

# Agilité des systèmes d'information

---

Jannik LAVAL

*La vie, en définitive, n'a de sens que si on la vit en se donnant à fond, en cherchant à réaliser tout ce qu'on a en soi.*

[Walter Bonatti, Montagnes d'une vie]

# CURSUS UNIVERSITAIRE

2008

2012

2015

2020

**Doctorat**, INRIA Lille  
équipe-projet RMoD  
Stéphane Ducasse

**Post-Doc**  
Univ. Bordeaux  
Xavier Blanc

Analyse d'architectures  
des systèmes orientés  
objet  
Analyse d'évolution

**Enseignant chercheur**  
Ecole des Mines de  
Douai

Génie logiciel pour la  
robotique de service

- 1 PhD : co-conception OO / FPGA
- 1 Postdoc : banc de simulations multirobots
- méthodologie de tests pour la robotique

**Enseignant chercheur**  
Univ. Lumière Lyon 2

Agilité des systèmes  
d'information

- 2 PhD : construction d'architectures SI interopérables
- 1 PhD : analyse sémantique de vulnérabilités
- 1 contrat et 3 masters : monitoring de SI distribués

*Grimper est secondaire, ce qui est important c'est l'homme qui naît au cours de l'ascension.*

[Gaston Rébuffat, La montagne est mon domaine]

# AGILITÉ DES SYSTÈMES D'INFORMATION

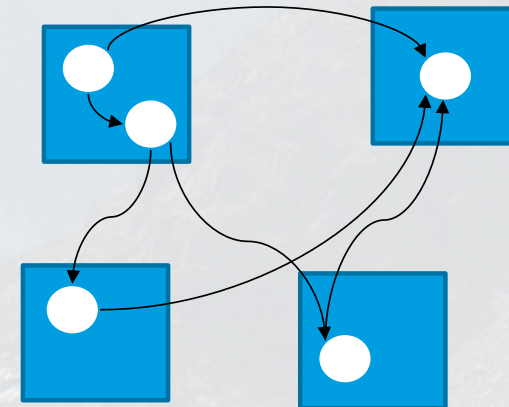


## Agilité des Systèmes d'information : définition

“Un système d'information est agile à partir du moment où il s'approprie un ensemble de processus et de stratégies **qui implique progressivement l'utilisateur**, afin d'acquérir la capacité d'**adaptation aux changements de l'activité de manière flexible et de continuer à atteindre ses objectifs**, en diminuant le temps de réponse, malgré la pression et les turbulences dans un **environnement imprévisible**” [Laval 2018].

# Agilité des Systèmes d'information : contexte

- Lois de l'évolution logicielle [Lehman 1996]
- Système d'information
  - composés d'artefacts concurrents et distribués
- Notion de Système de systèmes
  - indépendance opérationnelle,
  - Distribution géographique



# Agilité des Systèmes d'information : challenges

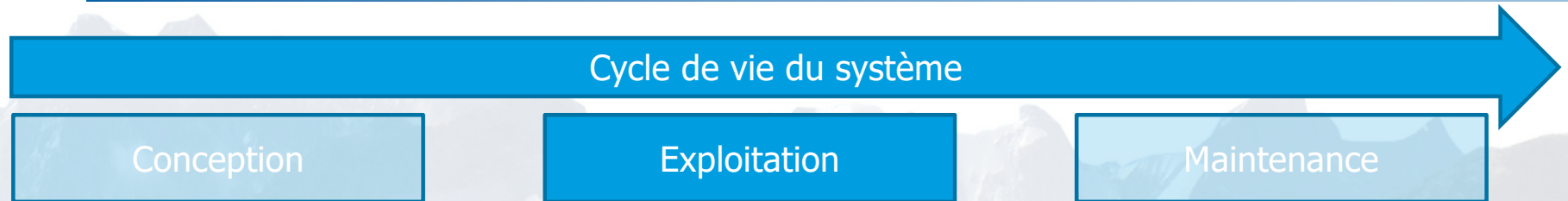


- Chaque système constituant a une indépendance opérationnelle, et peut être distribué géographiquement.
- Les exigences du SdS sont parfois en contradiction avec les exigences des systèmes constitutants en termes de performances, sécurité ou tolérance aux pannes.

Axe 1 : Contribution à la  
**construction**  
d'architectures des  
systèmes d'information  
interopérables



# Agilité des Systèmes d'information : challenges



- De nouveaux composants peuvent être ajoutés ou supprimés
  - apparition de comportements émergents.
- Chaque composant a une indépendance managériale
  - Incidence sur l'ensemble du Système de systèmes.
- Difficulté d'anticiper le comportement global au moment de la conception.

Axe 2  
Contribution à la  
**supervision** des systèmes  
d'information distribués



# Agilité des Systèmes d'information : challenges



- La dynamicité du Système de Systèmes le rend difficile à maintenir.
- Lors de la phase de maintenance, les Systèmes de Systèmes doivent s'adapter dynamiquement pour continuer d'assurer leur mission.

Axe 3  
Contribution à l'outillage  
pour l'**évolution** des  
systèmes cyberphysiques

#### Systèmes de systèmes

Axe 1 :  
Contribution à la  
construction  
d'architectures des  
systèmes  
d'information  
interopérables

Axe 2 :  
Contribution à la  
supervision des  
systèmes  
d'information  
distribués

Axe 3 :  
Contribution à  
l'outillage pour  
l'évolution des  
systèmes cyber-  
physiques

*La technique résout les problèmes et apporte des satisfactions, mais elle n'est qu'un moyen et reste pauvre si on la sépare de l'esprit qui la guide. [Gaston Rébuffat]*

# AXE 1 : CONTRIBUTION À LA CONSTRUCTION D'ARCHITECTURES DE SYSTÈMES D'INFORMATION INTEROPÉRABLES

- Diversité de l'écosystème logiciel
    - rechercher, évaluer, récupérer et connecter des composants logiciels.
    - sélectionner le bon logiciel avec des caractéristiques ou fonctionnalités spécifiques
  - Manque de processus standardisés pour identifier les composants les plus adaptés à réutiliser
- Effort d'adaptation pour intégrer la solution sélectionnée difficilement estimable.
    - Manque de documentation
    - Incertitude sur la qualité des composants logiciels
- Utilisation de méthodes ad-hoc.

