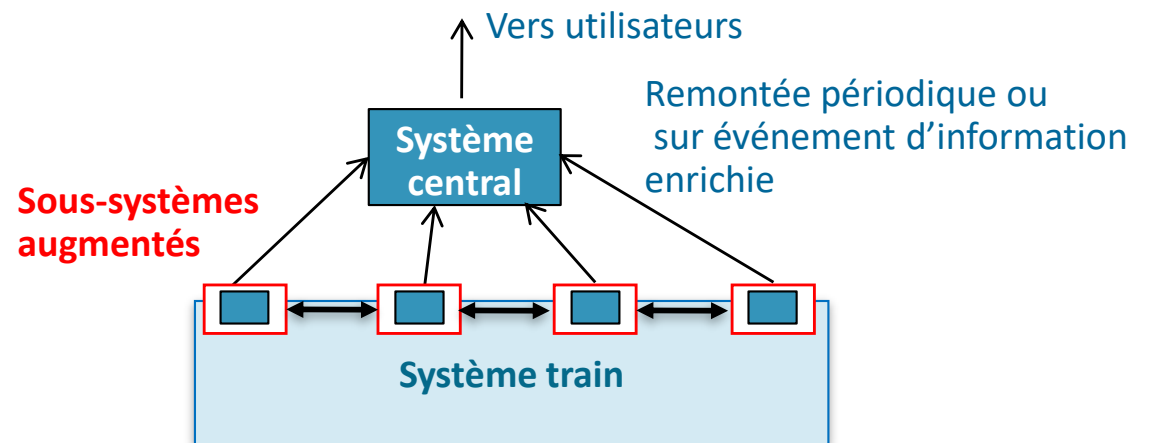


Architecture de surveillance ORBITA



Une masse de données est remontée et doit être expertisée avant utilisation

Architecture SURFER



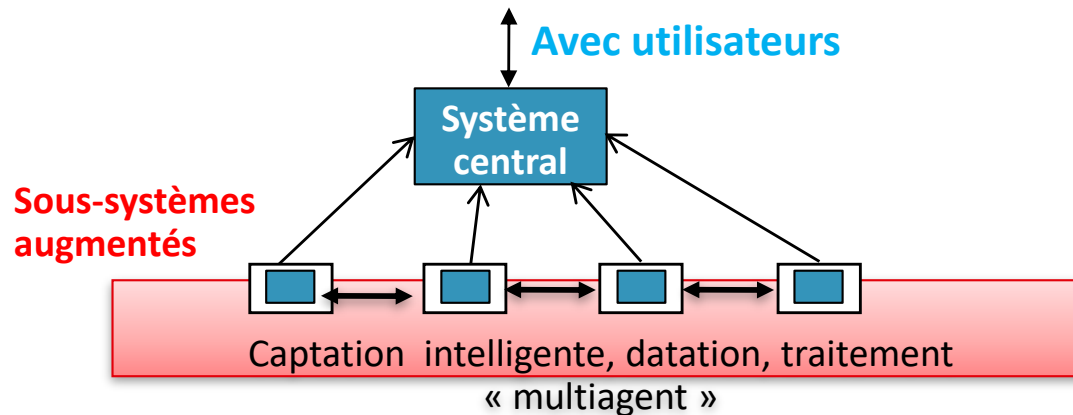
La surveillance est active, les sous-systèmes sont capables de générer des requêtes (warning), de coopérer et communiquer entre eux

- => rendre la surveillance robuste (éviter fausses alarmes)
- => faciliter le travail futur d'expertise des données

Projet SURFER



1- Architecture de surveillance active non intrusive



2- Deux types d'agents d'augmentation qui s'adressent à différents utilisateurs

Agents prédictifs, de type cognitif

Agents curatifs, de type réactif

Utilisateurs

Mainteneur atelier
Mainteneur en ligne
Fiabiliste / concepteur

3- Extension du télédiagnostic à la stratégies de maintenance

+ **Suivi / historiques des opérations de maintenance**

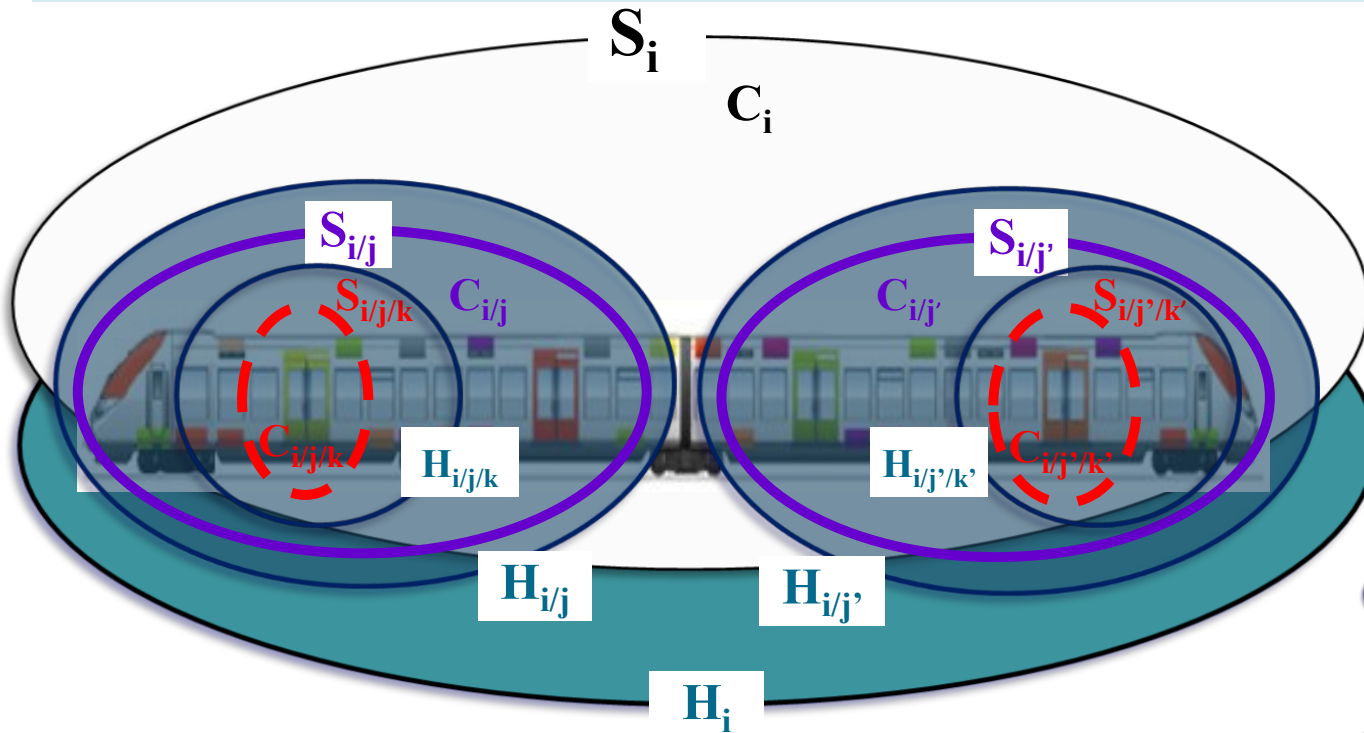
=> aide à la décision de maintenance

Projet SURFER

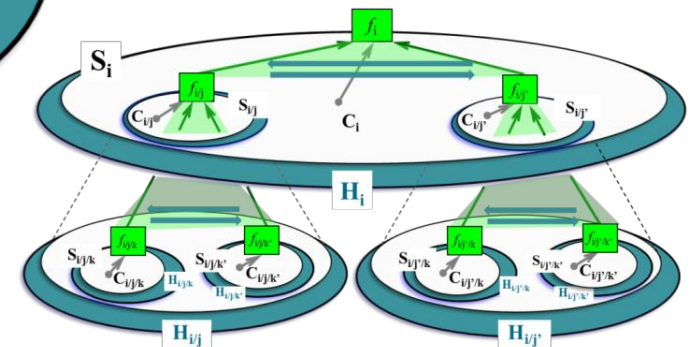
Thèse de Antoine LEMORTELLEC

Proposition d'une architecture de surveillance "active" à base d'agents intelligents pour l'aide à la maintenance de systèmes mobiles
Application au domaine ferroviaire

30 janvier 2014

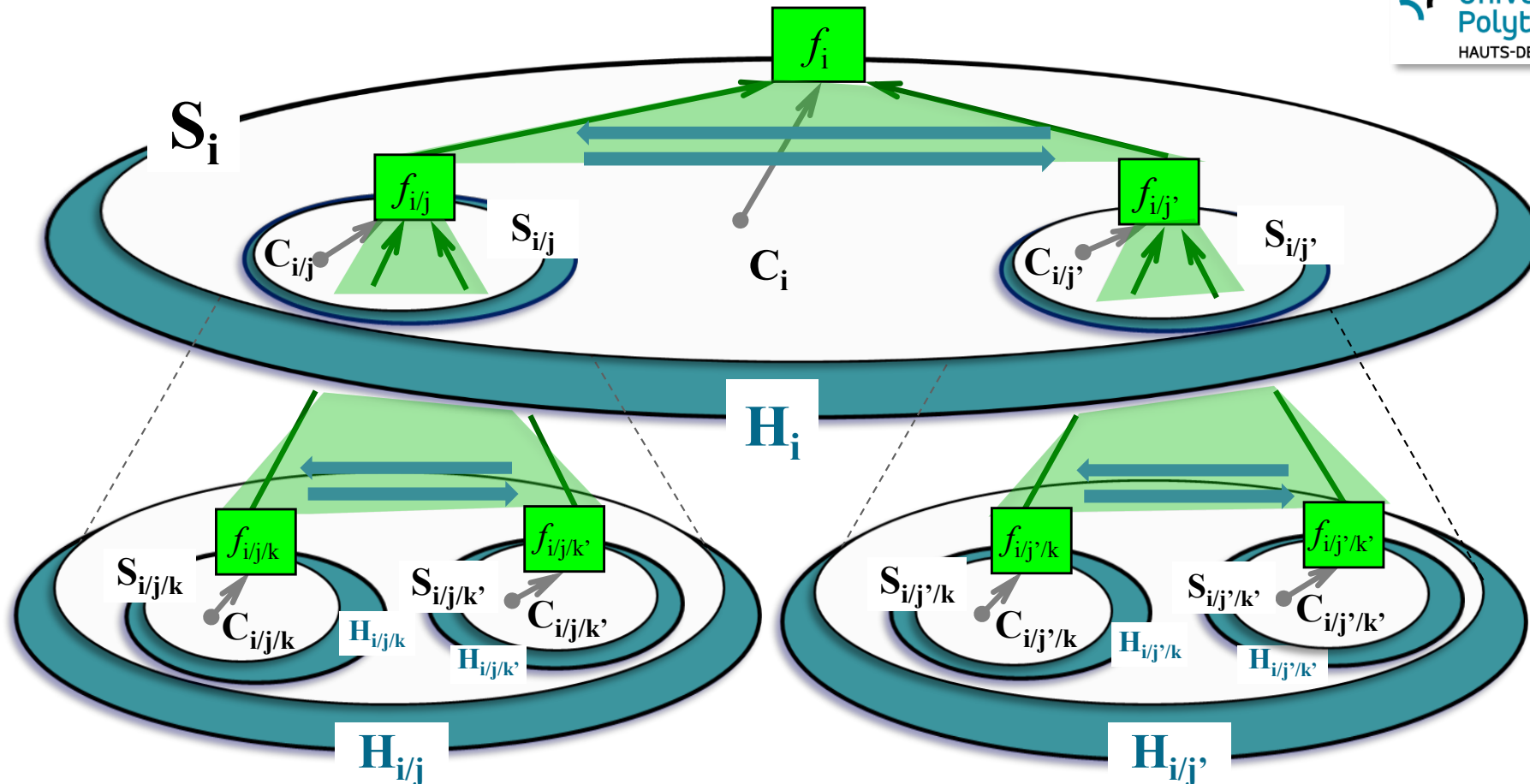


Architecture holonique



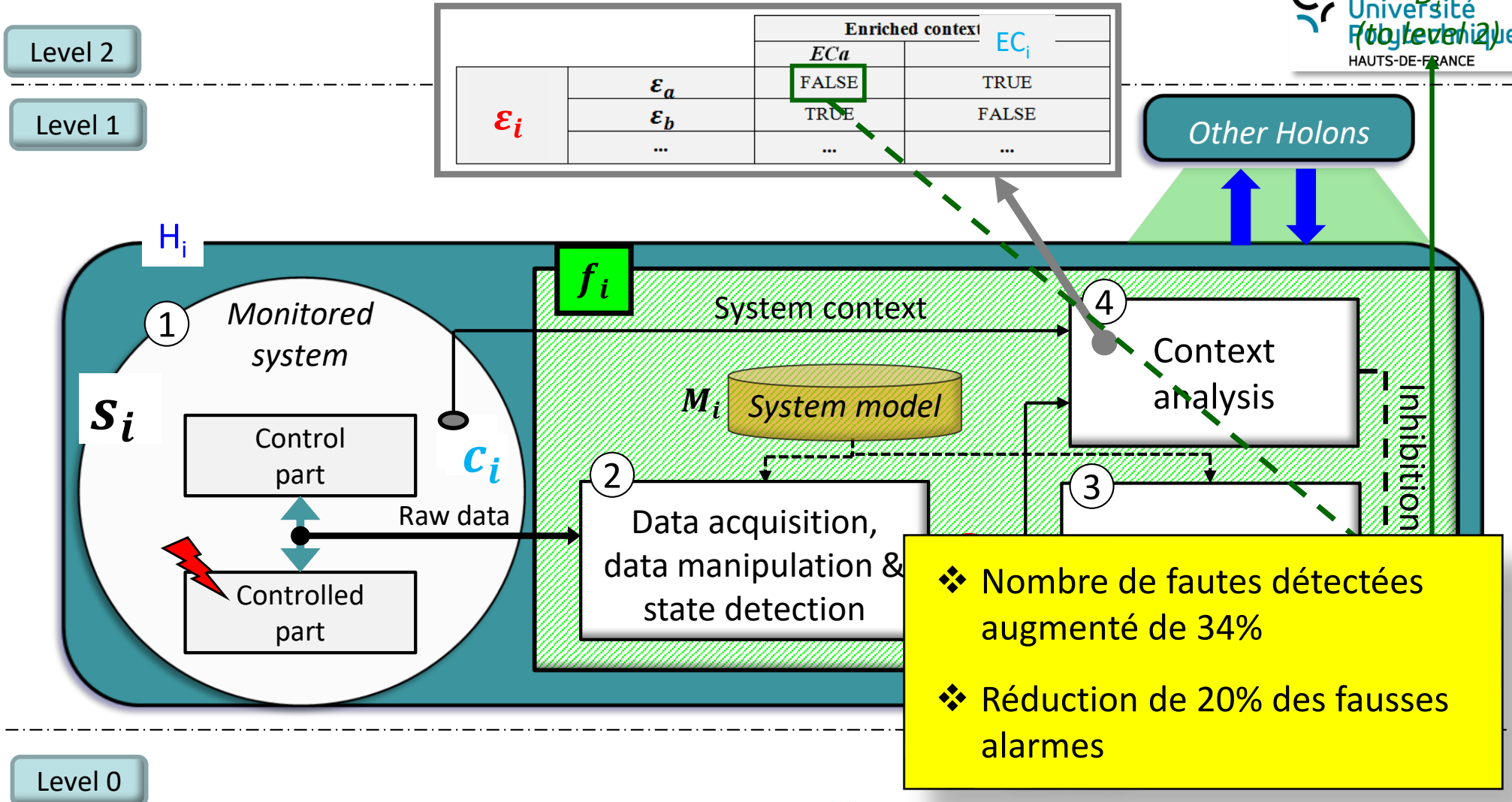
Projet SURFER

Architecture de diagnostic



Projet SURFER

Principe du diagnostic



- ❖ Nombre de fautes détectées augmenté de 34%
- ❖ Réduction de 20% des fausses alarmes

Un brevet commun



Banc de porte reproduisant toutes les sollicitations subies par les portes



Modèle comportemental nominal et seuils

SURFER
SURveillance active FERroviaire



BOMBARDIER
l'évolution de la mobilité



Communication sans fil

Informations de diagnostic

ie



Intervention



Centre de maintenance

Des agents logiciels embarquent une connaissance sur les équipements à surveiller. Ils communiquent entre eux et avec les centres de maintenance en cas de risque à venir sur le maintien en bon fonctionnement (pronostic de l'état de santé). Une intervention permet d'éviter la panne immobilisante.

