

Modélisation pour le Diagnostic d'un concept de système de systèmes d'ingénierie

application au transport intelligent

28/01/2014

Rochdi Merzouki
LAGIS UMR-CNRS 8219
rochdi.merzouki@polytech-lille.fr















Plan

> Introduction

- > Problématique scientifique
- > Modélisation de systèmes de systèmes : état de l'art

Hypergraphe pour la modélisation de SdS

> Hypergraphe pour la supervision de SdS: Application au transport intelligent

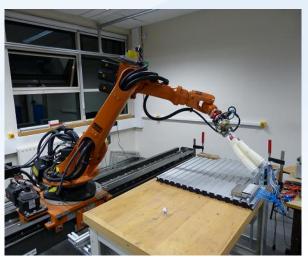




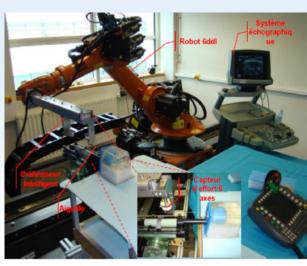
Contexte: Modélisation des systèmes multi-niveaux







Surveillance en ligne des actionneurs d'un robot industriel



Curiethérapie Robotisée de la Prostate

- R. Merzouki, K. Fawaz, B. Ould-Bouamama, 'Hybrid fault diagnosis for telerobotics system', Mechatronics, Volume 20, Issue 7, Pages 729-738, October 2010.
- ▶ V. Coelen, R. Merzouki, E. Lartiigau, 'Couplage image-robot pour la curiethérapie de prostate', Cancer/Radiothérapie, Volume 13, Issues 6-7, Page 652, October 2009.
- M. A. Djeziri, R. Merzouki, B. Ould-Bouamama, 'Robust Monitoring of Electric Vehicle with Structured and Unstructured Uncertainties', IEEE Transactions on Vehicular Technology, Vol. 58, pp. 4710-4719, 2009.
- ▶ K. Fawaz, R. Merzouki, B. Ould-Bouamama, 'Model Based real-time Monitoring for Collision Detection of an Industrial Robot', Volume 19, Issue 5, Pages 695-704, 2009.







Plan

> Introduction

> Problématique scientifique

➤ Modélisation de systèmes de systèmes : état de l'art

Hypergraphe pour la modélisation de SdS

> Hypergraphe pour la supervision de SdS: Application au transport intelligent





Supervision à base de modèle de systèmes à grande échelle







Véhicule Holonome de transport de Conteneur

Coopération entre systèmes autonomes

Communication Système à Système

- Modélisation sur plusieurs niveaux
- Modélisation systémique multi-structures et multi-missions
- Coopération entre systèmes autonomes.
- **...**







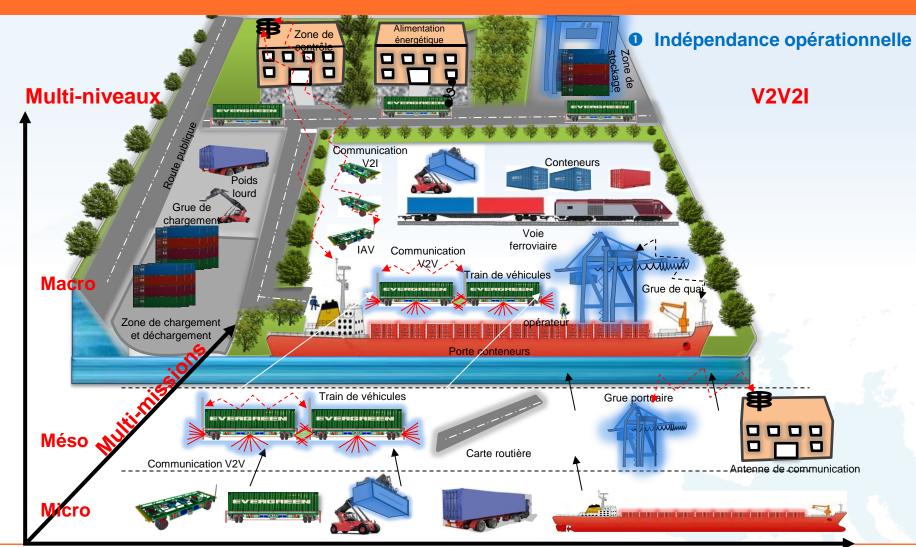
Problématique scientifique: Modélisation Multi-niveaux, Multi-structures et Multi-missions.