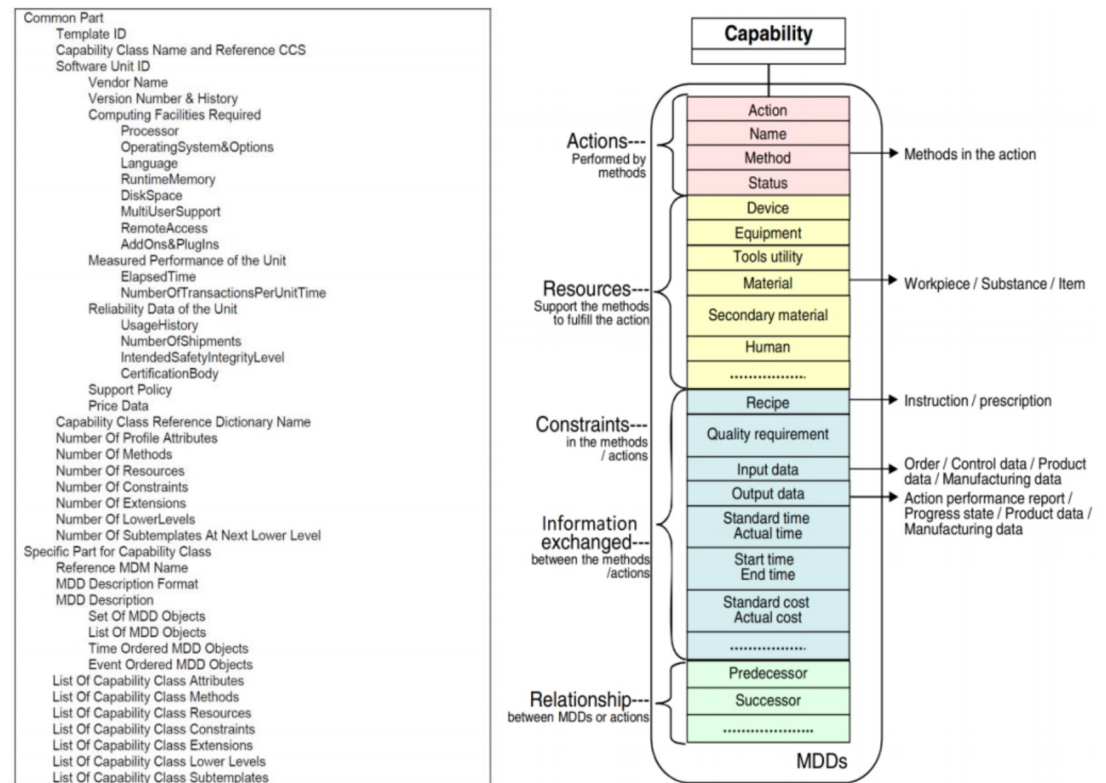


## Axe 1 : problématique

- Décrire de manière précise les exigences à satisfaire pour maximiser les opportunités de réutilisation
- Avoir une représentation de haut niveau des systèmes et des processus métiers.
- Organiser les différents artefacts de façon à analyser les possibilités de réutilisation

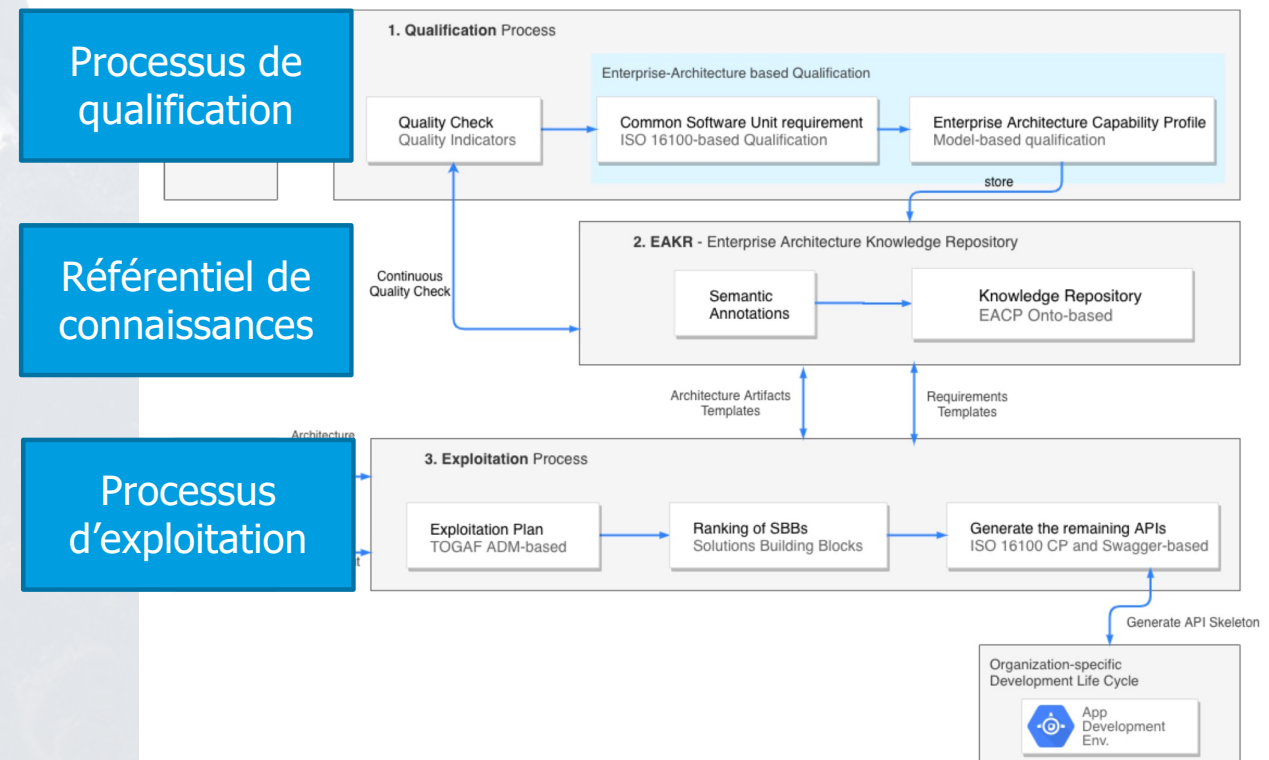
## Axe 1 : propositions

- Définition d'un profil de capacités logicielles
  - Organisationnelles,
  - Fonctionnelles,
  - Techniques,
  - Technologiques,
  - Qualités
  - Contraintes
- basé sur l'ISO 16100 et le framework TOGAF