Le train devient acteur de sa maintenance au sein de sa flotte!

BREVET EUROPEEN : BRANGER G., LE MORTELLEC A., CLARHAUT J., SALLET Y., BERGER T., TRENTESAUX D., EL SANWAR K., GRZESIAK F., ASSE A.
System and method for the asset management of railway trains,
E.U. patent 4,409,306. *Brevet*, juin 2016

Création de SURFERLAB



Créé en octobre 2016, SurferLab est un laboratoire commun entre Bombardier Transport, Prosyst et l'Université de Valenciennes et du Hainaut-Cambrésis

SurferLab se place dans la continuité d'un projet FUI, nommé SURFER (surveillance active ferroviaire) réalisé entre 2009 et 2013 avec le soutien de i-Trans

SurferLab est un laboratoire commun soutenu par le CNRS, le pôle de compétitivité I-Trans et financé par la région

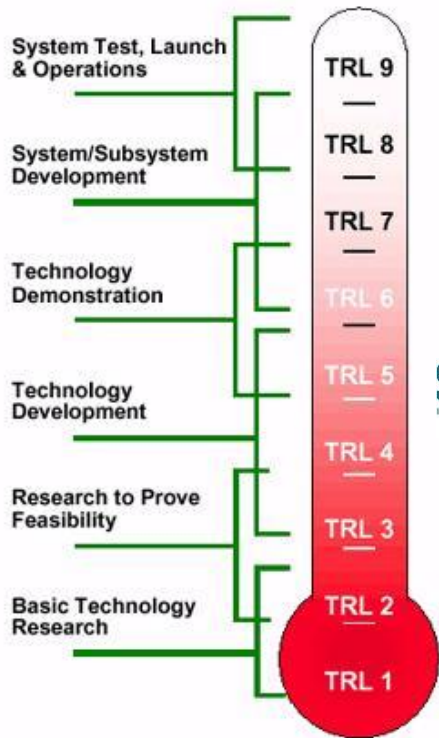


Ambitions



- Généraliser l'approche Surfer: tout équipement, niveau flotte
- Créer un lien entre recherche et transfert (« vallée de la mort ») par une boucle vertueuse
- Benchmark: outil veille scientifique pour les industriels
- Mutualiser les moyens humains et matériels, n'est pas une somme de projets
- Ouverture vers d'autres secteurs industriels
- Un outil de ressourcement, de formation et de conseil auprès des partenaires industriels
- Un partage de la propriété intellectuelle
- Rendre à terme l'entité autonome

SurferLab: un incubateur d'idées



SurferLab

MISE EN OEUVRE AU SEIN DE SURFERLAB D'ACTIVITÉS SCIENTIFIQUES

résolument tournées vers les problématiques et enjeux industriels actuels, incluant une veille technologique et scientifique constante



Thèmes scientifiques



Développer des solutions technologiques numériques embarquées dans des systèmes de transport intelligents, au service d'une organisation humaine

Développer de nouveaux métiers et services pour optimiser la maintenance d'une flotte

Trois axes de recherche



Axe 1 : vers une maintenance connectée.

Cet axe est relatif au déploiement au niveau d'une flotte de véhicules des principes initialement développés dans le projet SURFER et étendus à l'optimisation des opérations de maintenance.

Axe 2 : apprentissages et modèles.

Les modèles développés sont fortement paramétrés et dépendent donc d'une connaissance experte. L'apprentissage (auto-tuning) est une piste de recherche très prometteuse.

Les travaux menés dans cet axe alimenteront les activités de l'axe 1.

Trois axes de recherche



Axe 3 : intégration conception/cycle de vie du produit (PLM).

L'ouverture vers la notion de cycle de vie constitue un axe de généralisation des développements initiés dans SURFER.

Solutions et « Surfer » way



Nous proposons une approche originale en **big data** basée sur le brevet afin de gérer et exploiter d'une manière efficace le flot de données au sein d'une flotte.

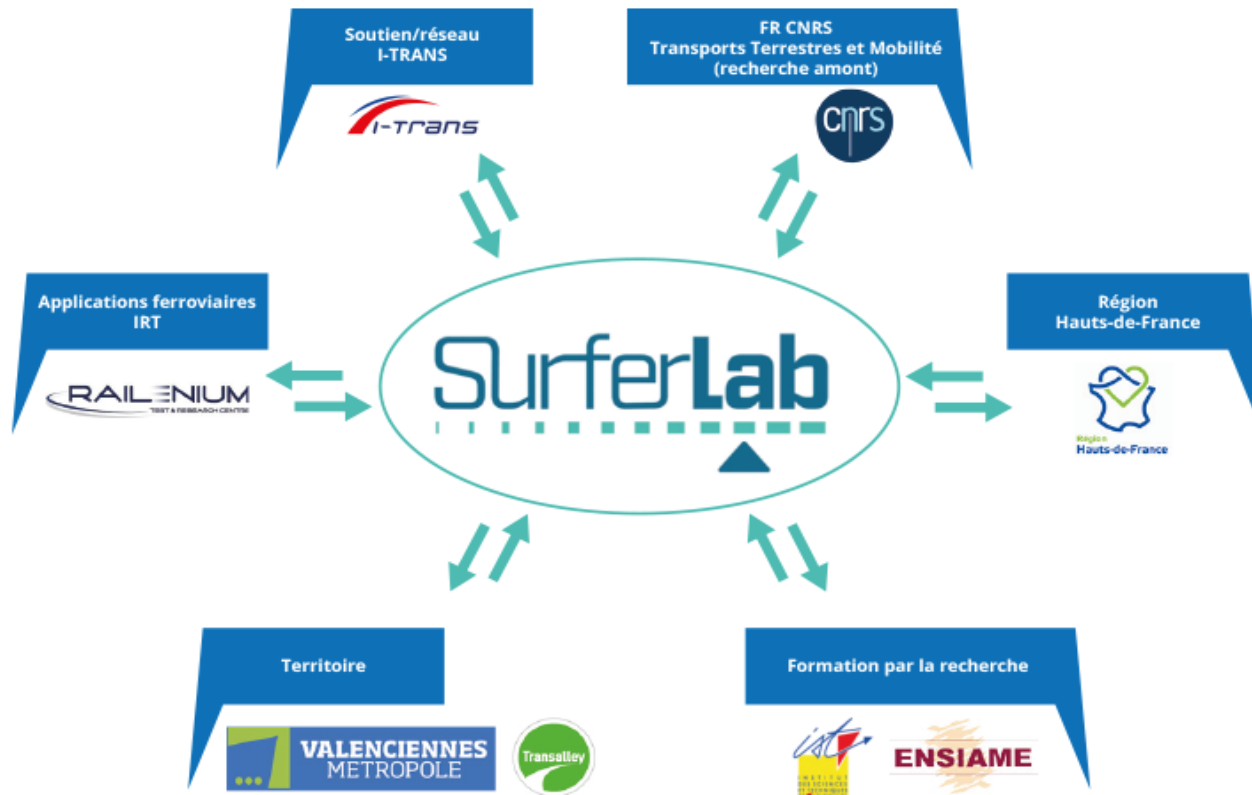
Nous nous définissons comme des architectes de systèmes d'information ayant pour mission de transformer les données brutes en connaissances fiables, exploitables, c'est le « **Surfer way** » !



Offre de solutions:

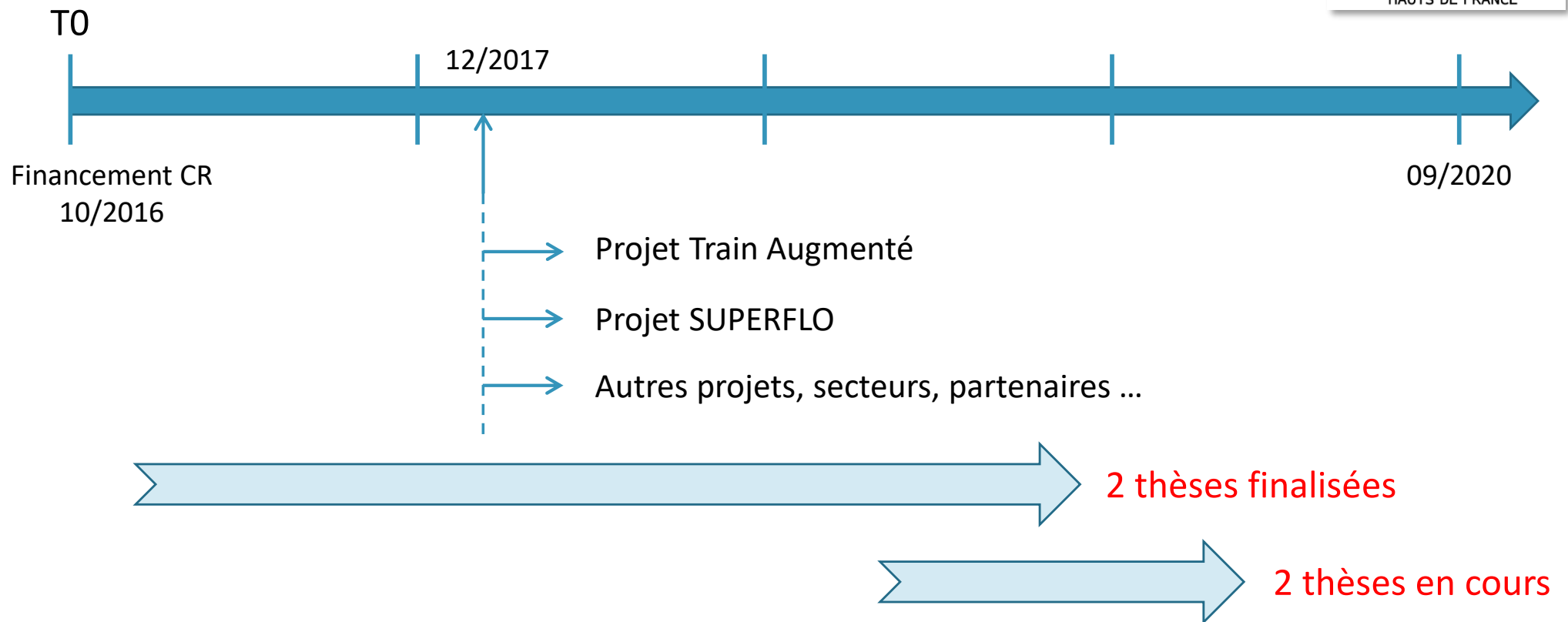
- **Conseils, expertises technique ou scientifique:** analyse, spécifications, état de l'art
- **Projets de recherche:** ANR, FUI, Européen (H2020)
- **Prestations techniques** en application du brevet Surfer

Eco-système



SurferLab est ancré de manière durable dans son écosystème

Etat d'avancement



Architecture EMH²

Thèse de Ahmat Fadil ADOUM

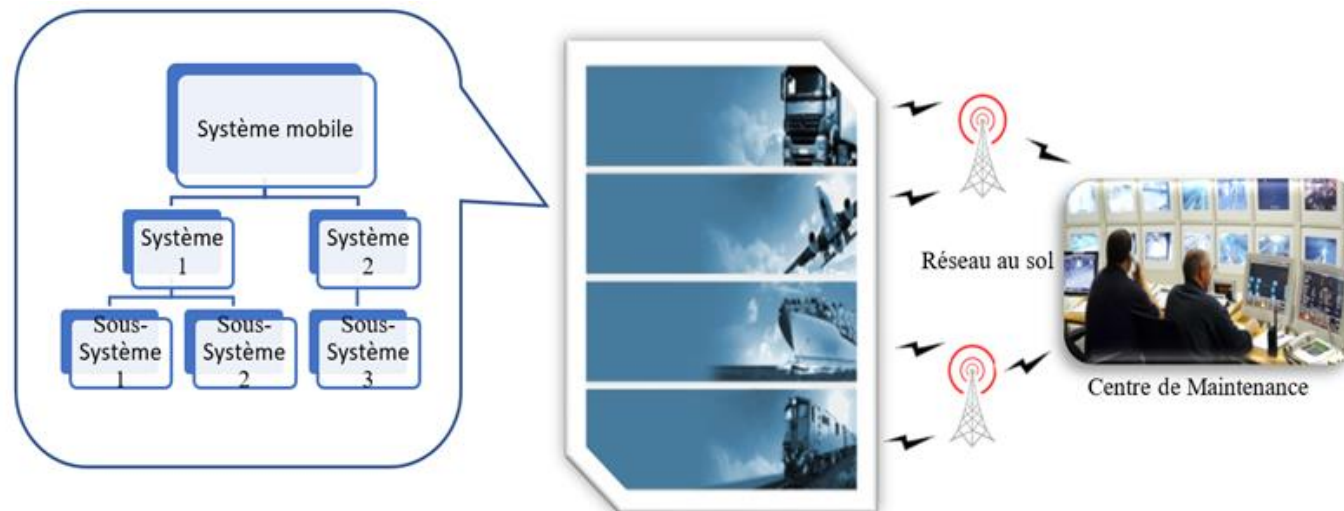
Proposition d'une architecture de surveillance Holonique pour l'aide à la maintenance proactive d'une flotte de systèmes mobiles : application au domaine ferroviaire

14 Janvier 2019



Objectif : Compléter l'étude réalisée dans le cadre du projet SURFER

➡ Une architecture de surveillance à base d'agents intelligents pour l'aide à la maintenance d'une flotte de systèmes mobiles



Composition homogène de chaque système mobile

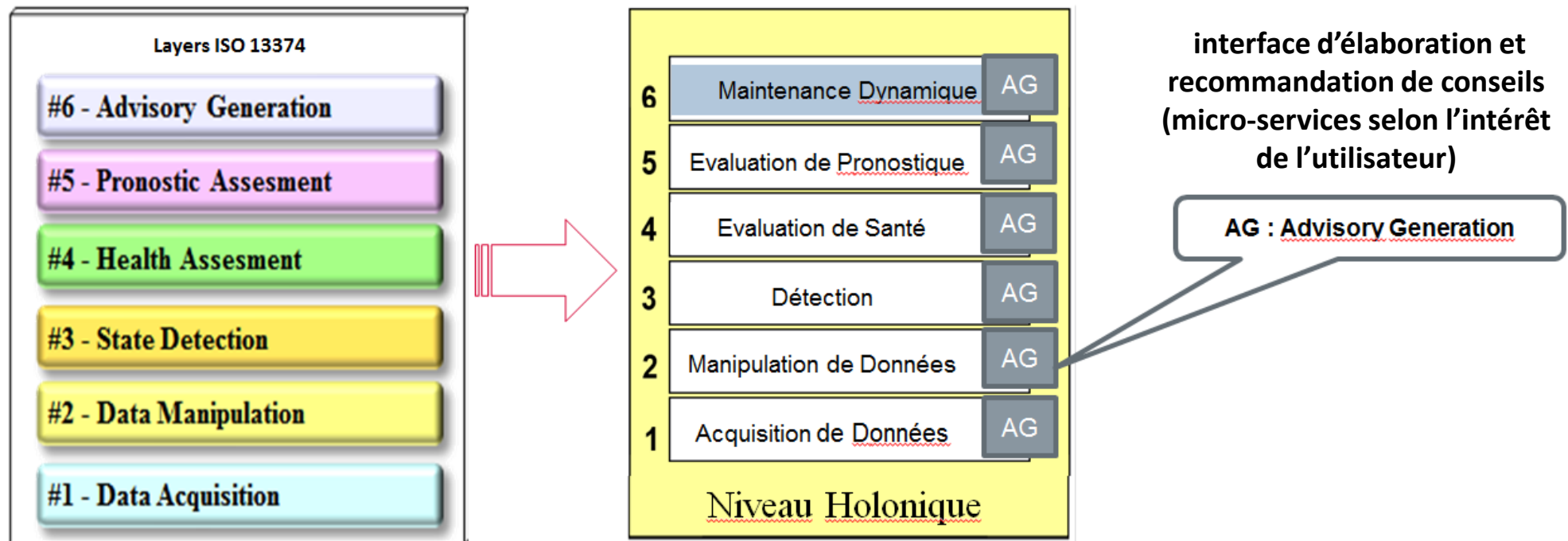
Flotte de systèmes mobiles

Architecture EMH²

Principe de base de l'approche EMH2

I. Le principe d'alignement des niveaux d'abstraction de la supervision avec les niveaux holoniques

Les fonctions de surveillance des Holons de EMH² sont alignées avec la mission de chaque Niveau Holonique, Les missions de chaque niveau sont inspirées de la norme ISO 13374 : pour chaque couche, un Niveau Holonique est défini .