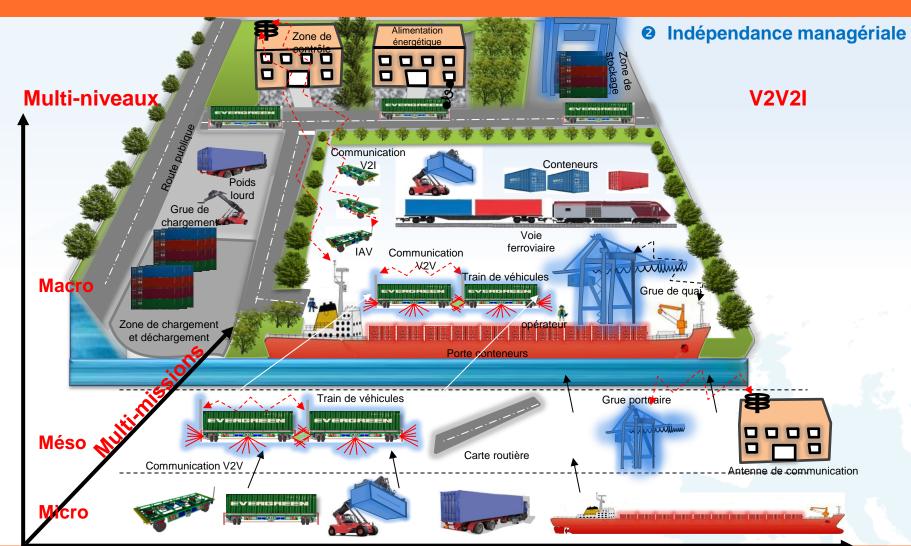








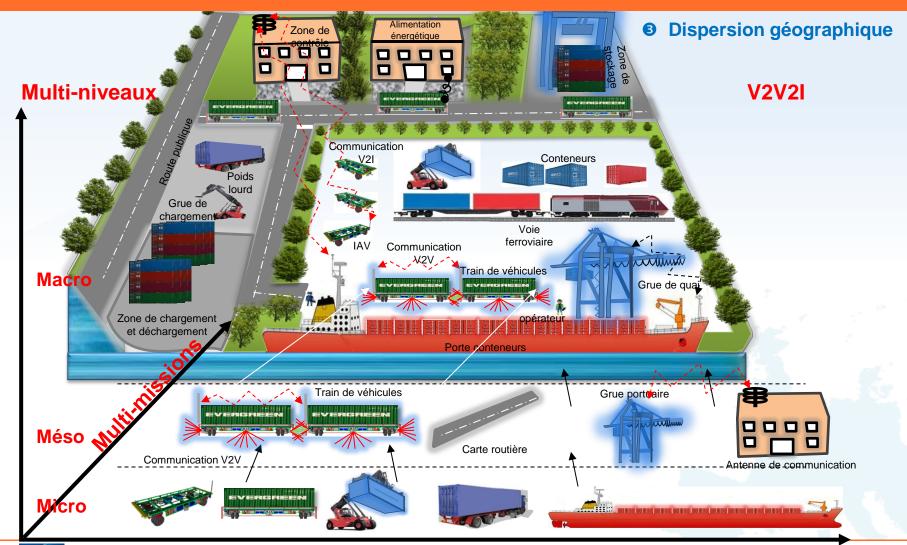








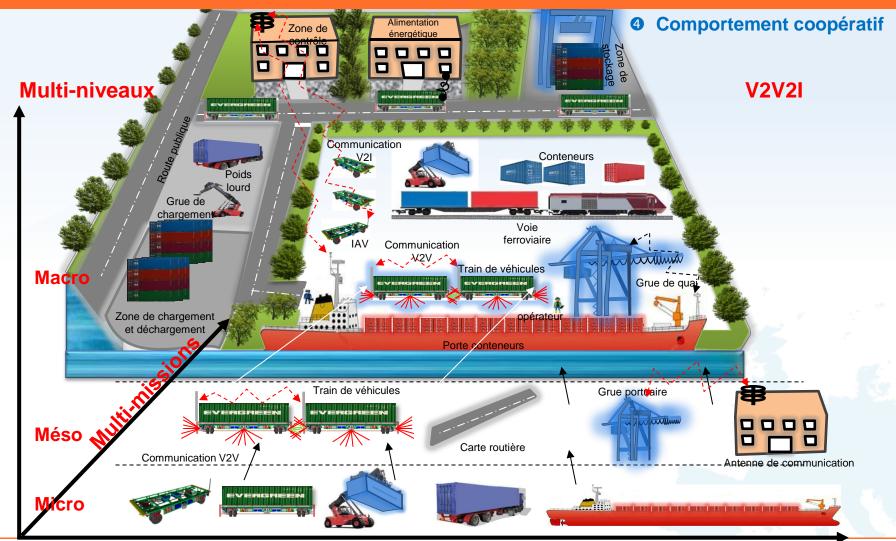








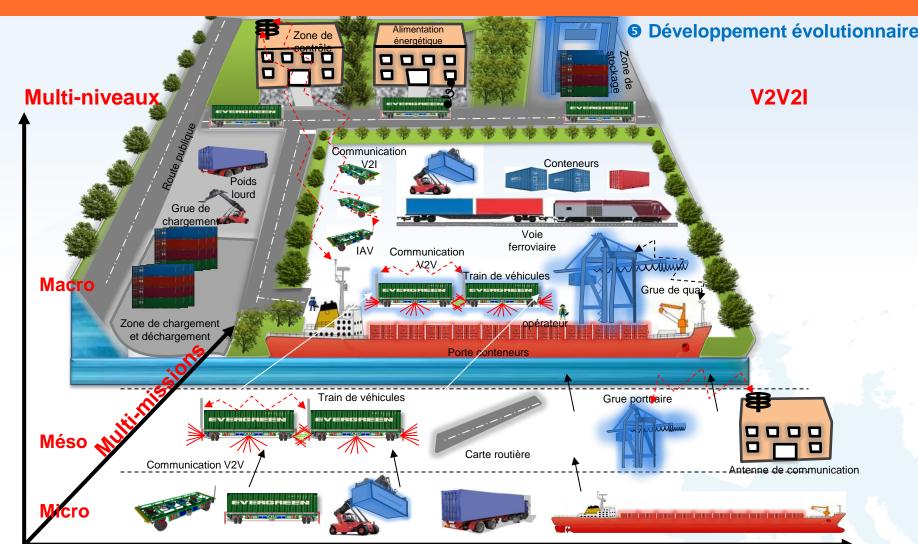


















Système de Systèmes d'Ingénierie (SdSe)

Définition 1 : Un SdSe est un concept décrivant un ensemble de composants Systèmes physiques, hétérogènes et indépendants aux échelles managériale et opérationnelle, pouvant coexister et coopérer afin d'accomplir des objectifs, qu'un seul composant système ne pourra pas réaliser. Ces composants sont dispersés géographiquement où ils échangent que de l'information. Du SdS ainsi réalisé, des composants systèmes peuvent être ajoutés ou supprimés sans toutefois modifier les caractéristiques du SdSe résultant. [Maier 96, Jamshidi 02, ...]