## Axe 1 : propositions

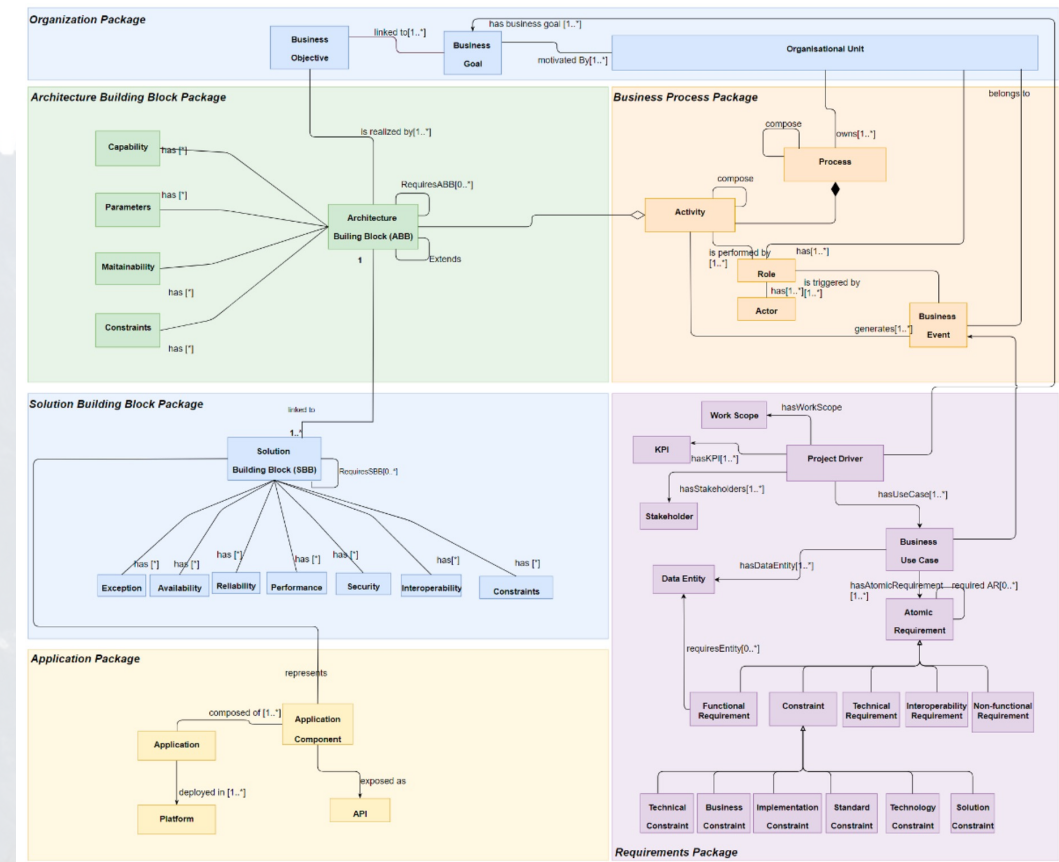
- Framework pour
  - l'évaluation,
  - la découverte,
  - la réutilisation des composants





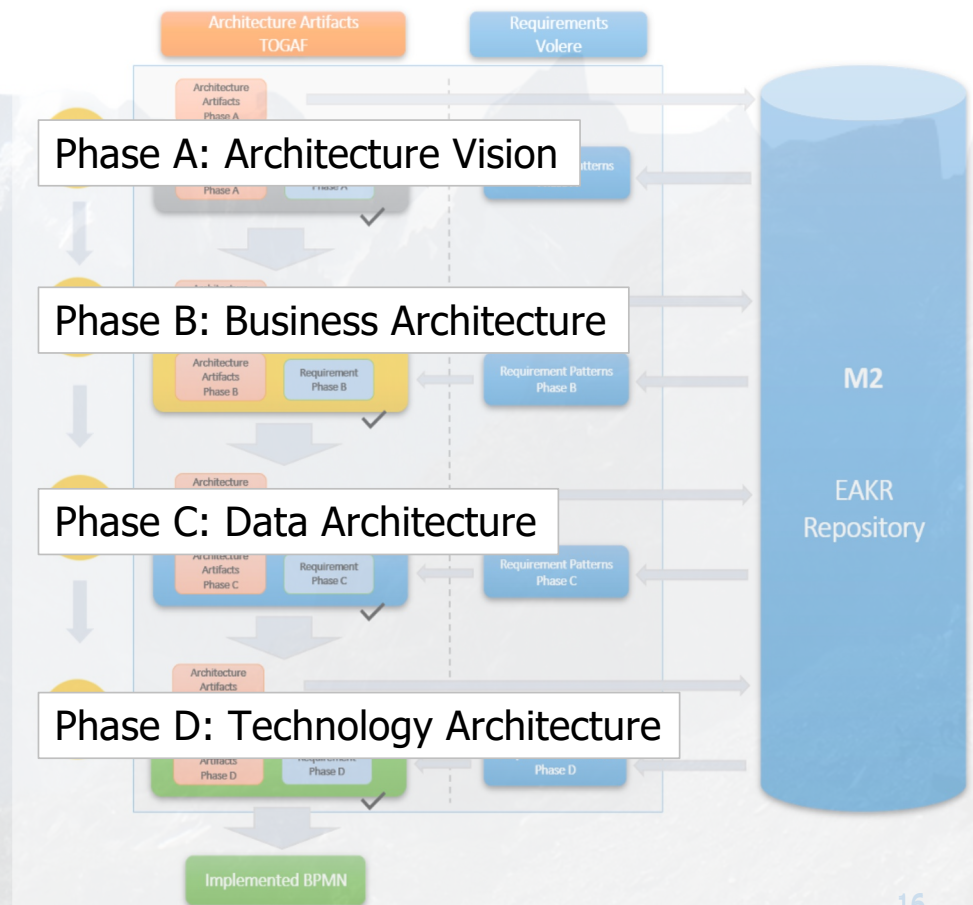
## Axe 1 : propositions

- Framework pour
  - l'évaluation,
  - la découverte,
  - la réutilisation des composants
- Réalisation d'une base de connaissances
  - gérer et partager les profils de capacités,
  - ontologie permettant d'alimenter le processus d'exploitation



## Axe 1 : propositions

- Framework pour
  - l'évaluation,
  - la découverte,
  - la réutilisation des composants
- Réalisation d'une base de connaissances
  - gérer et partager les profils de capacités,
  - ontologie permettant d'alimenter le processus d'exploitation
- Définition d'un modèle d'exploitation des profils de capacités logicielles.
  - inspiré du framework TOGAF.
  - produit une architecture à partir des exigences et des profils de capacités sélectionnés.