Architecture EMH²

Principe de base de l'approche EMH2

II. Le principe de décomposition systémique



Un holon « train » surveille tous ses accès voyageurs via tous ses holons « portes » qui surveillent chacun leur motorisation via leur holon « moteur ».

Un Niveau Holonique fait ainsi référence à un groupe d'Holons appartenant à la même famille.

Evolution de la surveillance durant les cycles de vie de systèmes « S_i »
et sous-systèmes « SS_{ij} » :

$$\Gamma \mid = I(S_i, t, c_i) \quad \text{----- Formule 1}$$

$$\Gamma = \{ I(SS_{i1}, t, c_{i1}), I(SS_{i2}, t, c_{i2}), I(SS_{i3}, t, c_{i3}), \dots \dots I(SS_{ij}, t, c_{ij}) \} \mid = I(S_i, t, c_i) \quad \text{---- Formule 2}$$

$$\{ I(S_1, t, c_1), I(S_2, t, c_2), I(S_3, t, c_3), I(S_4, t, c_4), \dots \dots, I(S_n, t, c_n) \} \mid = I(F, t, c) \quad \text{-----Formule 3}$$

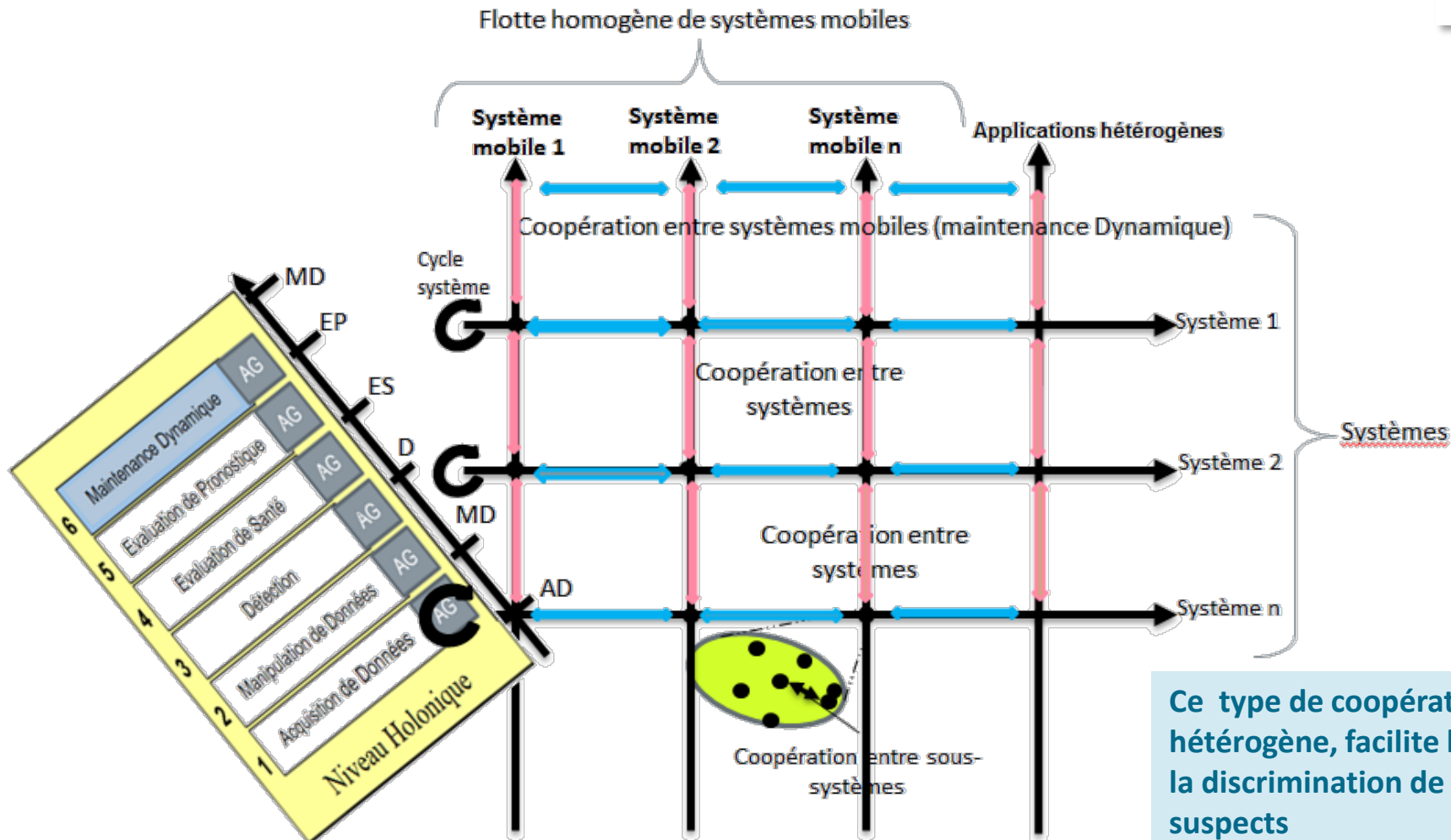
Evolution dans le temps Contexte

The diagram consists of a horizontal line with two vertical arrows pointing upwards from it. The text 'Evolution dans le temps' is on the left and 'Contexte' is on the right.

Architecture EMH²

Principe de base de l'approche EMH2

III. Coopérations homogène et hétérogène

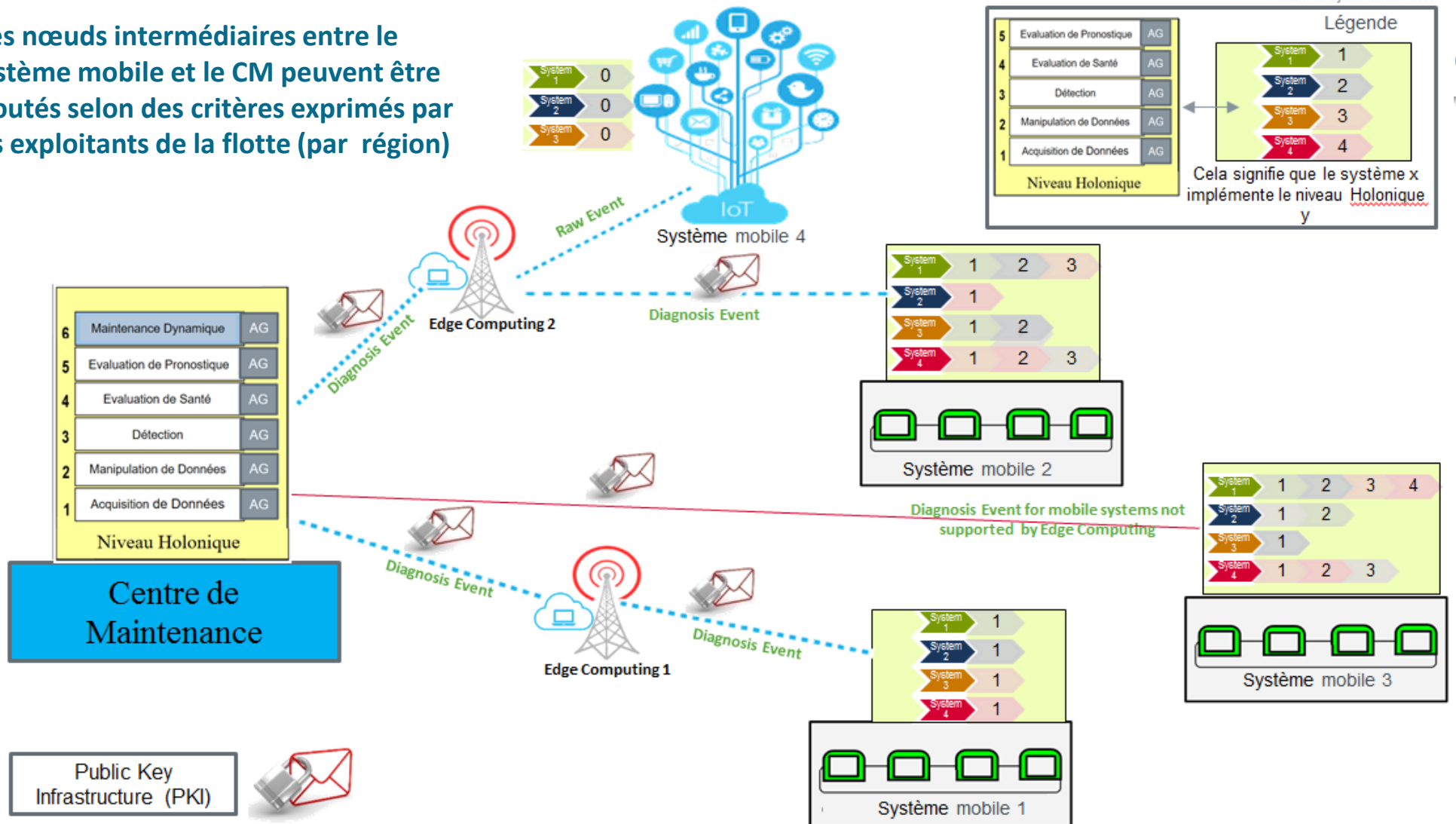


Architecture EMH²

Déploiement

le **déploiement progressif** des nœuds EC a pour but de limiter la transmission de volumes de données et d'événements entre les systèmes mobiles et avec le CM au sol.

Des nœuds intermédiaires entre le système mobile et le CM peuvent être ajoutés selon des critères exprimés par les exploitants de la flotte (par région)



Architecture EMH²

Résultats

- KPI # 1: mesure des coûts de maintenance
- KPI # 2: qualité des processus de diagnostic et rapidité de l'intervention
- KPI # 3: réactivité et qualité de la surveillance
- KPI # 4: adaptabilité lorsque des systèmes nouveaux ou révisés sont introduits



KPI	#1 Nombre de visites de maintenance par semaine	#2 Temps nécessaire pour enquêter, diagnostiquer et générer des rapports relatifs à une intervention	#3 Temps requis par l'architecture de gestion des événements pour mettre à jour les données concernant l'état de santé	#4 Temps moyen nécessaire à l'architecture pour organiser le processus de surveillance d'un équipement ou d'un système nouveau ou révisé.
Situation actuelle	$m > 9$ visites par semaine	≥ 45 minutes	24 Heures	03 Heures



KPI	#1 Nombre de visites de maintenance par semaine	#2 Temps nécessaire pour enquêter, diagnostiquer et générer des rapports relatifs à une intervention	#3 Temps requis par l'architecture de gestion des événements pour mettre à jour les données concernant l'état de santé	#4 Temps moyen nécessaire à l'architecture pour organiser le processus de surveillance d'un équipement ou d'un système nouveau ou révisé.
Target	< 9 visites par semaine	< 30 min	< 5 Heures	< 02 Heures

Gestion de flotte

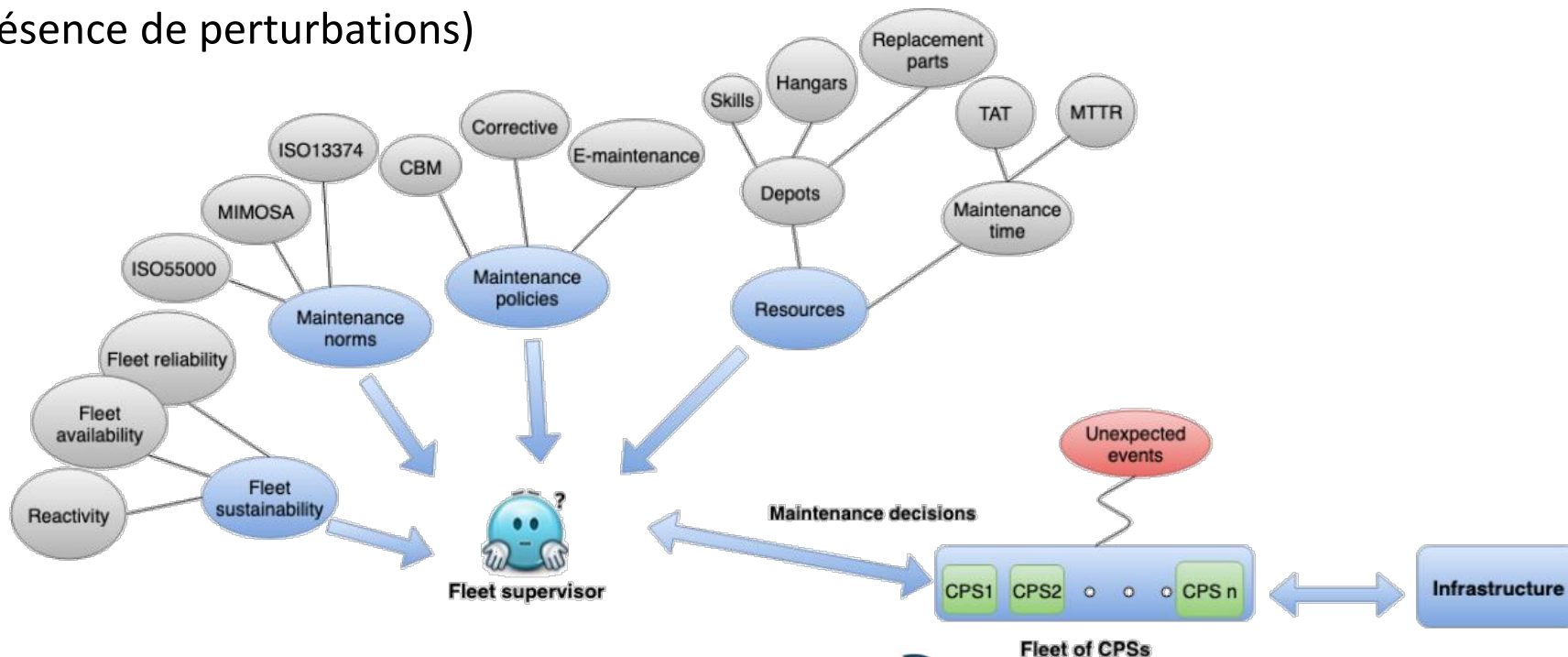
Thèse de John William MBULI

A multi-agent system for the reactive fleet maintenance support planning of a fleet of mobile cyber-physical systems: Application to rail transport industry