Plan

> Introduction

- > Problématique scientifique
- > Modélisation de systèmes de systèmes : état de l'art

> Hypergraphe pour la modélisation de SdS

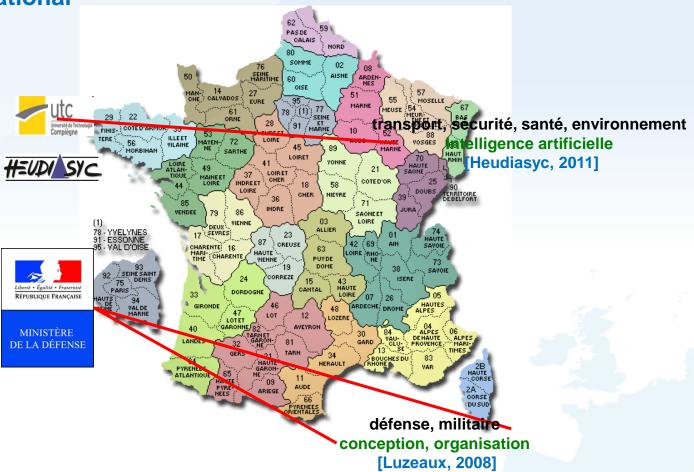
> Hypergraphe pour la supervision de SdS: Application au transport intelligent





Système de Systèmes: Etat de l'art - Equipes de recherche -

> Au niveau national









Modélisation de systèmes de systèmes : état de l'art

Équipes de recherche

> Au niveau international





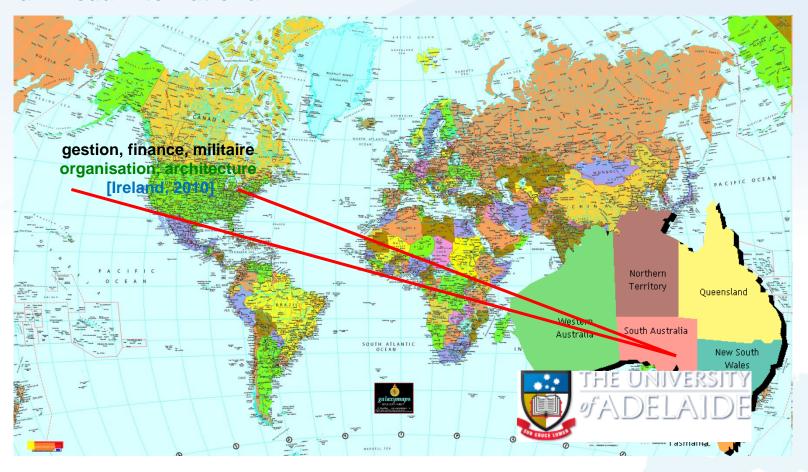




Modélisation de systèmes de systèmes : état de l'art

Équipes de recherche

> Au niveau international

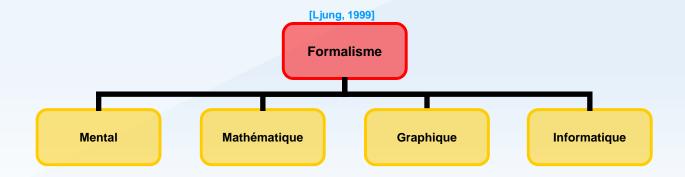








Formalisme de modélisation de SdSe

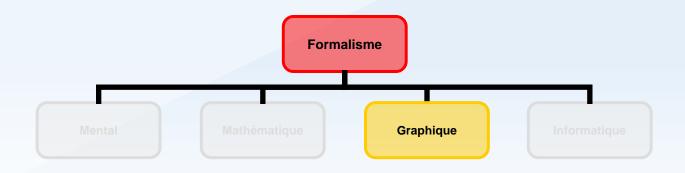








Formalisme de modélisation de SdSe Graphique: Avantages



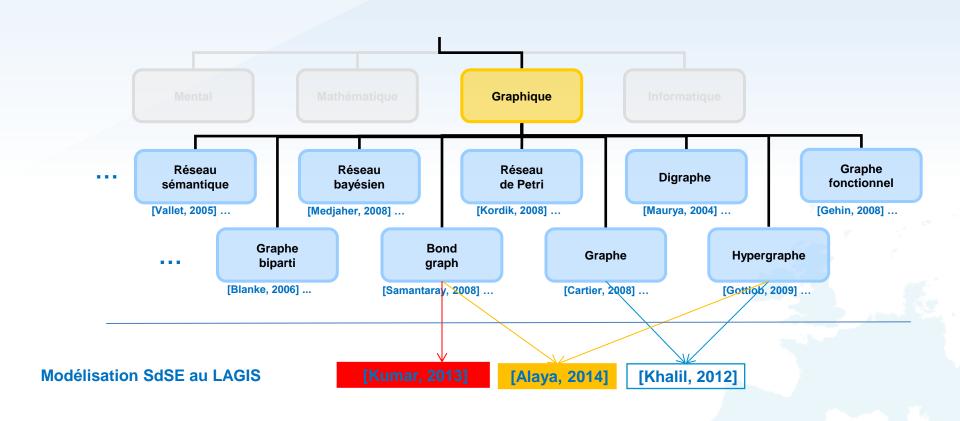
- > La généricité
 - Analyse
 - Supervision
 - Optimisation