#### Systèmes de systèmes

Axe 1 :  
Contribution à la  
construction  
d'architectures des  
systèmes  
d'information  
interopérables

Axe 2 :  
Contribution à la  
supervision des  
systèmes  
d'information  
distribués

Axe 3 :  
Contribution à  
l'outillage pour  
l'évolution des  
systèmes cyber-  
physiques

*Le meilleur alpiniste au monde est celui qui s'amuse le plus.*

[Alex Lowe]

## AXE 2 : CONTRIBUTION À LA SUPERVISION DES SYSTÈMES D'INFORMATION DISTRIBUÉS

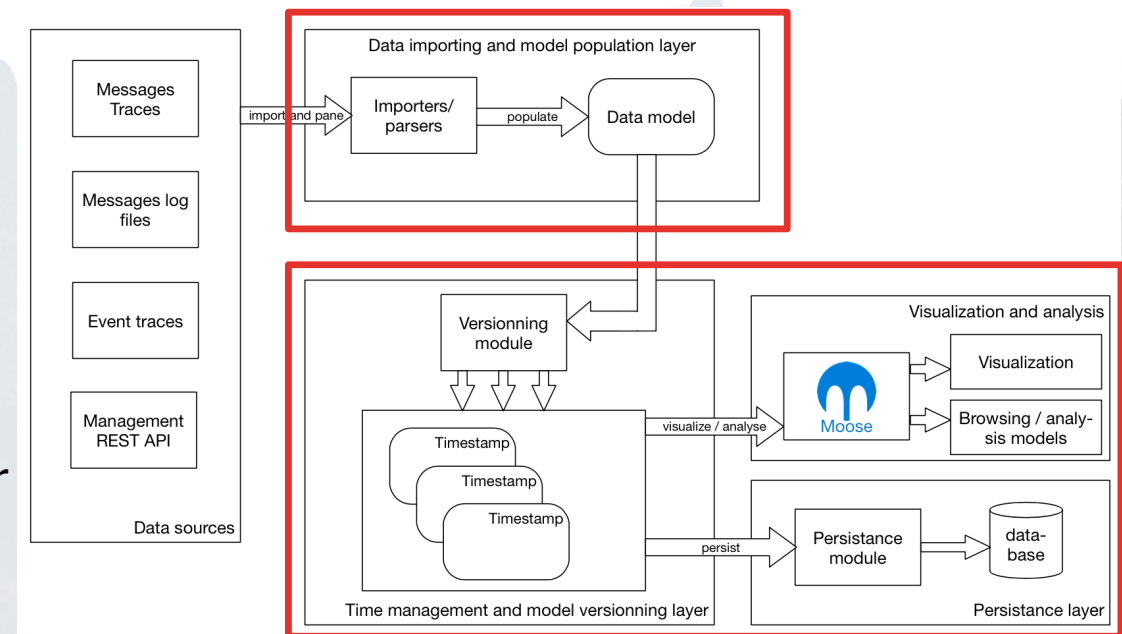


- Le problème de l'interopérabilité entre différents systèmes hétérogènes est amplifié par les applications réparties et l'IoT.
  - Les approches et les outils de surveillance traditionnels ne permettent pas d'appréhender le volume, la vitesse et la variété des données générées aujourd'hui.
  - En 2019, selon [Dynatrace 2020]
    - 2 973 alertes par jour remontées par les outils de monitoring.
    - 15% du temps à faire un tri
  - Selon [Cynet 2020], entre 20% et 40% des alertes sont ignorées.
- L'utilisation de séries temporelles est intéressante, mais pas suffisante.

- Analyser et identifier l'évolution de l'architecture du système et des problèmes pouvant survenir, à partir des données et des événements.
- En déduire une représentation de l'architecture du système.
- Inclure la gestion des vulnérabilités par l'extraction de différentes sources en ligne.

## Axe 2 : supervision des échanges

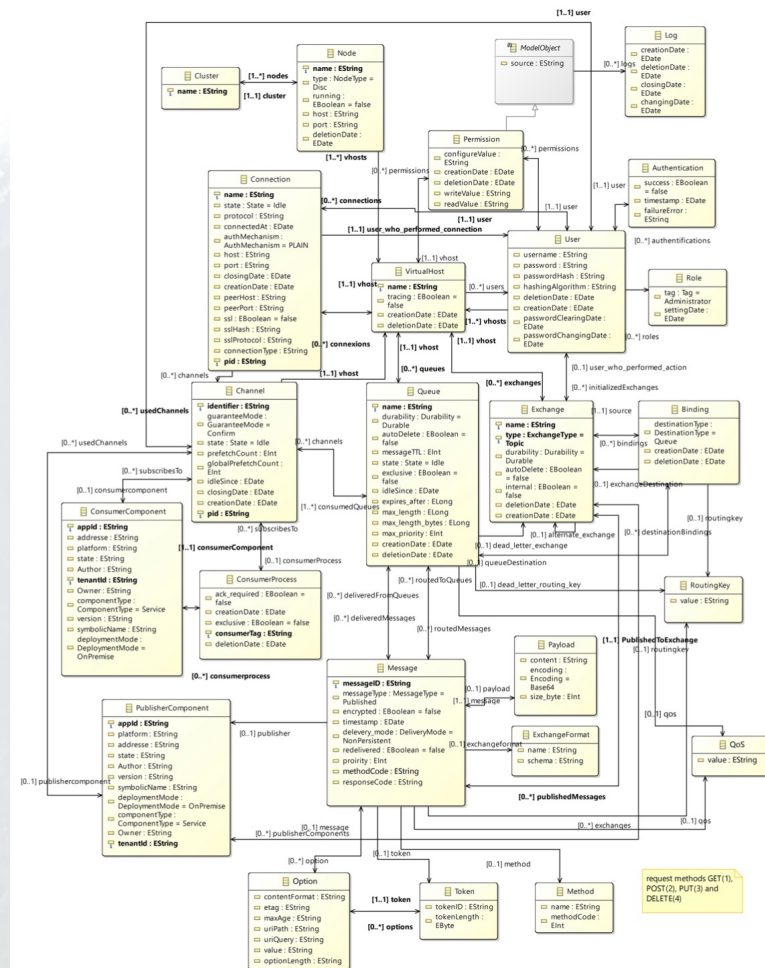
- Framework permettant la collecte de données sur les architectures orientées évènements
  - provenant des messages transitant dans le système d'information
- Modélisation du cycle de vie des composants de l'architecture
  - Historisation des données pour modéliser l'évolution





## Axe 2 : supervision des échanges

- Framework permettant la collecte de données sur les architectures orientées évènements
  - provenant des messages transitant dans le système d'information
- Modélisation du cycle de vie des composants de l'architecture
  - Historisation des données pour modéliser l'évolution
- Définition d'un métamodèle des architectures orientées évènements