Novembre 2019



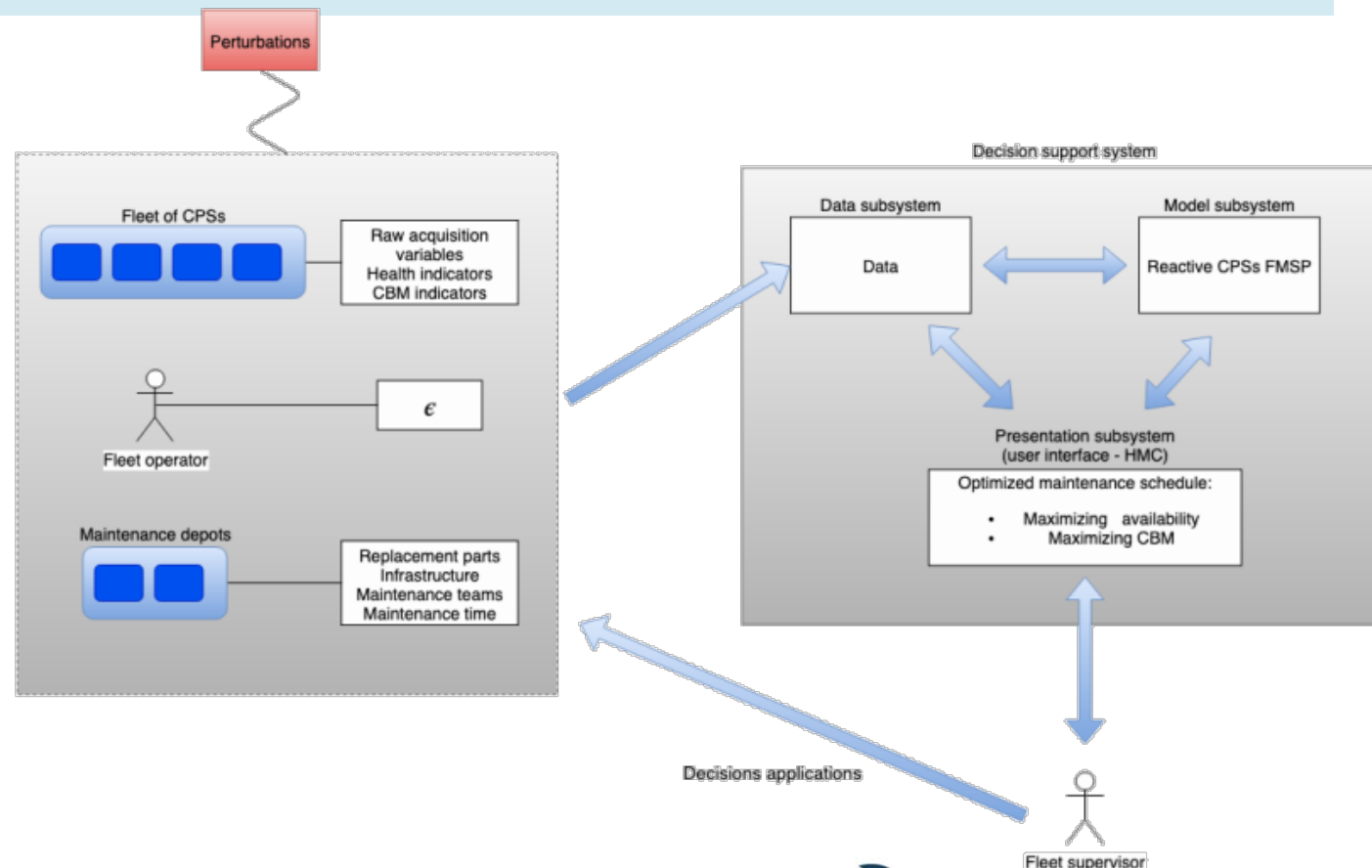
Objectif : optimiser le nombre d'interventions de maintenance conditionnelle tout en maintenant un bon niveau de disponibilité de la flotte dans un environnement dynamique (présence de perturbations)



Gestion de flotte

Le superviseur de la flotte prend les décisions de maintenance des entités de la flotte en fonction :

- de la disponibilité de la flotte (exigence des exploitants),
- de la fiabilité (état de santé actuel et futur) et
- de la disponibilité des ressources (dépôts de maintenance).



Gestion de flotte

Principe

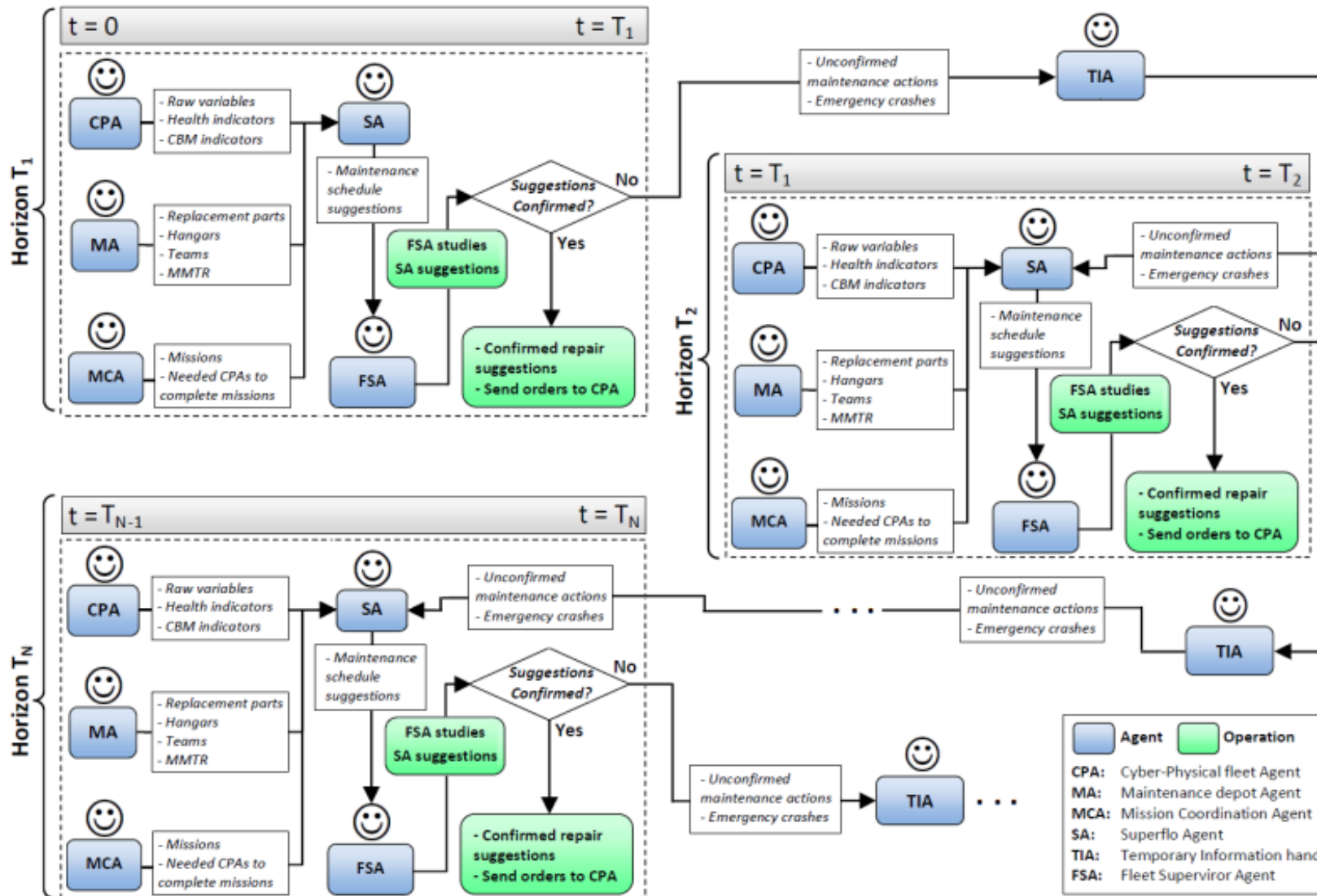
- ❑ **Détermination des différents groupes de CPS** (aucune maintenance, maintenance corrective, CBM maintenance)
- ❑ **Vérification du niveau de disponibilité de la flotte.** Ceci est calculé en utilisant le nombre de CPS requis pour les opérations de la flotte (ϵ , indiqué par l'exploitant de la flotte), le nombre de CPS prêts à être utilisés (en termes d'état de santé des CPS) et le seuil de disponibilité de la flotte (μ) indiqué par le superviseur de la flotte.
- ❑ **Vérification de la disponibilité des ressources de maintenance.** Les vérifications doivent être effectuées vis-à-vis des données d'information des dépôts de maintenance traitées dans la couche de données. Les ressources de maintenance dans ce contexte prennent en compte les équipes de maintenance, l'infrastructure de maintenance et les pièces de rechange.
- ❑ **Planification de maintenance réactive des CPS en termes de santé, de disponibilité de la flotte et de ressources de maintenance.**



Gestion de flotte

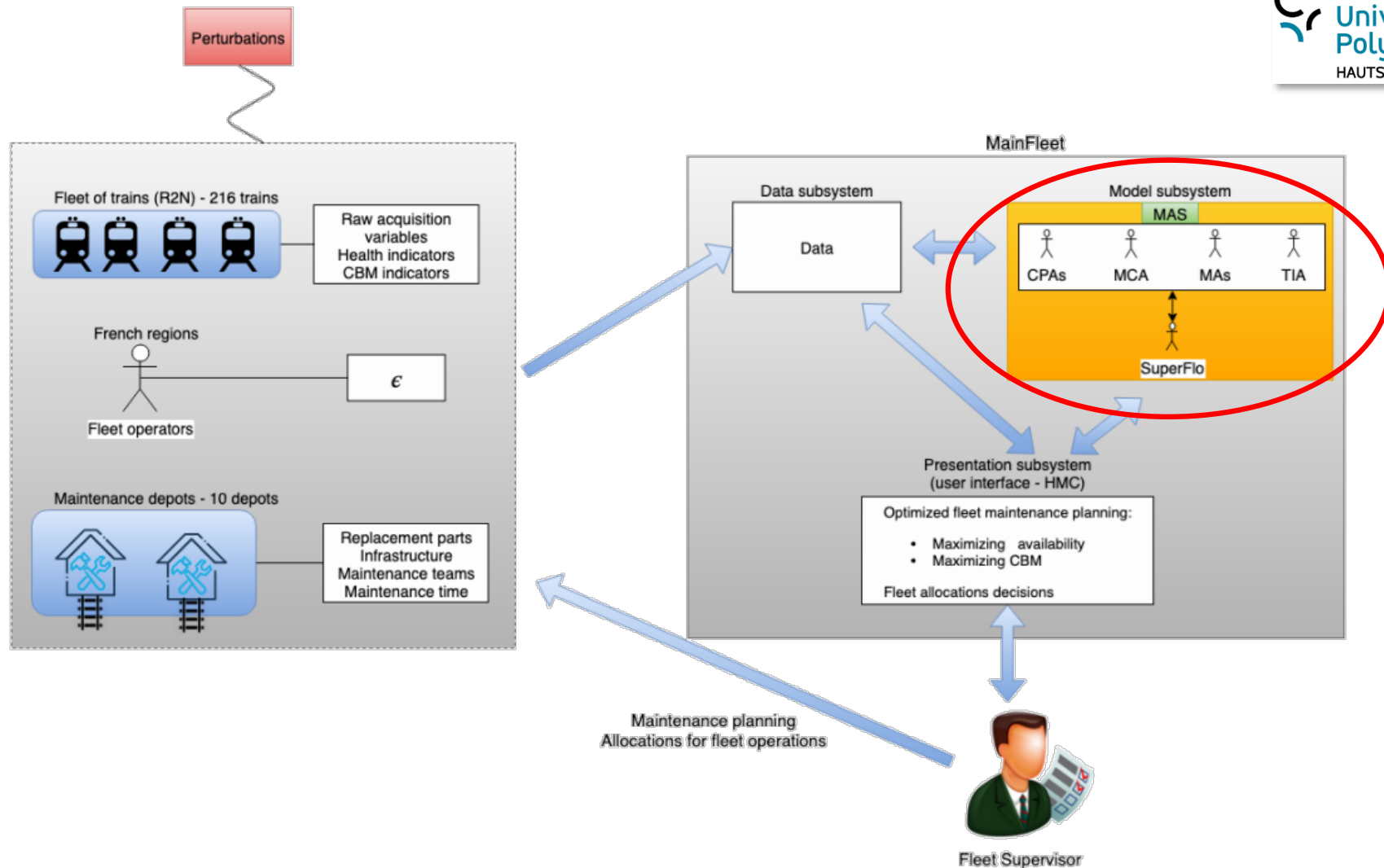
Approche multi-agents

Horizon temporel glissant



Gestion de flotte

SMA en action

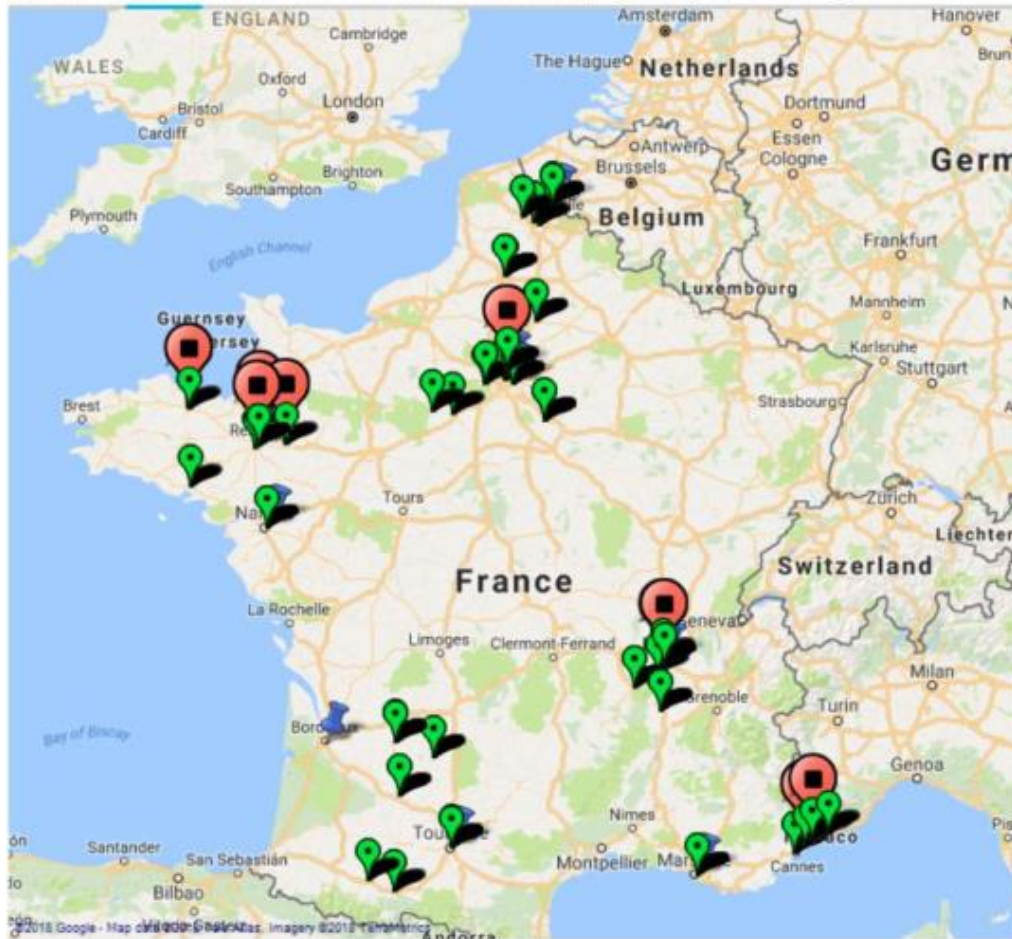


Gestion de flotte

SUPERFLO



La flotte R2N Geoloc Groupement trains Etat de santé Classement par gravité Systèmes Planning



09:32:41

File Help

I'm Superflo. Can I help you?