- La simplicité
 - Visualisation graphique
 - □ Facilement programmable et mise en œuvre
 - □ Indépendance aux paramètres des systèmes





Formalisme de modélisation de SdSe Formalismes Graphiques









Plan

> Introduction

> Problématique scientifique

➤ Modélisation de systèmes de systèmes : état de l'art

> Hypergraphe pour la modélisation de SdS

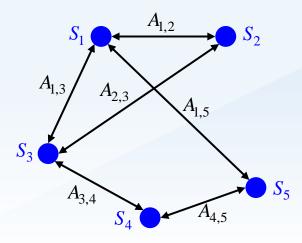
> Hypergraphe pour la supervision de SdS: Application au transport intelligent



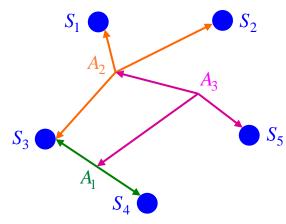


Hypergraphe pour la modélisation de SdSe

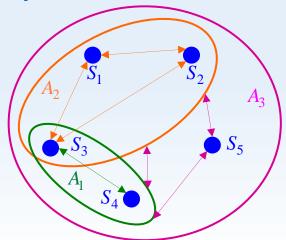
Graphe



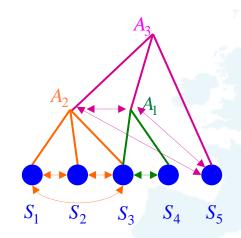
Hypergraphe



Représentation ensembliste



Représentation hiérarchique







Définitions

Hypergraphe

Un graphe HG noté $(V, E = \cup e_n, n \in I)$, où $V = \left\{CS_{i,j}\right\}_{i \in N, j = 0}$ est l'ensemble fini de nœuds décrivant les composants systèmes de niveau j = 0, de structure j et de mission $M_{i,j}$, E est un sous ensemble fini N de V décrivant les hyperarêtes:

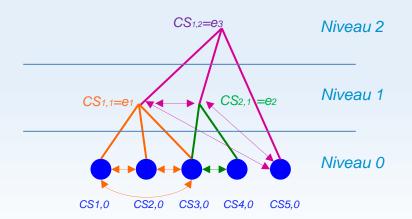
Hyperarête

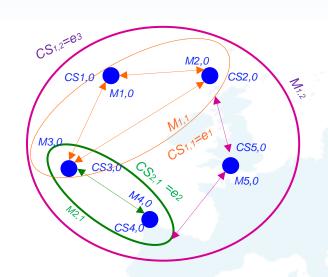
Une hyperarête E de l'hypergraphe HG noté $E = \left\{CS_{i,j}\right\}_{i \in N, j \in N^*} \text{ est un sous ensemble fini décrivant les composants systèmes } CS_{i,j} \text{ de niveau } j \neq 0,$

Mission de l'hyperarête

Un SdS dont pour lequel chaque composant système $CS_{i,j\neq 0}$ doit satisfaire un nombre fini $M_{i,j}\in M$ de missions, peut être représenté par un hypergraphe imbriqué et valué. Les missions sont représentées sur l'hypergraphe par la fonction de valuation des hyperarêtes définie comme suit :

$$\begin{split} M \colon E \to M(E) \\ CS_{i,j \neq \mathbf{0}} \to M_{i,j} = \left\{ M_{\hat{i} \setminus 0} \right\} \cup \left\{ M_{\hat{i} \setminus j \neq 0} \right\}; \ \hat{i} \setminus \hat{i} \cap < i \end{split}$$



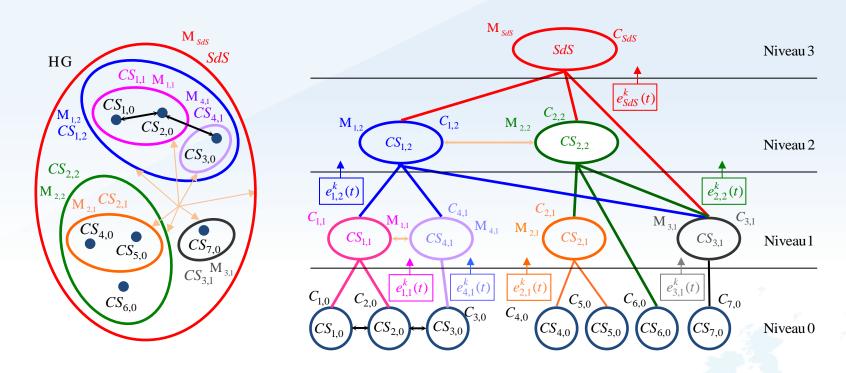








Hypergraphe pour la modélisation de SdSe



- 1. Représentation multi-niveaux, multi-structures et multi-missions
- 2. Respect des propriétés de SdS