## Axe 2 : exemple de traitement

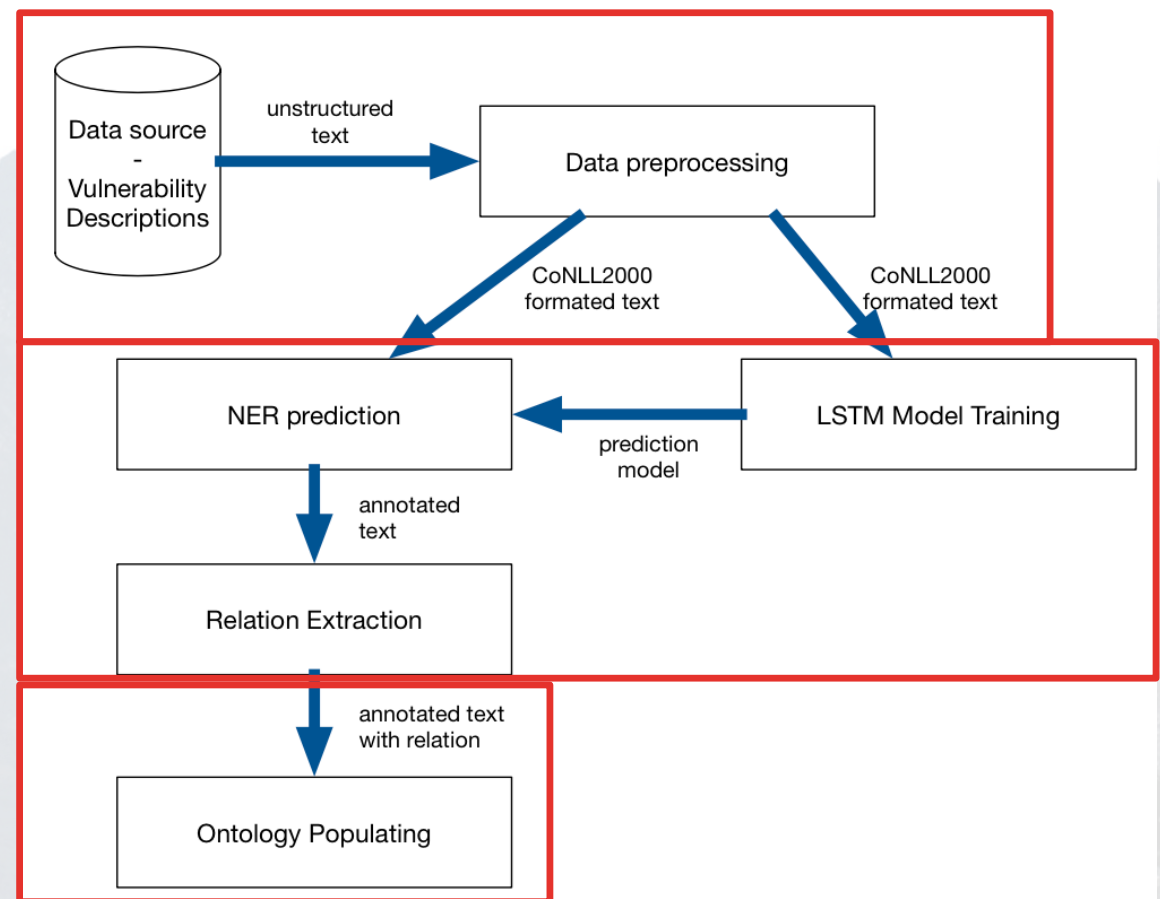
Exigences	Problème d'interopérabilité	Indicateur opérationnel	Indicateur statistique	Causes potentielles
Les données échangées sont disponibles	Données attendues non disponibles	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Messages perdus sur les canaux concernés</li> <li>- Indicateurs d'interaction manquants</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Taux de messages transmis</li> <li>- - Taux de messages perdus</li> <li>- - Taux de messages rejetés</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Obsolescence de l'interaction due à un changement d'architecture ou de processus</li> <li>- Problèmes liés au manque d'interaction</li> </ul>

### ■ Validation

- Analyse d'une architecture utilisée par Berger Levrault
- 700 000 évènements enregistrés
- La base continue d'être alimentée

## Axe 2 : gestion des vulnérabilités

- Extension vers la gestion de vulnérabilités
- Framework d'extraction d'information de vulnérabilités
  - extraction automatisée des informations à partir des sources web,
  - apprentissage non supervisé
  - représentation dans une ontologie.
- Performances
  - précision acceptable
  - gain de temps





#### Systèmes de systèmes

Axe 1 :  
Contribution à la  
construction  
d'architectures des  
systèmes  
d'information  
interopérables

Axe 2 :  
Contribution à la  
supervision des  
systèmes  
d'information  
distribués

Axe 3 :  
Contribution à  
l'outillage pour  
l'évolution des  
systèmes cyber-  
physiques

*Les montagnes n'appartiennent à personne, c'est bien connu, mais les expériences appartiennent à chacun. Beaucoup d'autres peuvent grimper sur les montagnes, mais personne ne pourra jamais s'emparer des expériences qui sont et demeurent notre. [Walter Bonatti]*

## AXE 3 : CONTRIBUTION À L'OUTILLAGE POUR L'ÉVOLUTION DES SYSTÈMES CYBERPHYSIQUES

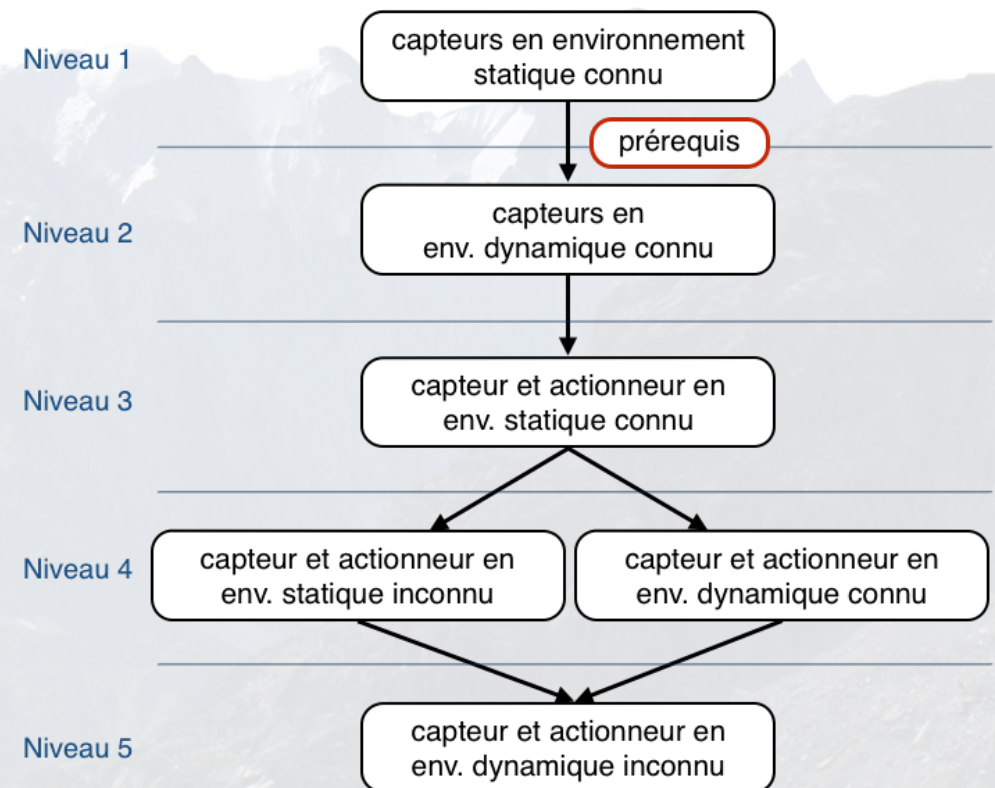
- Les techniques actuelles de Validation et de Vérification (V&V) nécessitent la connaissance de la logique applicative pour garantir la qualité avant déploiement.
  - Intégration du matériel
    - défis pour la reproductibilité des tests, de la validité des résultats ou encore du processus de débogage à distance.
- Peu d'anticipation des évolutions environnementales, des fonctionnalités émergentes ou des nouveaux usages