Status Priority R2N

NAT

Send

BOMBARDIER
l'évolution de la mobilité

Prosynt
Master of system automation

Université Polytechnique
HAUTS-DE-FRANCE



Gestion de flotte

SUPERFLO



BOMBARDIER
l'évolution de la mobilité



f system automation

Université
Polytechnique
JTS-DE-FRANCE



Geoloc Groupement trains La flotte R2N Etat de santé Classement par gravité Systèmes Planning



14:56:14

File Help

I'm Superflo. Can I help you?

Status Priority R2N

NAT

Send



Gestion de flotte

BOMBARDIER
l'évolution de la mobilité



Prosyst

Master of system automation

SurferlabAI (Exécution) - Microsoft Visual Studio

Fichier Edition Affichage Projet Générer Débugger Équipe Outils Test Analyser Fenêtre Aide

Processus : [5104] SurferlabAI.vshost.exe

```
771 }
772 }
773 }
774 private void button13_Click(object sender, EventArgs e)
775 {
776     metroPanel11.Visible = false;
777     label6.Visible = true;
778     button9.Visible = false;
779     button11.Visible = true;
780 }
781 }
782 }
783 }
784 private void metroTabPage1_Click(object sender, EventArgs e)
785 {
786 }
787 }
788 }
789 private void timer3_Tick(object sender, EventArgs e)
790 {
791     if (button15.BackColor == Color.Red)
792     {
793         button15.BackColor = Color.Green;
794         button18.BackColor = Color.Red;
795         button14.BackColor = Color.Green;
796         button13.BackColor = Color.Red;
797         button16.BackColor = Color.Green;
798     }
799 }
```

SurferLab AI
v 1.0

Solution complète 0 Erreurs 1 Avertissement 0 Messages Build + IntelliSense

Code	Description	Projet	Fichier	Li...	État de la sup...
CS0414	Le champ 'Form1.finishedSpeaking' est assigné, mais sa valeur n'est jamais utilisée	SurferlabAI	Form1.cs	452	Actif

Chaînes informationnelles

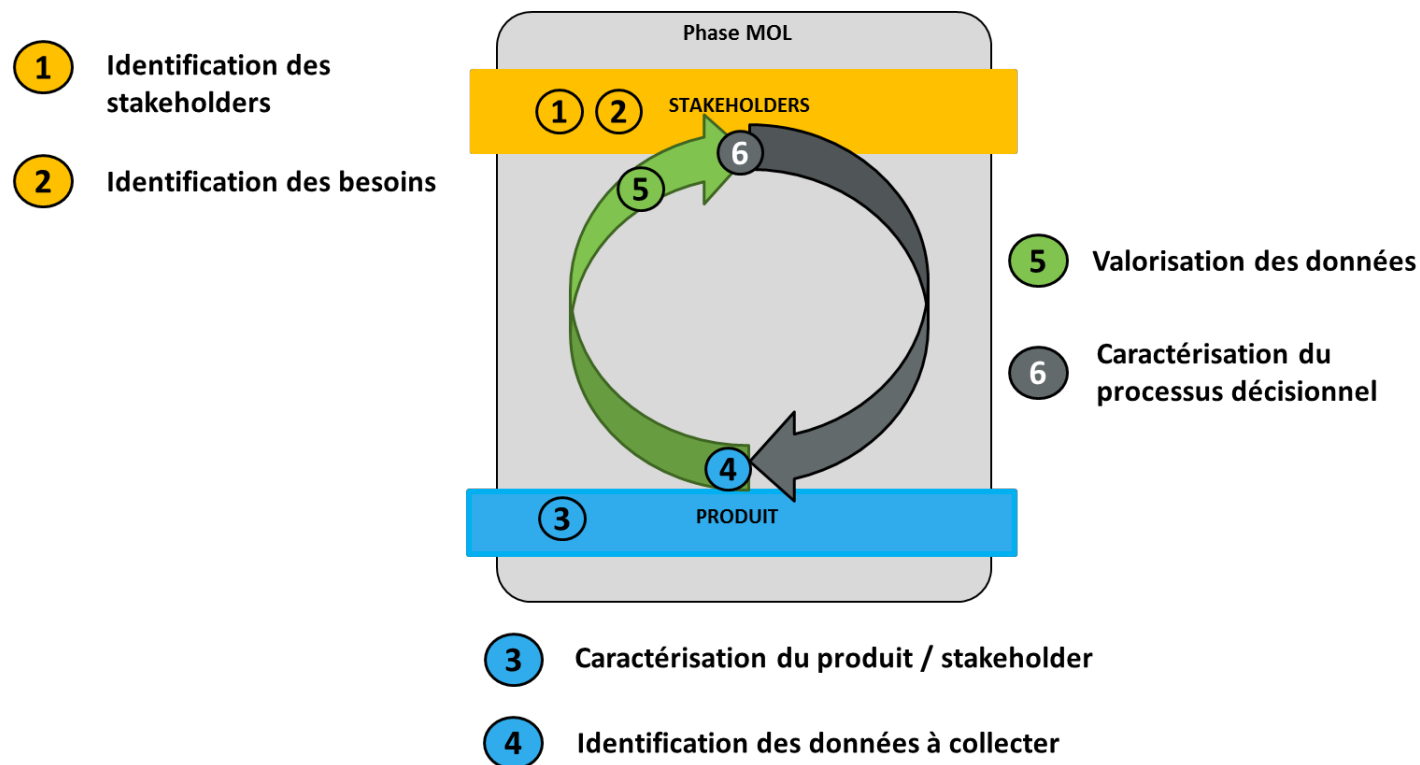
Thèse de Vivien BASSELOT

Contribution à la modélisation des chaînes informationnelles et des processus décisionnels associés à un produit « intelligent »

23 octobre 2019

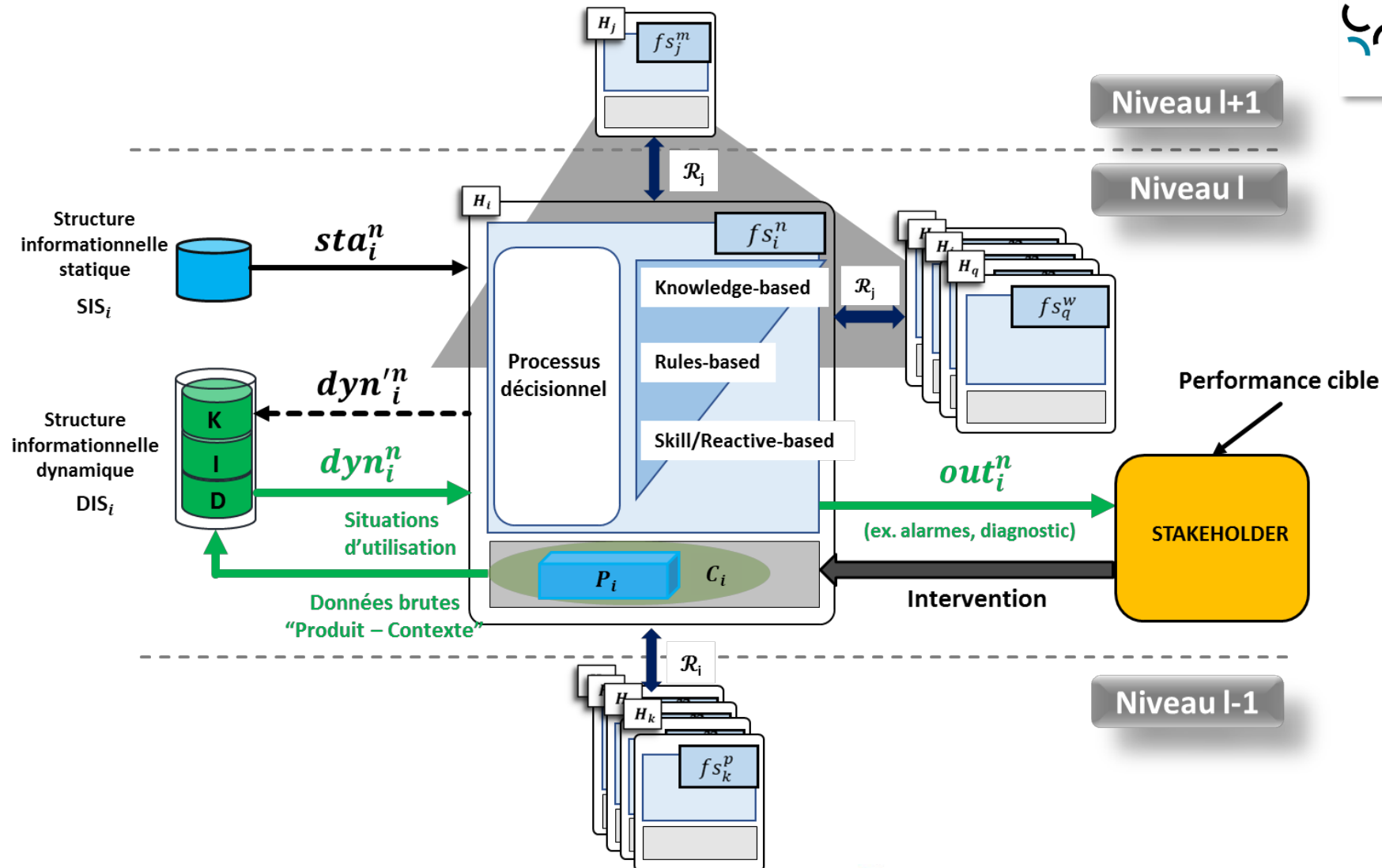


Objectif : Modéliser les chaînes informationnelles entre produits et stakeholders