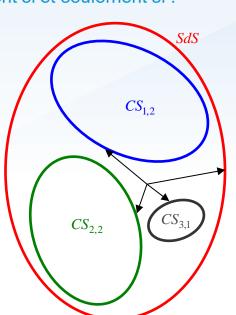




Hypergraphe et propriétés SdSe: Indépendance Opérationnelle

Propriété 1.1 - indépendance opérationnelle des composants systèmes (hyper arêtes):

les composants systèmes $CS_{i,j\neq 0}$ appartenant à un composant système $CS_{i,j\neq 0}$ sont indépendants opération--nellement si et seulement si :



$$CS_{i,j} \in E = \left\{ CS_{i,j} \right\}_{i \in N, j \in N^*}$$

$$CS_{1,2} \qquad CS_{2,2} \qquad CS_{3,1}$$

Propriété 1.2 - indépendance opérationnelle des composants systèmes (Nœuds):

les composants systèmes élémentaires $CS_{i,j'=0}$ sont indépendants opérationnellement si et seulement si :

$$CS_{i,j} \in V = \left\{ CS_{i,j} \right\}_{i \in N, j=0}$$

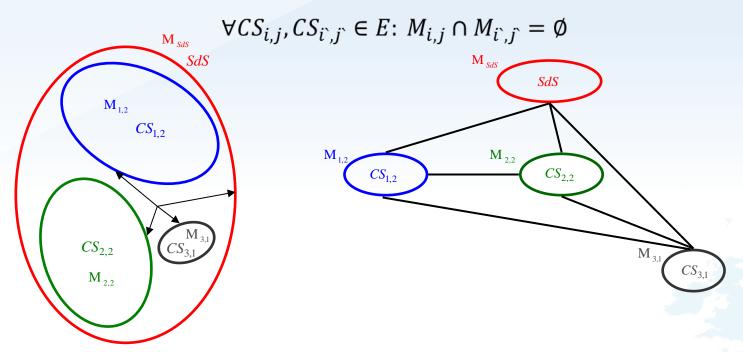






Hypergraphe et propriétés SdSe: Indépendance Managériale

Propriété 2.1 : Indépendance Managériale des composants systèmes de niveau $j \neq 0$ (hyper-arêtes) les composants systèmes $CS_{i,j\neq 0}$ et $CS_{i,j'\neq 0}$ sont indépendants managérialement si et seulement si:



Propriété 2.2 : Indépendance Managériale des composants systèmes de niveau j = 0 (Nœuds) les composants systèmes $CS_{i,i=0}$ et $CS_{i',i'=0}$ sont indépendants managérialement si et seulement si:

$$\forall CS_{i,j=0}, CS_{i,j=0} \in V: M_{i,j} \cap M_{i,j} = \emptyset$$

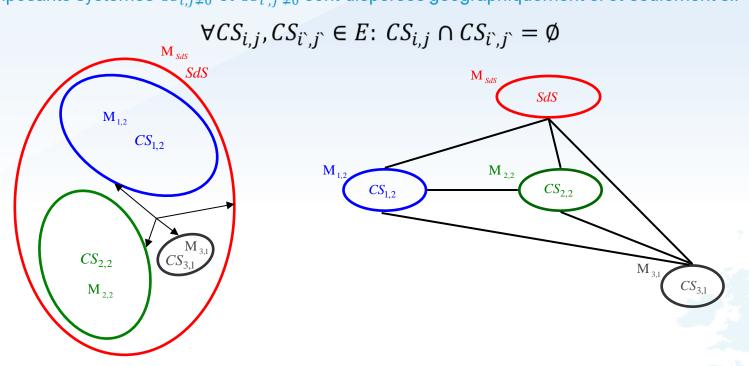






Hypergraphe et propriétés SdSe: Dispersion Géographique

Propriété 3.1 Dispersion géographique des composants systèmes de niveau $j \neq 0$ (hyper-arêtes) les composants systèmes $CS_{i,j \neq 0}$ et $CS_{i,j \neq 0}$ sont dispersés géographiquement si et seulement si:



Propriété 3.2 Dispersion géographique des composants systèmes de niveau j = 0 (Nœuds) les composants systèmes $CS_{i,j=0}$ et $CS_{i,j=0}$ sont dispersés géographiquement si et seulement si:

$$\forall CS_{i,j=0}, CS_{i,j} = \emptyset \in V: CS_{i,j} \cap CS_{i,j} = \emptyset$$

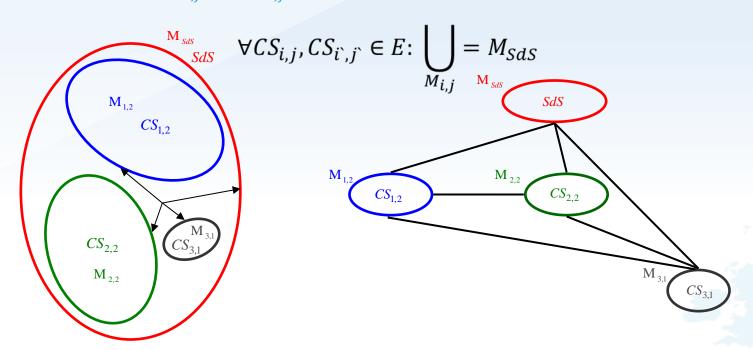






Hypergraphe et propriétés SdSe: Comportement Coopératif

Propriété 4.1 Comportement Coopératif des composants systèmes de niveau $j \neq 0$ (hyper-arêtes) les composants systèmes $CS_{i,j\neq 0}$ et $CS_{i,j\neq 0}$ coopèrent entre eux si et seulement si:



Propriété 4.2 Comportement Coopératif des composants systèmes de niveau j = 0 (Nœuds) les composants systèmes $CS_{i,j=0}$ et $CS_{i,j=0}$ coopèrent entre eux si et seulement si:

$$\forall CS_{i,j=0}, CS_{i,j=0} \in V: \bigcup_{M} = M_{i,j\neq 0}$$



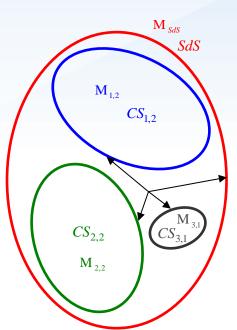


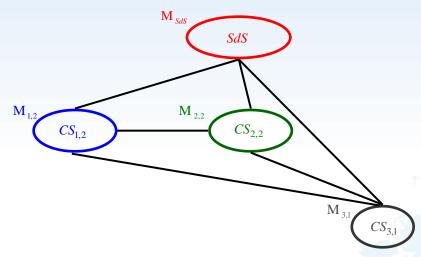


Hypergraphe et propriétés SdSe: Développement évolutionnaire

Propriété 5.1 Développement évolutionnaire des composants systèmes de niveau $j \neq 0$ (hyper-arêtes) un composant système $CS_{i,j\neq 0}$ est évolutif si et seulement si:

$$\forall CS_{i,j} \colon E = E \setminus \{CS_{i,j}\} \lor E = E \cup \{CS_{i,j}\}$$





Propriété 5.2 Développement évolutionnaire des composants systèmes de niveau j = 0 (Nœuds) Un composant système $CS_{i,j=0}$ est évolutif si et seulement si:

$$\forall CS_{i,j=0}: V = V \setminus \{CS_{i,j=0}\} \ \lor \ V = V \cup \{CS_{i,j=0}\}$$







Plan

> Introduction

> Problématique scientifique

➤ Modélisation de systèmes de systèmes : état de l'art

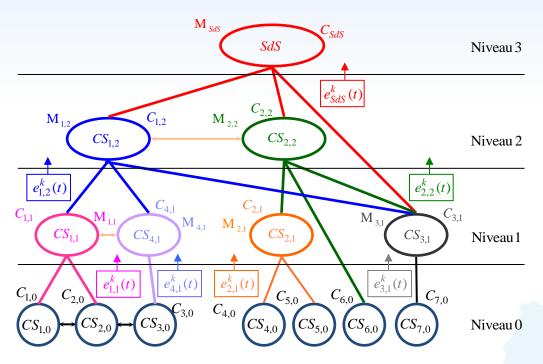
Hypergraphe pour la modélisation de SdS

> Hypergraphe pour la supervision de SdS: Application au transport intelligent





- > Supervision
 - 1. Identification de mode de fonctionnement des CS
 - Influence d'un changement de mode de fonctionnement
 - 2. Aide à la décision : reconfiguration graphique









>supervision? C_{SdS} Niveau 3 $e_{SdS}^{k}(t)$ $C_{1,2}$ $M_{2.2}$ M_{12} $CS_{1,2}$ $CS_{2,2}$ Niveau 2 $\overline{e_{2,2}^k}(t)$ $M_{3,1}$ $\mathbf{M}_{4,1}$ $\mathbf{M}_{2,1}$ $CS_{2,1}$ Niveau 1 $e_{4,1}^{k}(t)$ $e_{2,1}^{k}(t)$ $C_{7.0}$