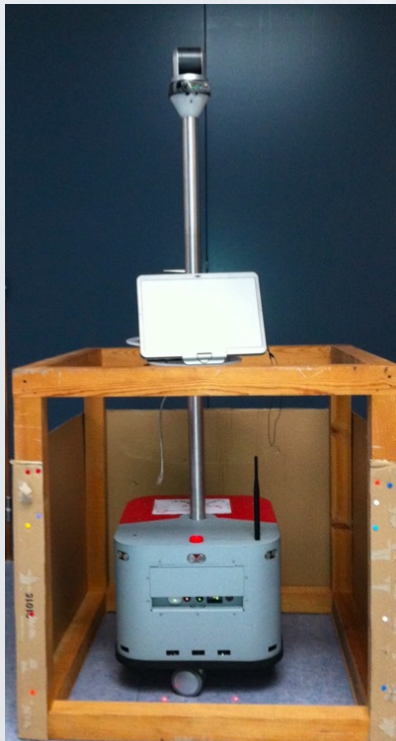
- Adapter les méthodes de Validation et de Vérification pour prendre en compte les nouvelles propriétés.
- Adapter les méthodes de V&V aux CPS
  - Développer des stratégies de tests pour les CPS
  - Proposer des simulations reproductibles par l'explicitation des hypothèses de la simulation.
  - Intégrer la simulation et les tests durant le processus de co-conception d'architectures logicielles OO et FPGA.



- Automatisation des tests d'un CPS
- 3 dimensions
  - Activité du CPS : capteurs / capteurs+actionneurs
  - Nature de l'environnement : environnement statique ou dynamique
  - Connaissance de l'environnement : le testeur connaît ou pas l'environnement
- 5 niveaux de tests



## Axe 3 : Tests



1 run, 1 passes



1 run, 0 passes,  
1 requirementFailure

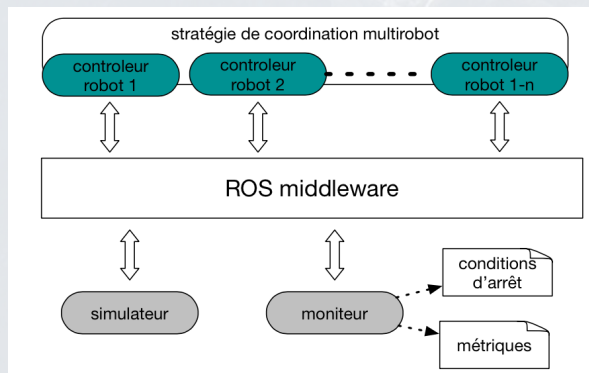
● testStraightLineMotion

1 run, 0 passes,  
1 requirementFailure

- testLaserWhenRobotAtBottomLeftOfTheBox
- testLaserWhenRobotAtBottomRightOfTheBox
- testLaserWhenRobotAtCenterOfTheBox
- testLaserWhenRobotAtTopLeftOfTheBox
- testLaserWhenRobotAtTopRightOfTheBox
- testLaserWhenRobotInsideTheBoxFacingObstacleAt2m
- testEmergencyStop

## Axe 3 : Simulation

- Simulation multirobot
  - Configuration de l'architecture
  - Automatisation de l'exécution

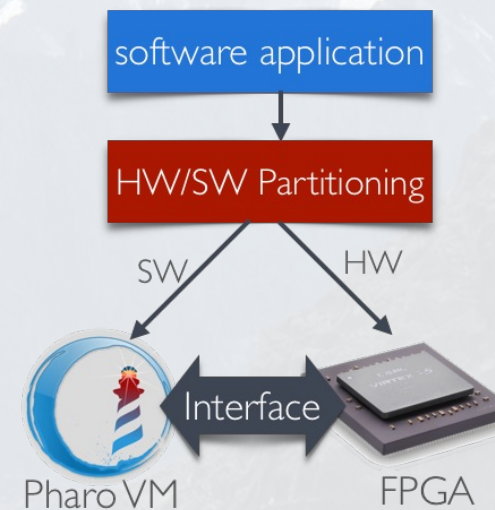


Parameters	Robot	Robot Model: Pioneer 3-DX
		Computing Capabilities: 2 CPUs, 2 GB RAM
		Maximum speed: 1.2 m/s, 5.24 rad/s
	Fleet	Laser rangefinder: SICK LMS500
		Number of robots: [1, 30]
		Homogeneity: homogeneous (Pioneer 3-DX)
		Robot initial positions: top left to bottom left corner, every 2 m
		Communication network: wired Gigabit Ethernet
		Communication range: 200 m
		Environment
Terrain size: 80 m × 80 m		
Obstacle height: 2 m		
Road width: 8 m		
Parameter vectors		All possible combinations
Iterations		5
Stop conditions	99% of explored terrain	
	2000 s of elapsed time	
Measurements	Explored area per simulation step	
	% of CPU used by each robot every 5 s	
	% of RAM used by each robot every 5 s	
	Kbytes received by each robot every 5 s	
	Kbytes sent by each robot every 5 s	
Metrics	Exploration time	
	Exploration cost	
	Exploration efficiency	
	Map quality	



## Axe 3 : Co-conception

- Simulation multirobot
  - Configuration de l'architecture
  - Automatisation de l'exécution
- Méthodologie de co-conception logiciel / FPGA
  - Proposer un métamodèle
  - Combler l'écart Logiciel / Matériel
  - Développement centralisé et déploiement à distance automatique
  - Possibilité de tester et simuler