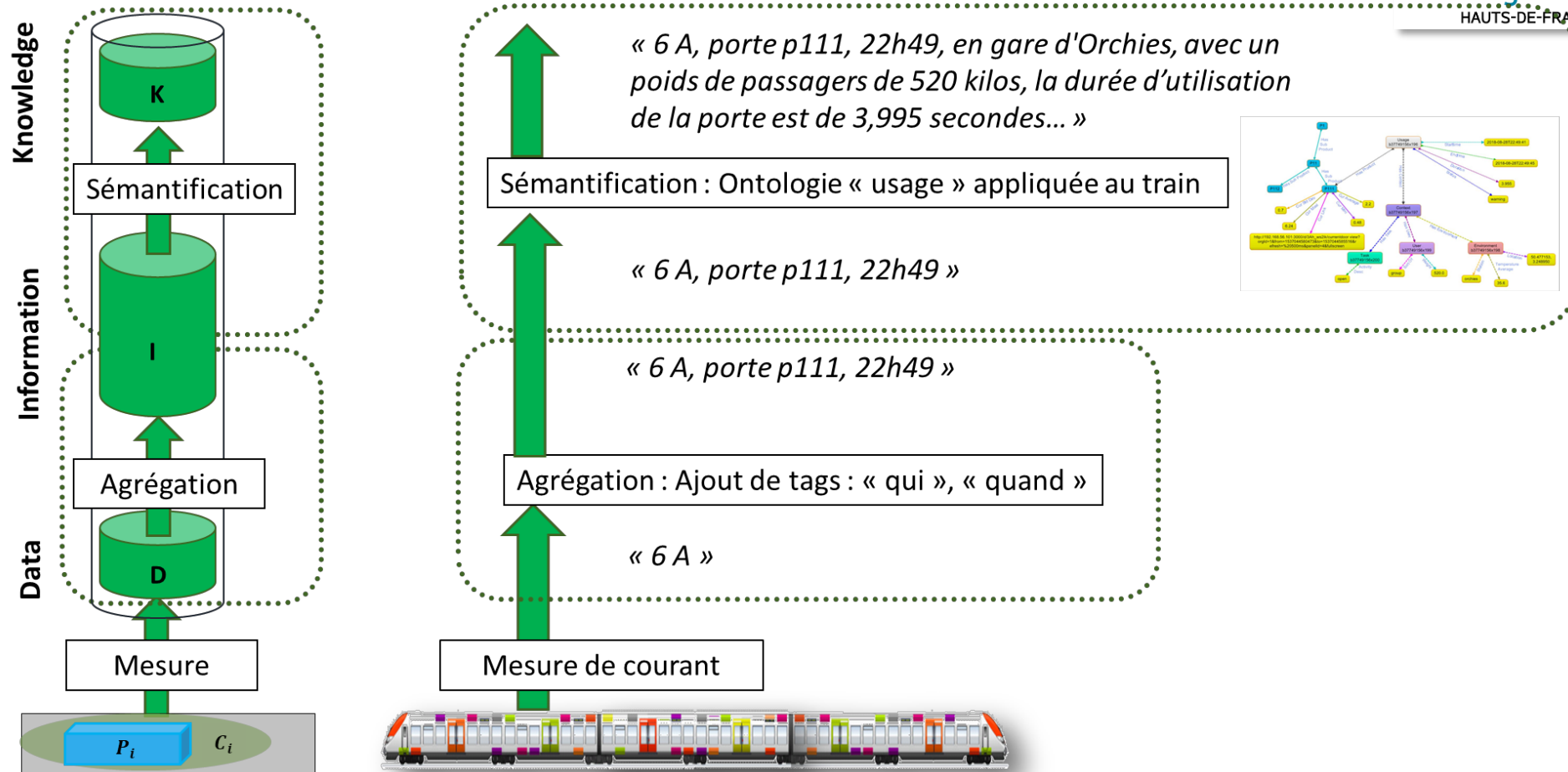
Chaînes informationnelles

Architecture



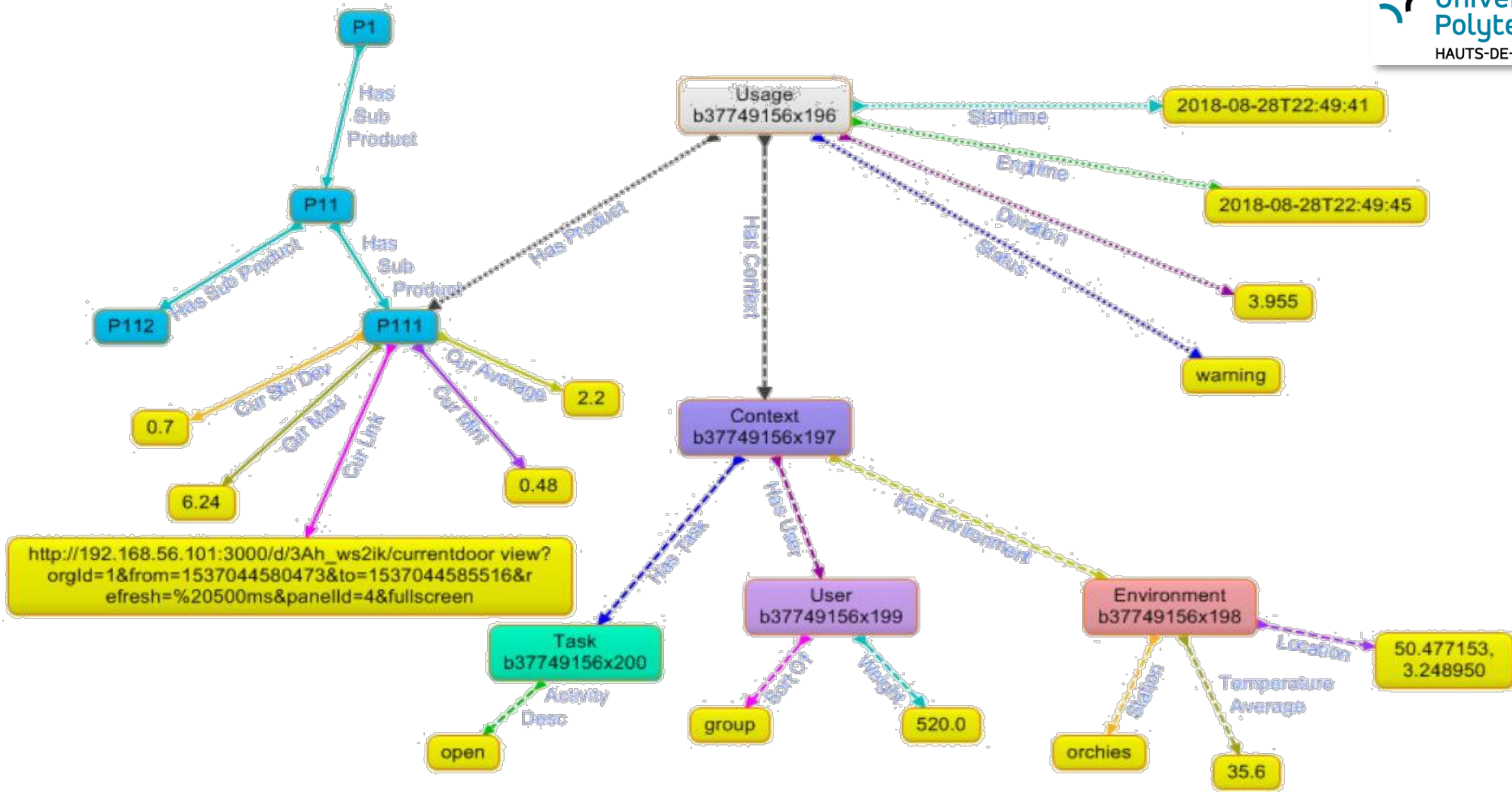
Chaînes informationnelles

Modèle DIK



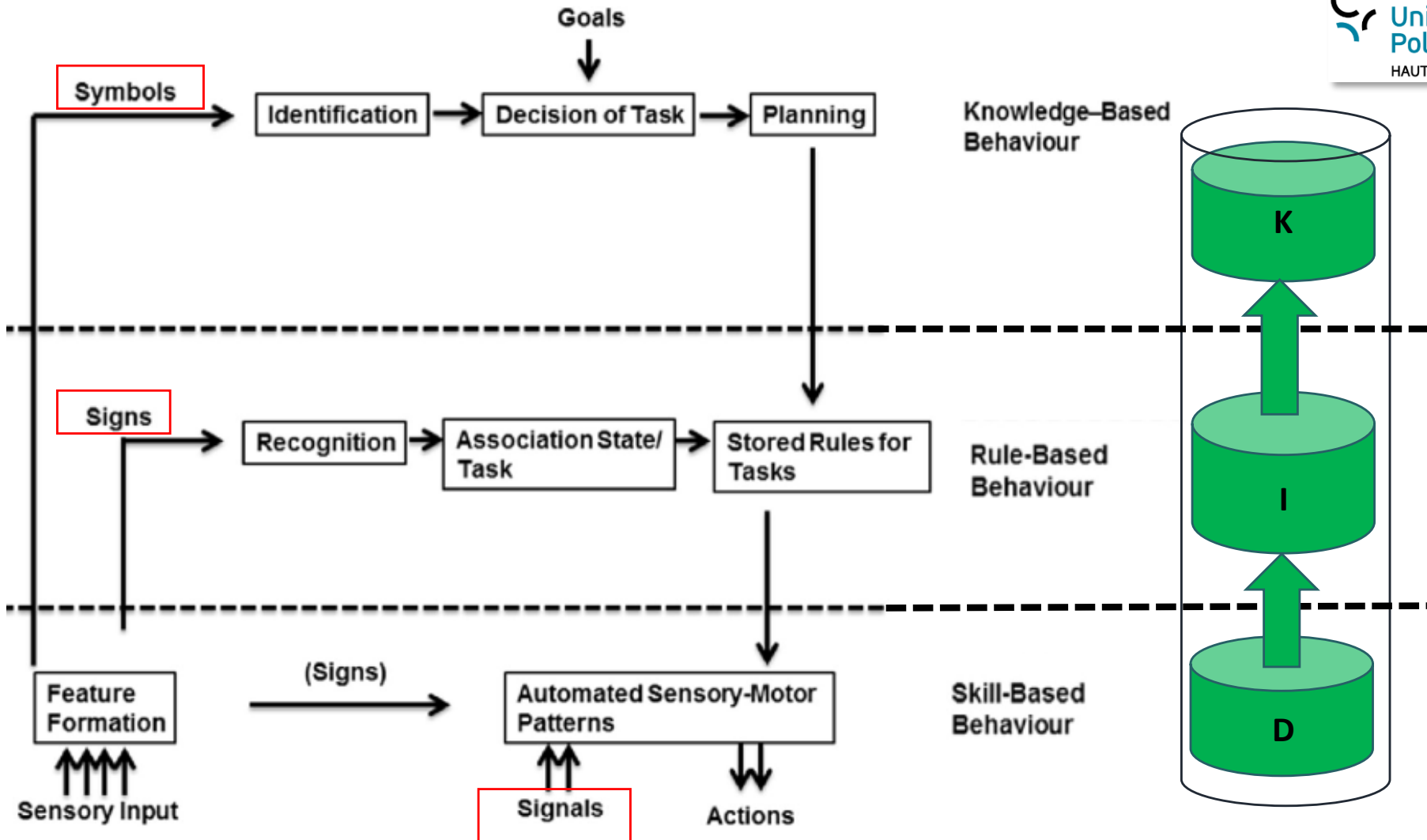
Chaînes informationnelles

Modèle DIK - Ontologie



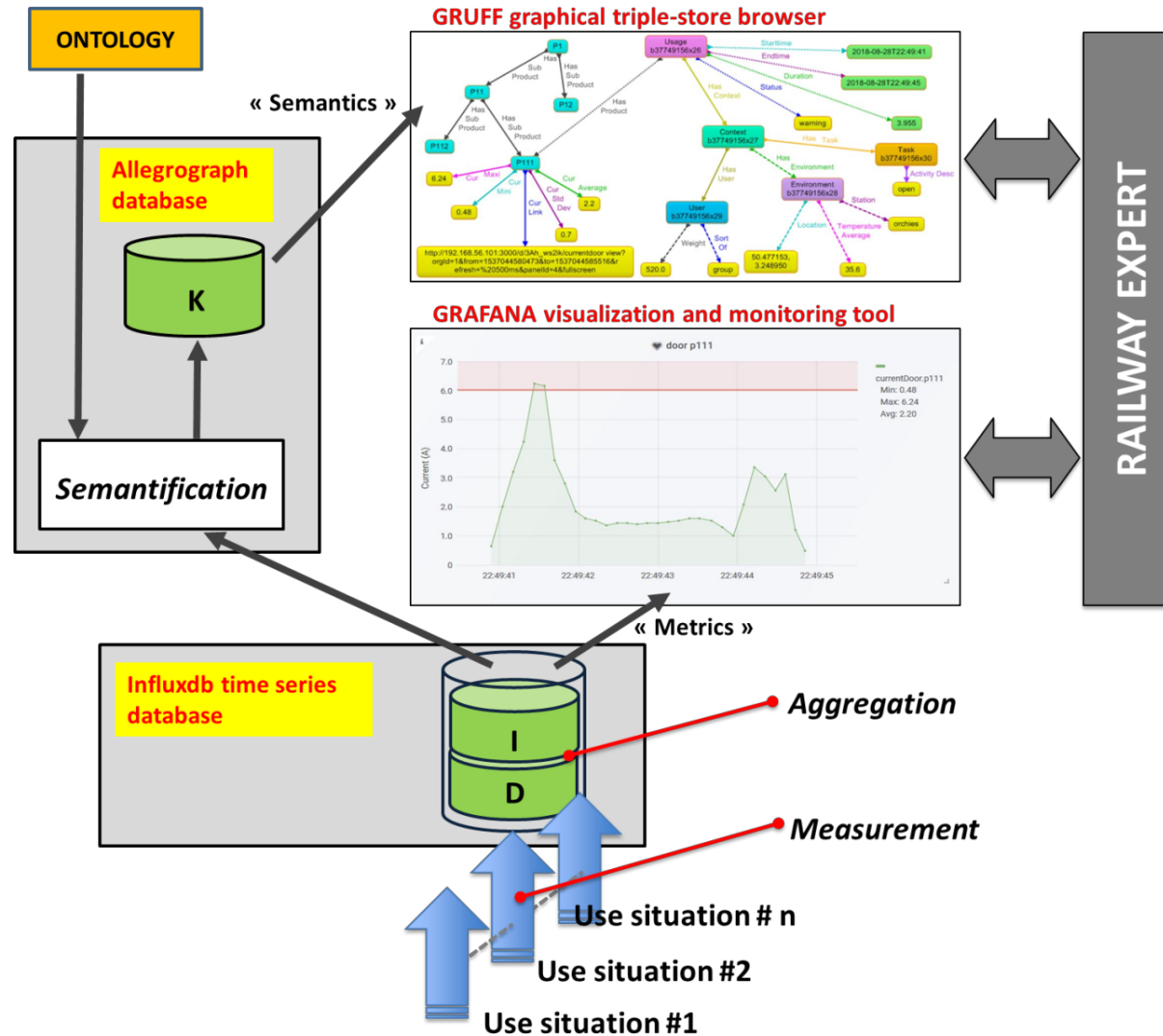
Chaînes informationnelles

Modélisation du processus décisionnel (RASMUSSEN)



Chaînes informationnelles

Mise en oeuvre



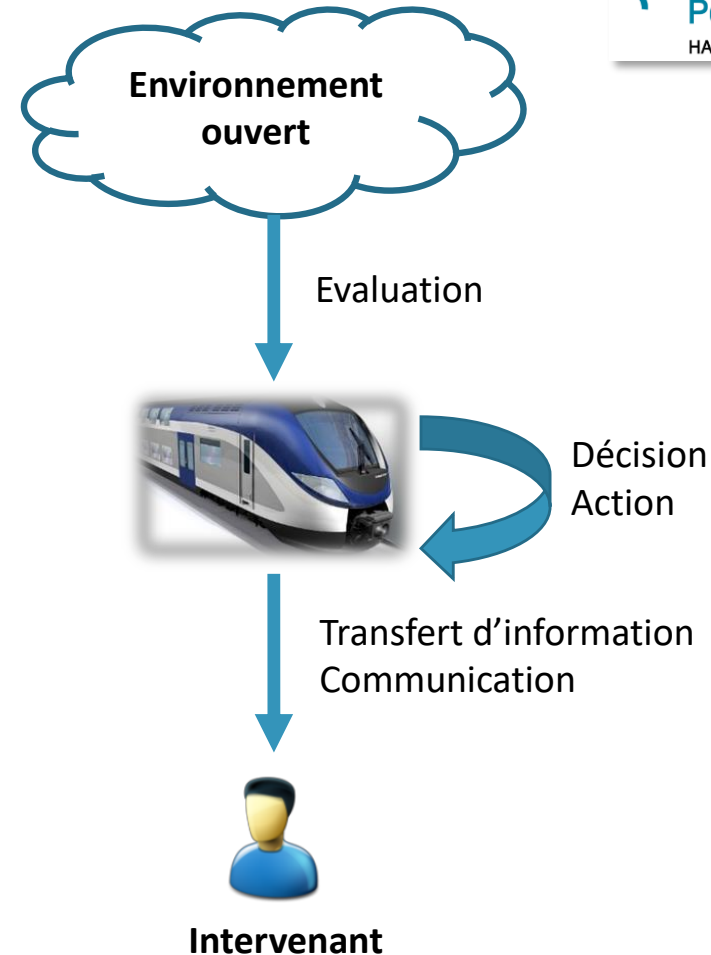
Travaux en cours

Thèse n°1 : Coopération Homme-Machine avec un système autonome lors de la phase de maintenance

Thèse de Corentin GELY

Systèmes autonomes mobiles en flotte:

- Classe de système cyber-physique
- Capable d'informer, d'évaluer, de décider, d'agir et de communiquer avec d'autres systèmes intelligents (et opérateurs humains)
- Expert de ses propres données (capable de diagnostic, pronostic...)