1. Identification de mode de fonctionnement des CS

 $C_{3.0}$

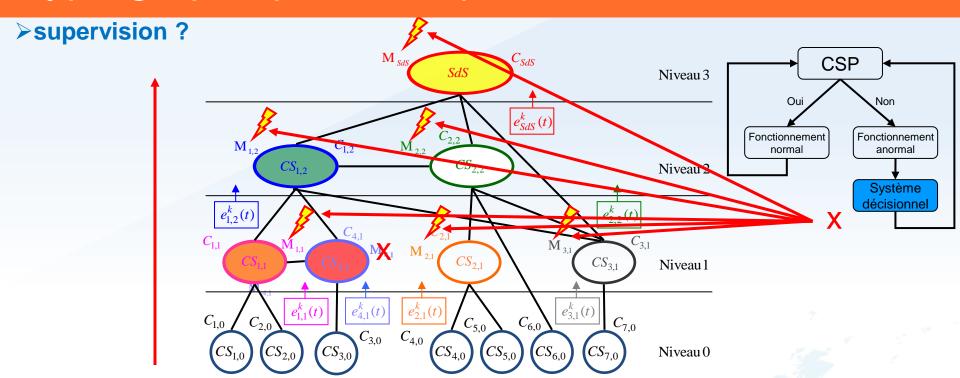
 $C_{4,0}$

Niveau 0

Influence d'un changement de mode de fonctionnement







1. Identification de mode de fonctionnement des CS $C_{i,j} = f(e_{i,j}^k(t), C_{i',j'})$

$$(C_{i,j},t) \mapsto \mathcal{T}$$

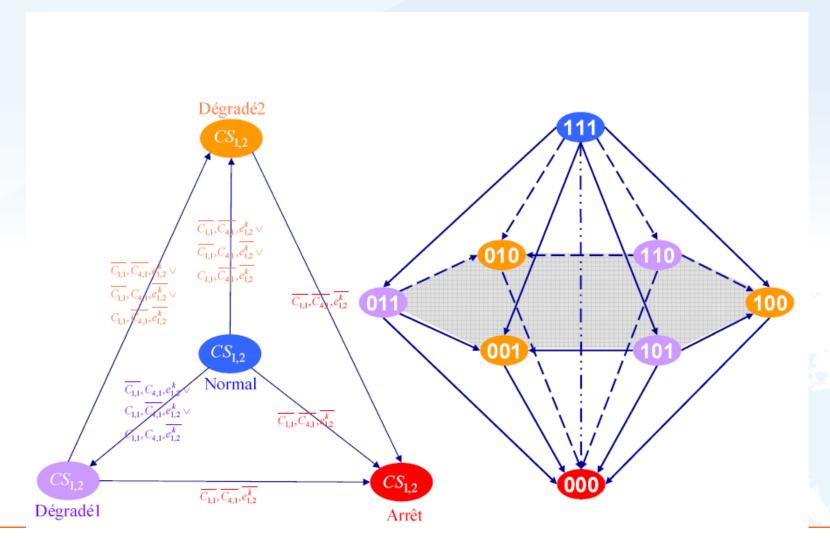
$$(C_{i,j},t) \mapsto \tau_{i,j} \begin{cases} = \tau_{min} & \text{si pas satisfait,} \\ = \tau_{max} & \text{si totalement satisfait,} \\ \in]\tau_{min},\tau_{max}[& \text{si partiellement satisfait.} \end{cases}$$







Exemple de modes de fonctionnement du CS_{1,2}

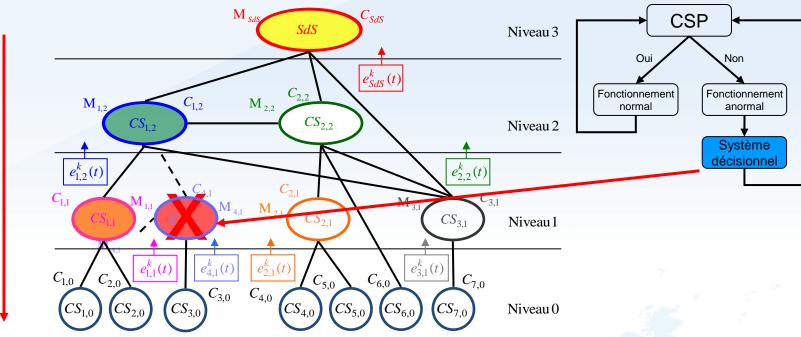








>supervision?



- 1. Identification de mode de fonctionnement des CS
- 2. Aide a la décision : reconfiguration





Application à un système de trans



Production

Simultanous planning Quality cont

Requirements Overall functions

Costs & milestones

Specifications

Fulfilment of requirements Limitations Reliability and safety

System design

Partinioning Multi-physics component Word Bong Graph Power exchange

Modeling & Simulation

Models of components Kinematic & dynamic behaviors Simulation according to the requirements

Component Design

electronics, Mechanical CAD Controller, HMI,...

Prototypes

Laboratory test benches Test and measurements Algorithms

i mplementation

Component Tests & Analysis

Hardware in the loop simulation, Stress Analysis,.

Field Testing

Final product Norm & certification Statistics

System testing

Behavioral tests

Hardware Integration

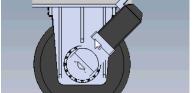
Assembling Coupling Optimisation

Space optimisation

Physical component: mechanic



Mechanics, Electronics, Control, Software (HMI)