### Systèmes de systèmes

Axe 1 :  
Contribution à la  
construction  
d'architectures des  
systèmes  
d'information  
interopérables

Axe 2 :  
Contribution à la  
supervision des  
systèmes  
d'information  
distribués

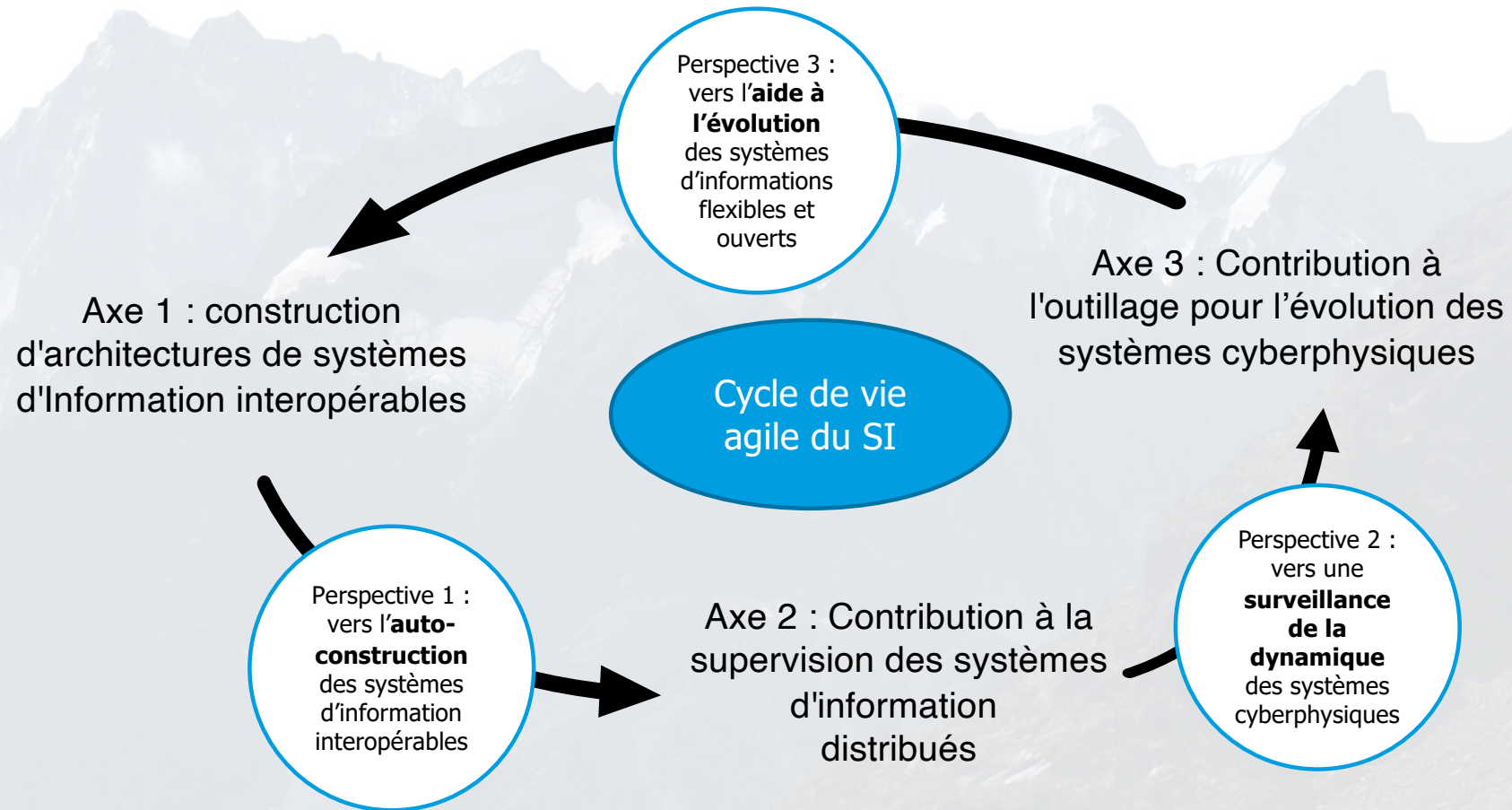
Axe 3 :  
Contribution à  
l'outillage pour  
l'évolution des  
systèmes cyber-  
physiques

*La montagne nous offre le décor ... À nous d'inventer l'histoire qui va avec.*

[Nicolas HELMBACHER]

# RÉFLEXIONS

## Perspectives : unification et agilité





Perspective 1 :  
vers l'**auto-  
construction**  
des systèmes  
d'information  
interopérables

- Verrous :
  - passage à l'échelle,
  - découverte à l'exécution,
  - prise en charge des propriétés émergentes,
  - approches Goal Question Metrics [Chaabane 2019] pour décrire des architectures de systèmes de systèmes.

Axe 1 : Contribution à la construction  
d'architectures de systèmes  
d'Information interopérables

Analyse et structure des  
exigences

Qualification et  
Composition de services

Analyse sémantique des  
fonctionnalités

Identification des propriétés  
émergentes

Perspective 1 :  
vers l'**auto-  
construction**  
des systèmes  
d'information  
interopérables

Alignement dynamique

Composition à l'exécution

Axe 2 : Contribution à la supervision  
des systèmes d'information  
distribués

Monitoring de SI distribués

Monitoring sémantique

- utiliser des algorithmes d'apprentissage automatique pour améliorer le processus de conception
- prise en compte de l'ensemble des exigences (métiers, fonctionnelles et non fonctionnelles).

Perspective 1 :  
vers l'**auto-  
construction**  
des systèmes  
d'information  
interopérables

Analyse sémantique des  
fonctionnalités

Alignement dynamique

Identification des propriétés  
émergentes

Composition à l'exécution



Perspective 2 :  
vers une  
**surveillance**  
**de la**  
**dynamique** des  
systèmes  
cyberphysiques

- Verrous :
  - adaptabilité [Gascon-Samson 2015].
  - gestion de la disponibilité des ressources
    - principe d'élasticité [Al-Dhuraibi 2017].
    - définition d'un ensemble de configurations et de mécanismes d'échange de configuration
  - gestion de la complexité et du maintien de la stabilité

Axe 2 : Contribution à la supervision  
des systèmes d'information  
distribués

Monitoring de SI distribués

Monitoring sémantique

Monitoring contextualisé

Variabilité et résilience des  
systèmes de systèmes

Perspective 2 :  
vers une  
**surveillance de  
la dynamique**  
des systèmes  
cyberphysiques

Remédiation automatisée

Axe 3 : Contribution à l'outillage pour  
l'évolution des systèmes cyber-  
physiques

Simulation de systèmes  
multi-robots

Tests de systèmes CPS

Co-conception OO / FPGA

- rendre explicable et maîtrisable l'évolution des systèmes cyberphysiques.
  - mettre en œuvre des outils de supervision,
  - Développer des algorithmes de reconnaissance de patrons de comportements
  - adapter le système de manière à le maintenir fiable.
- Utilisation d'algorithmes d'apprentissage automatique ou d'autres algorithmes d'intelligence artificielle.