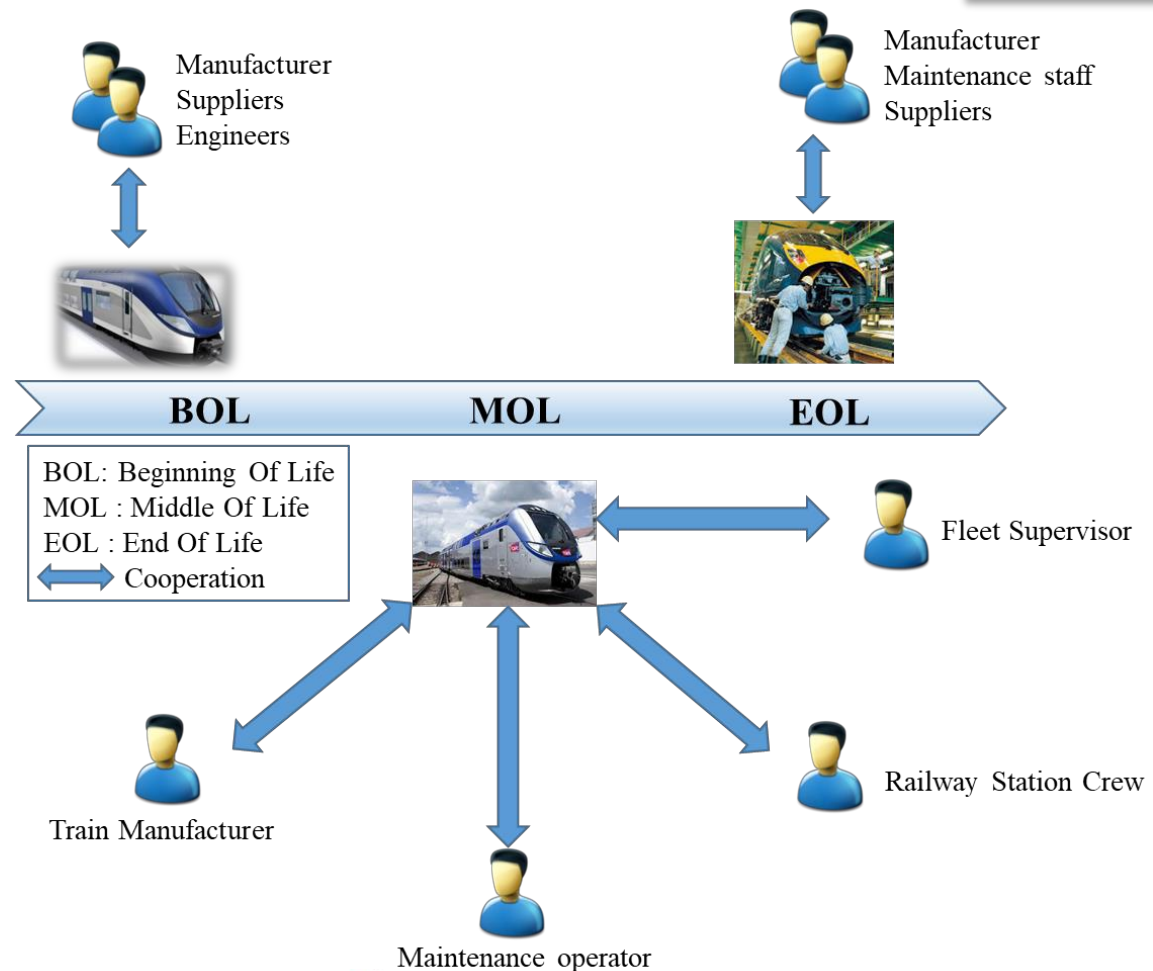


Train Autonome



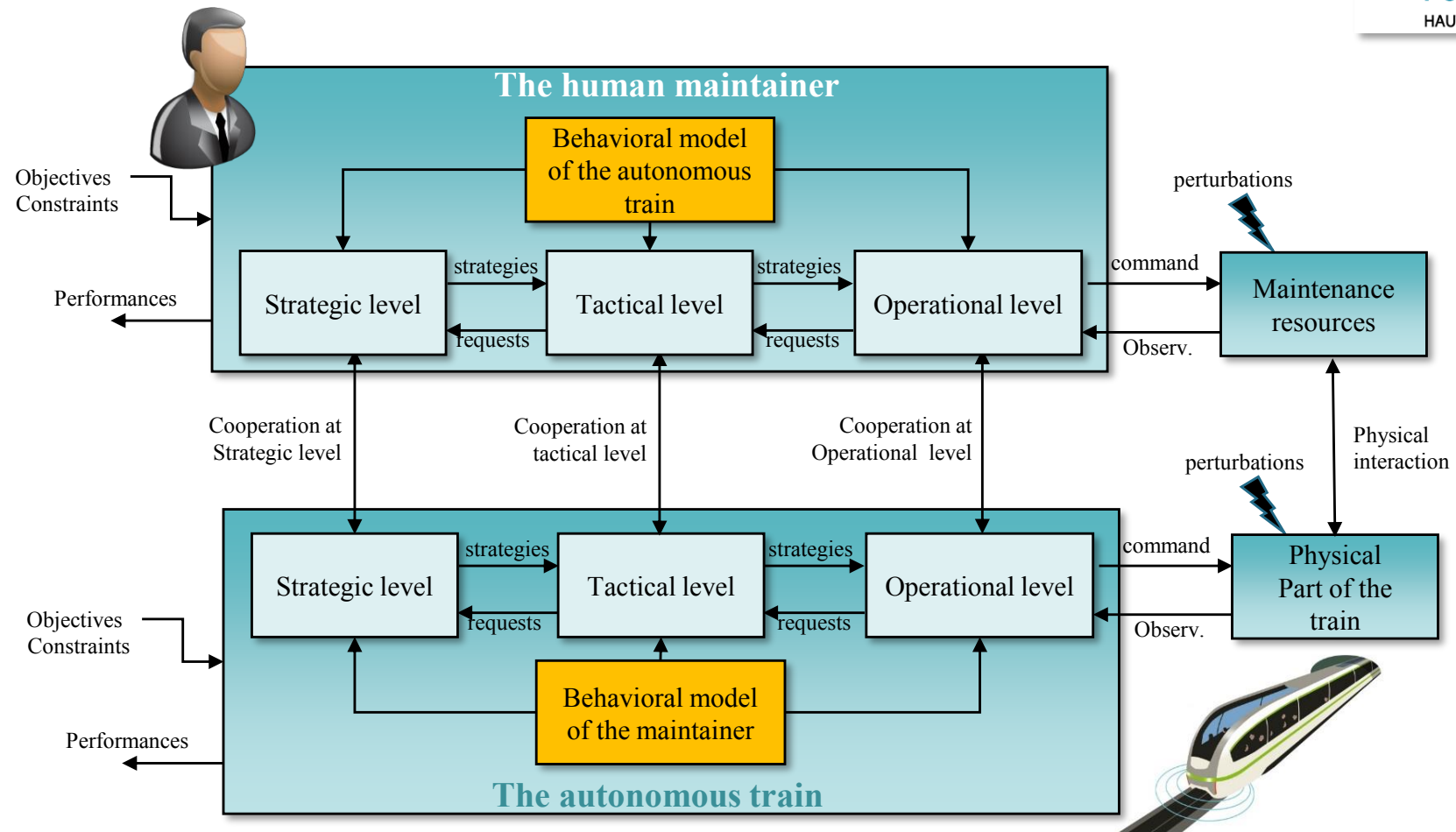
Le train autonome doit savoir communiquer avec différents acteurs humains:

- **A bord du train**
 - « Conducteur »
 - Personnel de bord
 - Agent de maintenance...
- **A proximité du train**
 - Personnel de voirie
 - Personnel de maintenance...
- **Au sol**
 - Superviseur de la flotte
 - Planificateur de maintenance
 - Ingénieur système
 - Expert...



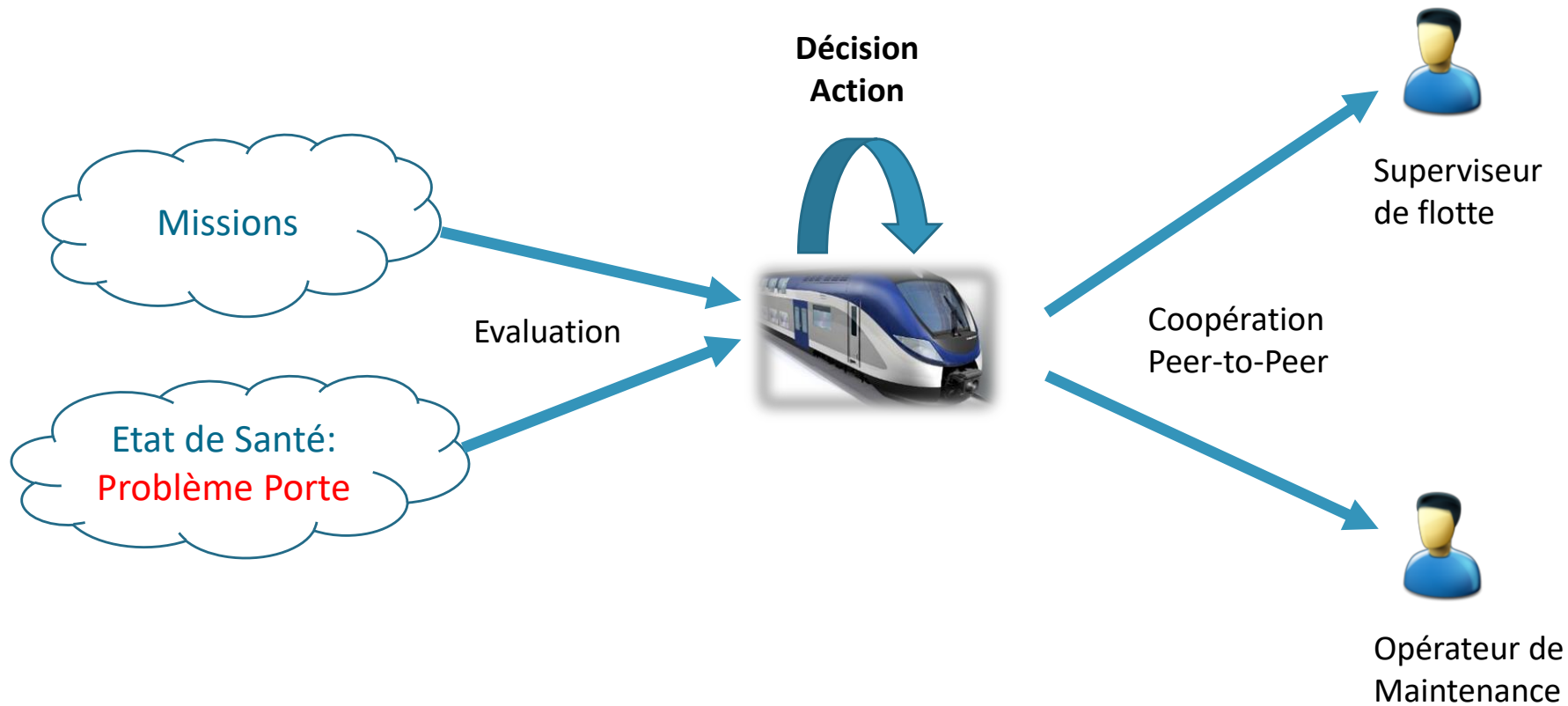
Travaux en cours

Proposition d'une approche symétrique de type « Peer-to-Peer »



Travaux récents et en cours

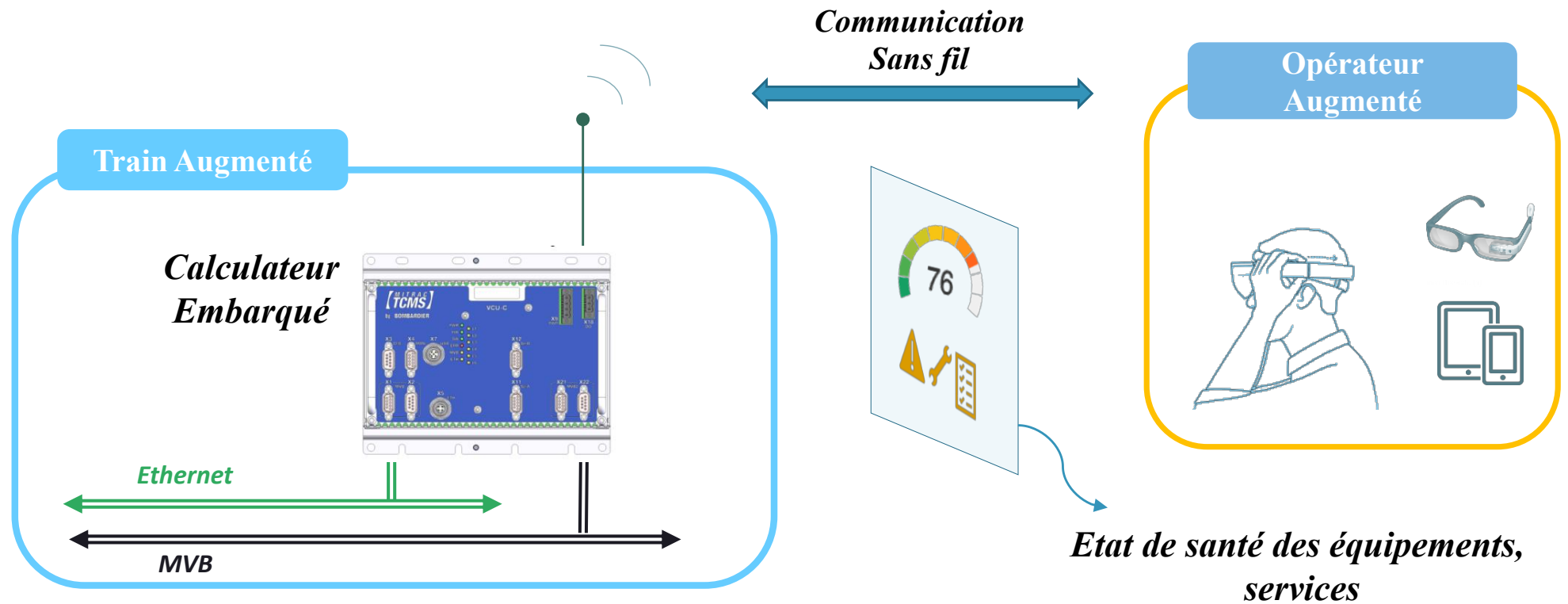
Exemple de scénario : Problème de Fermeture d'une Porte



Travaux récents et en cours

Plateforme expérimentale

Interaction entre un opérateur augmenté et un agent virtuel embarqué :