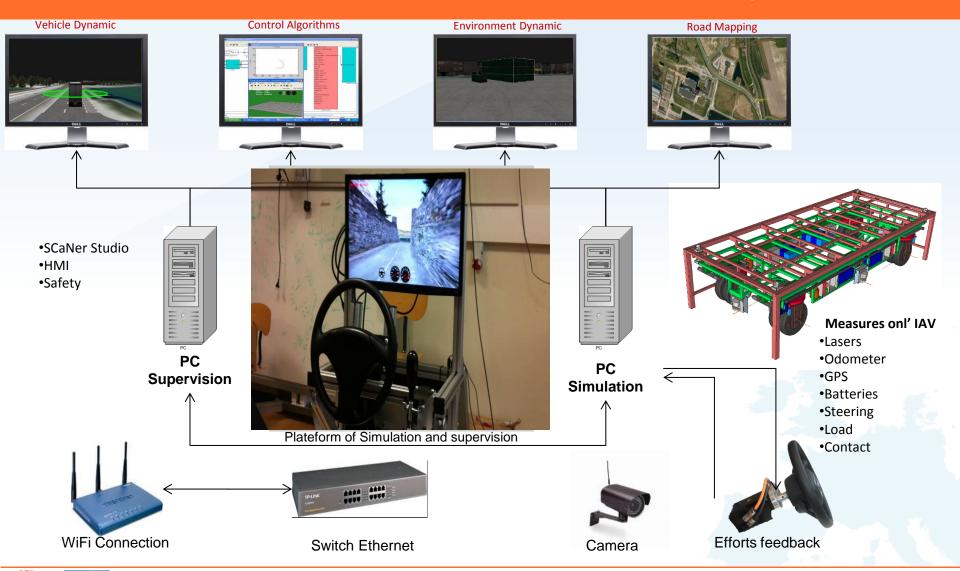








Application à un système de transport intelligent



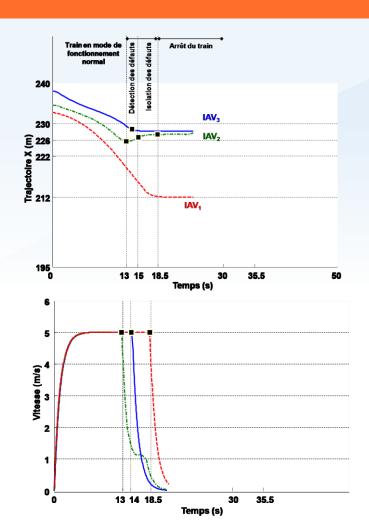


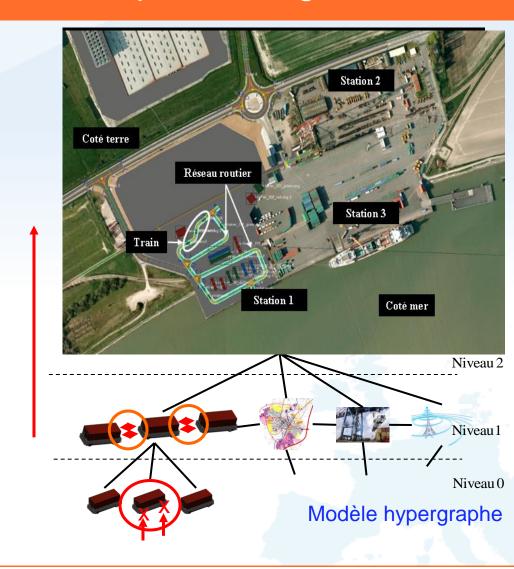




Application à un système de transport intelligent







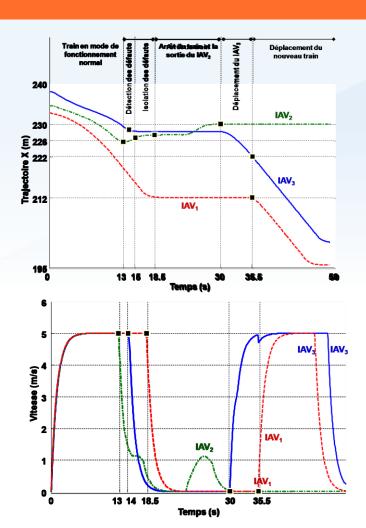


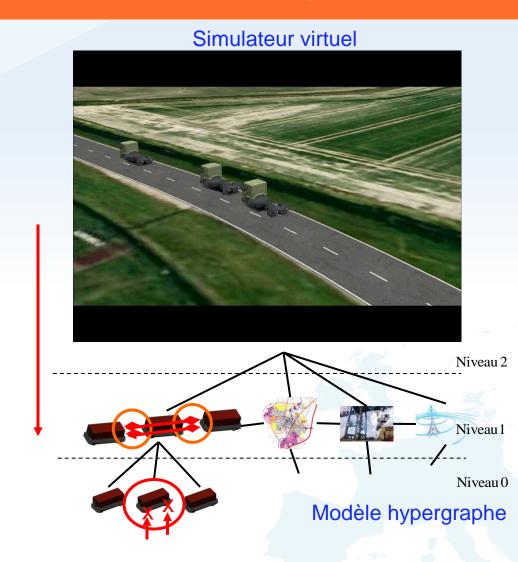




Application à un système de transport intelligent













Hypergraphe pour la modélisation et la supervision d'un SdSe

- ☐ Modélisation graphique d'un SdS par l'approche de l'hypergraphe
 - Représentation multi-niveaux, multi-structures et multi-missions
 - ♥ Répondant aux caractéristiques fondamentales des SdS
- □ Permettant d'établir une architecture de supervision
 - **♦ Identification des modes de fonctionnement : parcours ascendant**
 - Reconfiguration graphique : parcours descendant
- W. Khalil, R. Merzouki, B. Ould-Bouamama, & H. Haffaf, 'Hypergraph Models for Systems Supervision Design', IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, Part A, Volume 42, Issue (4), pages 1005-1012, 2012
- R. Merzouki, B. Conrard, P. Kumar and V. Coelen, 'Model based tracking control using Jerky behavior in platoon of vehicles', 2013 European Control Conference (ECC), PP 3488-3493, July 17-19, 2013, Zürich, Switzerland.
- Kumar, P.; Merzouki, R.; Conrard, B.; Coelen, V.; Ould Bouamama, B., "Multilevel Modeling of the Traffic Dynamic," Intelligent Transportation Systems, IEEE Transactions on, vol.PP, no.99, pp.1,17, 2014.
- S. Gelareh, R. Merzouki, K. McGinley, R. Murray, 'Scheduling of Intelligent and Autonomous Vehicles Under Pairing/Unpairing Collaboration Strategy in Container Terminals' Transportation Research Part C 33 (2013) 1–21, 2013
- N. Chatti, W. Khalil, A-L. Gehin, B. Ould-Bouamama, R. Merzouki, « Intelligent Supervision Of Autonomous Heavy Vehicles : Application To Maritime Area », The 13th International Conference on Harbor, Maritime & Multimodal Logistics Modelling and Simulation, Rome, Italy, pages 33-37, September 12-15, 2011.
- W. Khalil, R. Merzouki, B. Ould-Bouamama, 'Modelling for Optimal Trajectory Planning of an Intelligent Transportation System', 7th IFAC Symposium on Intelligent Autonomous Vehicles, Lecce, Italy, Sep. 6-8, 2010.







Merci! Thank You



Rochdi Merzouki

rochdi.merzouki@polytech-lille.fr

http://www.mocis-lagis.fr/membres/rochdi-merzouki/

http://www.intrade-nwe.eu