Perspective 2 :  
vers une  
**surveillance de  
la dynamique**  
des systèmes  
cyberphysiques

Monitoring contextualisé

Variabilité et résilience des  
systèmes de systèmes

Remédiation automatisée



Perspective 3 :  
vers l'**aide à  
l'évolution** des  
systèmes  
d'informations  
flexibles et  
ouverts

- Réutiliser les approches développées
  - co-conception
  - simulation
  - supervision

pour offrir un système d'aide à l'évolution vers de nouvelles architectures et la migration des systèmes d'information.

Axe 1 : Contribution à la construction  
d'architectures de systèmes  
d'Information interoperables

Analyse et structure des  
exigences

Qualification et  
Composition de services

Simulation Software/  
Hardware in the Loop  
(SIL - HIL)

Développement dirigé par  
les tests (TDD) pour les  
systèmes de systèmes

Perspective 3 :  
vers l'**aide à**  
**l'évolution** des  
systèmes  
d'informations  
flexibles et  
ouverts

Validation et vérification  
des CPS

Axe 3 : Contribution à l'outillage pour  
l'évolution des systèmes cyber-  
physiques

Simulation de systèmes  
multi-robots

Tests de systèmes CPS

Co-conception OO / FPGA

- co-conception étendue aux systèmes distribués.
- migration vers les microservices avec plus d'outillage de validation et de vérification.
- Migration vers des architectures nouvelles
  - Green IT
  - Micro-services

Perspective 3 :  
vers l'**aide à**  
**l'évolution** des  
systèmes  
d'informations  
flexibles et  
ouverts

Simulation Software/  
Hardware in the Loop  
(SIL - HIL)

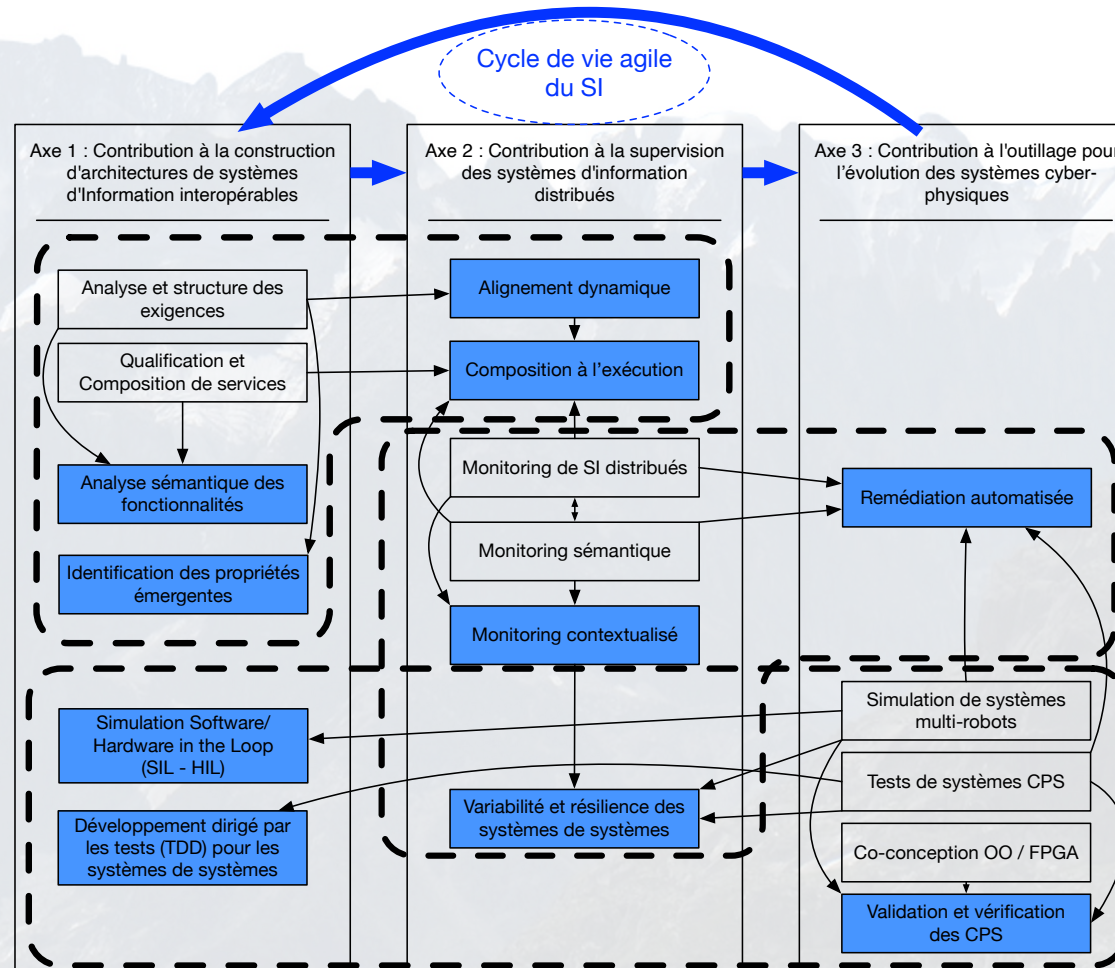
Validation et vérification  
des CPS

Développement dirigé par  
les tests (TDD) pour les  
systèmes de systèmes



Perspectives 1 :  
vers l'auto-  
construction des  
systèmes  
d'information inter-  
opérables

Perspective Axe 3 : vers l'aide à  
l'évolution des  
systèmes  
d'information  
flexibles et ouverts



Perspective 2 :  
vers une  
surveillance de la  
dynamique des  
systèmes cyber-  
physiques

- La résilience est la capacité d'un système à continuer de fonctionner malgré des déficiences
  - notion de crise non maîtrisée
  - S'appuyer sur la supervision
  - l'analyse des situations critiques

## On cherche des stagiaires

- Trajectoire de résilience : surveillance, adaptation et amélioration d'un système résilient (<https://www.disp-lab.fr/fr/node/226>).
- Identification des problèmes de sécurité dans les échanges de données d'un système IoT (<https://www.disp-lab.fr/fr/node/225>)
- Gestion de la variabilité de plusieurs familles de logiciels avec l'Analyse Polyadique de Concepts (<https://www.disp-lab.fr/fr/node/227>).