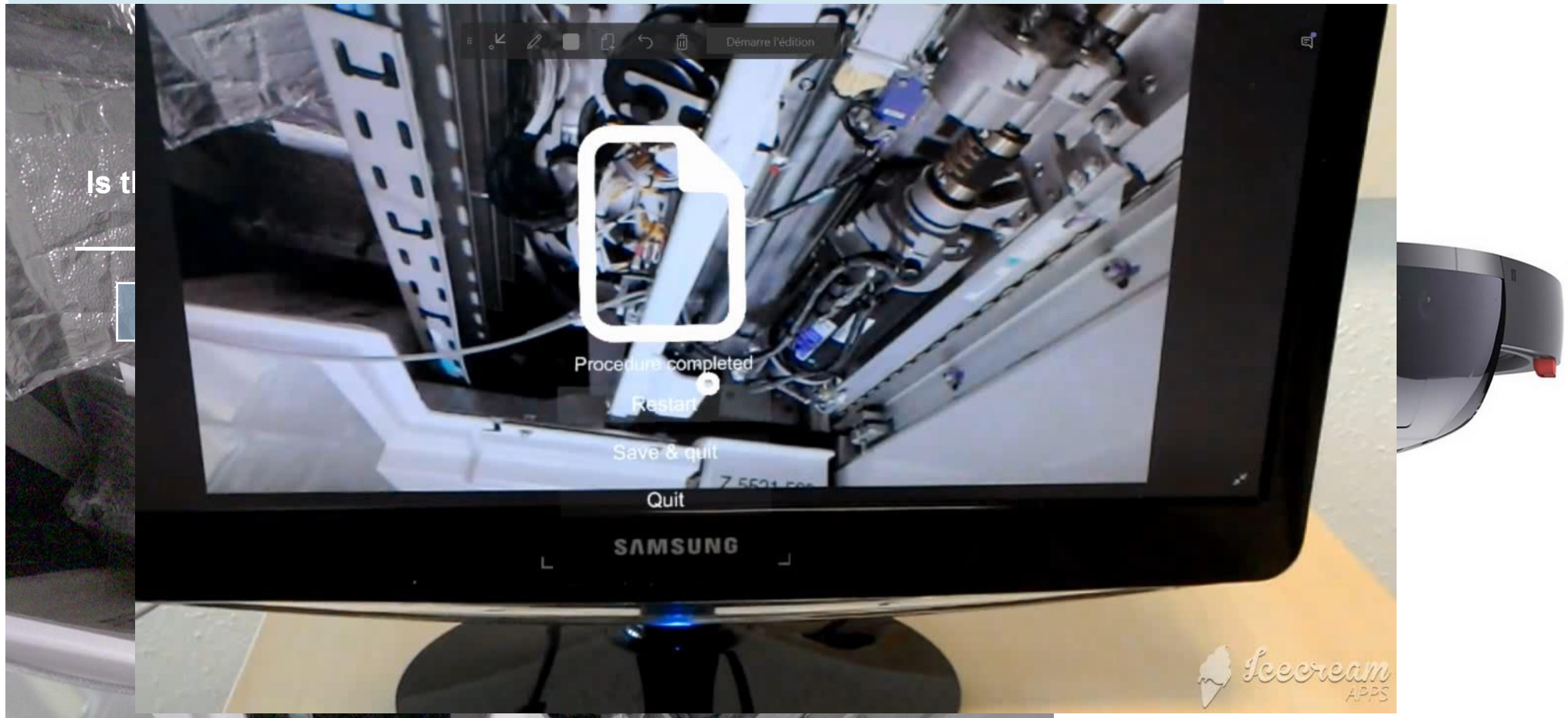


Travaux récents et en cours

Réalité Augmenté : HoloLens

- Assistance aux interventions de maintenance

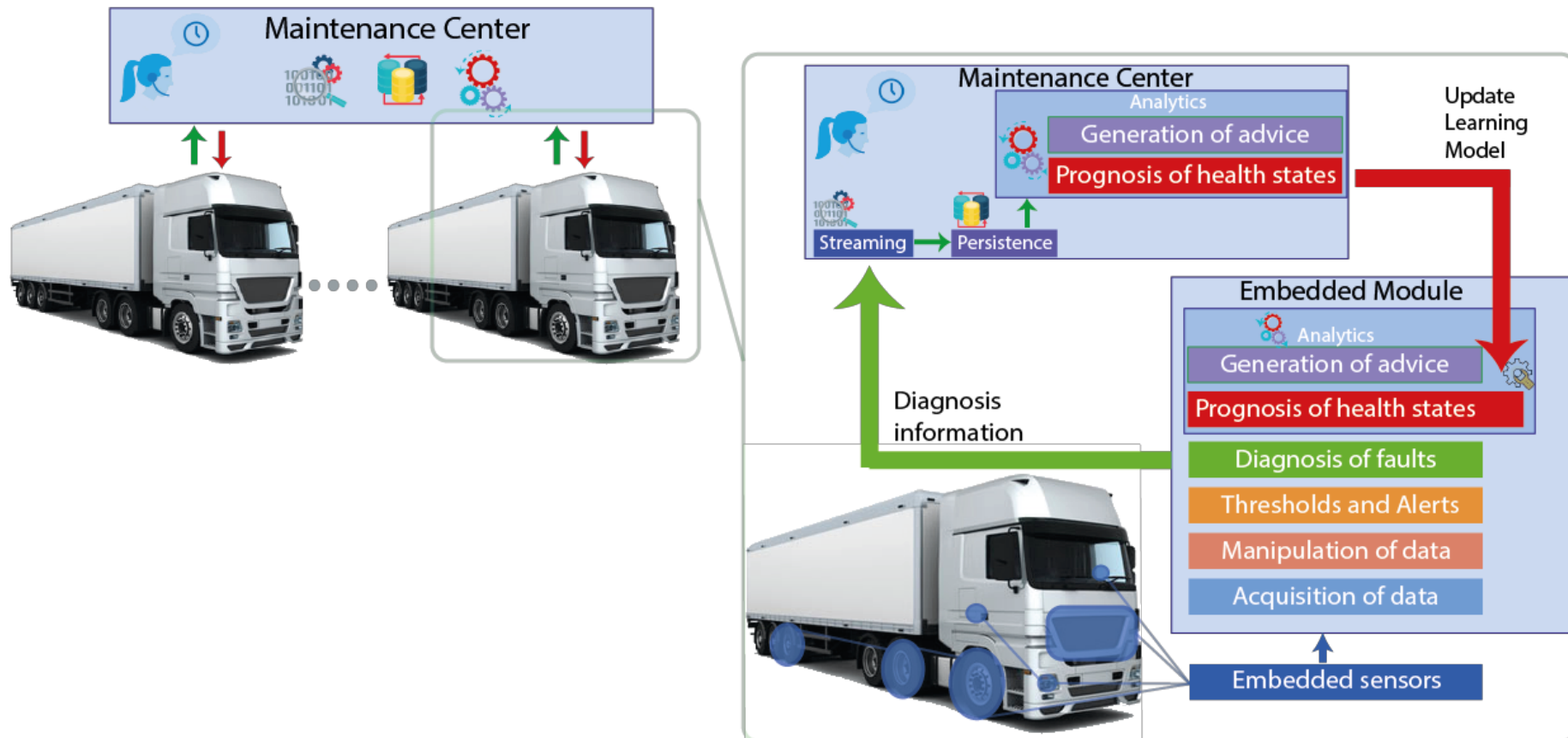
Problème Porte :
tension Moteur 2



Génèse

Thèse n°2 : Application des technologies « Analytics » à la surveillance d'une flotte de véhicules –
Application au transport de matières dangereuses

Thèse de Issam MALLOUK (Cotutelle avec Université Mohammed V)



Contact

Damien.trentesaux@univ-valenciennes.fr
+33 3 27 51 13 26

Université Polytechnique des Hauts-de-France
59313 Valenciennes Cedex 9, France

SurferLab est soutenu par le CNRS et labélisé i-Trans. Il est cofinancé par l'Union européenne avec le Fonds européen de développement régional.



Crédits photo: S. Dhote



Laboratoire en intelligence distribuée pour les systèmes de transport

surferlab@univ-valenciennes.fr
www.surferlab.fr

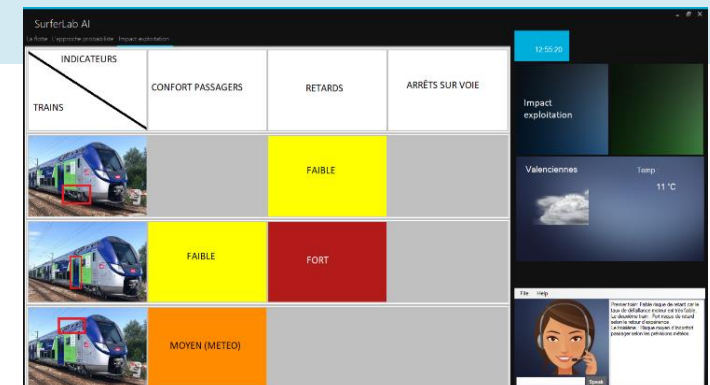




Acquis SurferLab



- Compétences scientifiques et techniques des partenaires
- Brevet "**Systeme embarqué de diagnostic par agents coopérants**"
- Architecture logicielle embarquée pour la surveillance et le diagnostic et son implémentation dans les environnements Bombardier
- Composants développés répondant aux besoins PI et Services sur NAT et R2N
- Travaux de recherche et maquettages associés



Volet financier



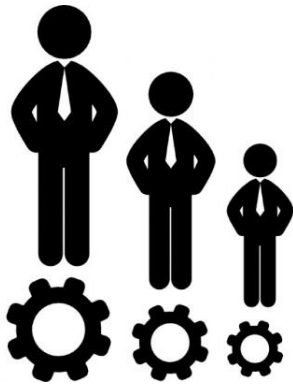
SurferLab bénéficie d'une subvention européenne (FEDER) de 475.863 €

Cette subvention contribue à financer :

- Les dépenses d'équipement du laboratoire commun (plafonnées à 9.396 €)
- Les coûts des personnels non permanents embauchés sur le projet (plafonnés à 374.523 €)
- Les coûts indirects liés à la gestion du projet par le coordinateur (plafonnés à 144.447 €)



Volet financier



SurferLab bénéficie de l'implication de personnels permanents des 3 entités fondatrices

Le temps de travail de ces personnels est valorisé financièrement en contrepartie de la subvention européenne à hauteur de 1.310.183 €:

UVHC : 588.460 €, Bombardier : 472.000 €, Prosyst : 249.723 €



Contraintes financières



A justifier dans le cadre de la réglementation des aides européennes!

L'UVHC est la structure coordinatrice du point de vue administratif et financier

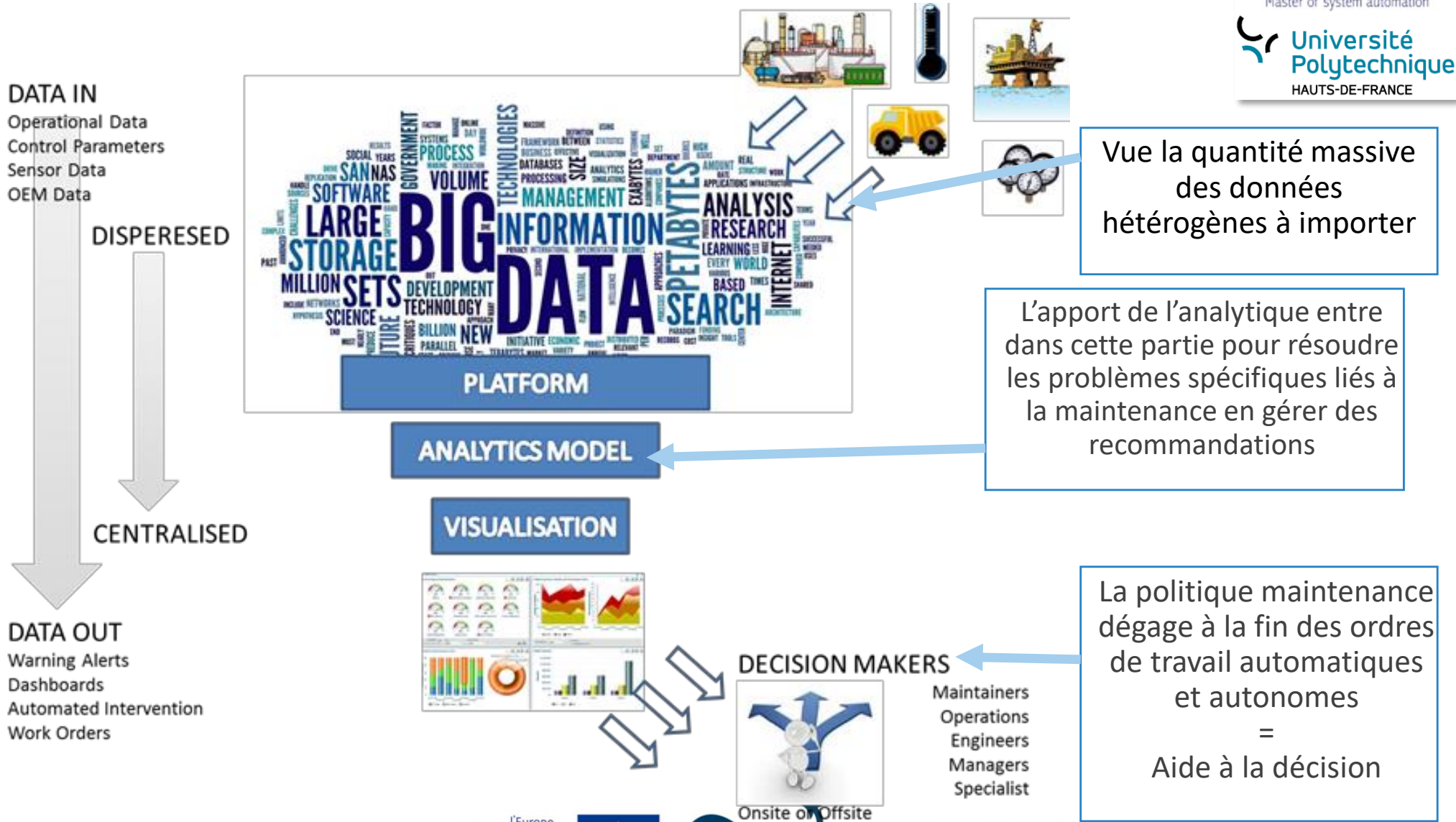
Elle justifie périodiquement auprès de la Région des Hauts de France les dépenses et doit s'assurer du respect de la réglementation des aides européennes:

Publicité, achat public, comptabilisation du temps de travail sur le projet ...



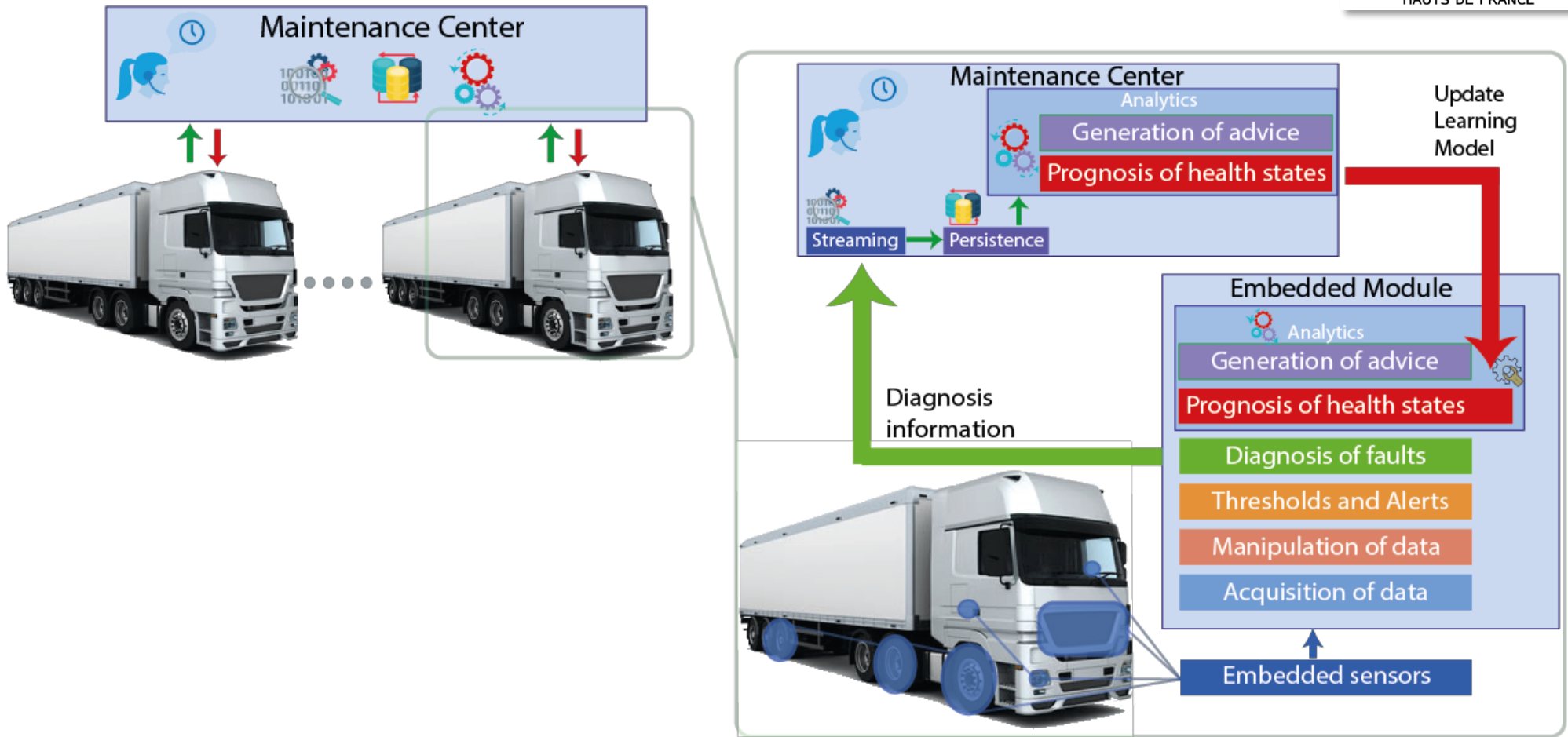
Architecture

Architectures de surveillance centralisées d'une flotte



Architecture

Architecture hybride de surveillance d'une flotte



Génèse

Architectures de surveillance centralisées d'une flotte: Motivations

- Des milliers de véhicules circulent sur les routes, c'est un acteur principal qui relie les différentes industries entre elles. D'où la nécessité de garder le véhicule en état de bon fonctionnement, cela assure sa sécurité en premier et la sécurité de son entourage en deuxième.
- Les missions effectuées par le véhicule sont marquées « accomplies », mais en revanche des données et des informations pertinentes se perdent et se dispersent dans la nature.
- Chaque trajet et chaque mission peuvent apporter une « connaissance » utile pour la compréhension et la prédiction des anomalies potentielles.

Propositions:

- Traitement rapide et centralisé au bord du véhicule
- Apprentissage complet à partir de l'intégrité de la flotte
- Récurrence d'apprentissage pour le cas du transporteur et le cas national
- Méthode Hybride : entre Embarquée, Centralisée et coopérative

