

9<sup>ème</sup> Colloque IMT : Systèmes de production du futur  
*Quelle ingénierie et quel pilotage pour quelles transformations ?*

# DÉPLOIEMENT DE L'INGÉNIERIE SYSTÈME EN MILIEU PME/PMI/ETI : MUTATIONS ORGANISATIONNELLES ET TRANSFORMATION NUMÉRIQUE

**V. Chapurlat**

IMT Mines Alès - Laboratoire LGI2P – Equipe ISOE

# CONTEXTE PME/PMI/ETI ET CADRAGE DES TRAVAUX

**Cibles** : PME/PMI/ETI parties prenantes de projets

- ▶ D'**ingénierie** de produits, de services, de lignes de produits
- ▶ De **production** de ces biens et services
- ▶ De **maintenance en conditions opérationnelles** (MCO) en exploitation
- ▶ De **démantèlement**

**Rôles** : (assistance à) ingénierie, production (produits / services)

- ▶ **Sous-traitance**
- ▶ **Fournisseur**
- ▶ **Partenaire** (GIE, réseau, ...)

**Secteurs**

- ▶ **Nucléaire** : travaux neufs / démantèlement / production de biens et de services pour assistance à ingénierie
- ▶ **Aéronautique** : ingénierie, V&V, IVTV
- ▶ **Santé** : circuit du médicament, circuit du patient, dispositifs médicaux
- ▶ **Transport / Energie** : performance, interopérabilité et résilience pour assurer continuité, qualité et disponibilité de services

# BESOINS PERÇUS

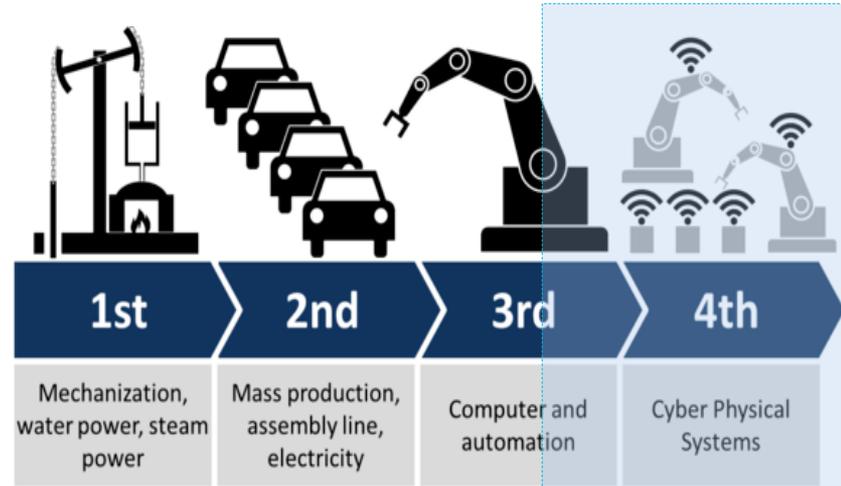
Besoins	Progresser avec agilité	Progresser en confiance	Progresser en collaborant mieux (Interne / Externe)	Progresser plus vite et plus efficacement
Objectifs et contradiction	<p><b>Impliquer</b> au plus tôt, et régulièrement les autres parties prenantes (<b>pluridisciplinaire</b>) en préservant son cœur de métier</p>	<p>Se positionner en termes de <b>V&amp;V</b>, d'<b>Early V&amp;V</b> et d'<b>IVTV</b> sans impacter outre-mesure les métiers</p>	<p><b>Organiser</b> et <b>structurer</b> (rôles, activités, responsabilités, ...) <i>tout en privilégiant un management souple et horizontal, motivant</i></p>	<p><b>Suivre</b> les évolutions du marché <b>Réutiliser</b> ou <b>s'inspirer</b> de projets réussis <i>tout en favorisant l'innovation (apport des nouvelles technologies)</i></p>
Pour	<p>Comprendre et partager les fondamentaux Echanger (points de vue) Négocier / Argumenter Décider Réduire les risques</p>	<p>Admettre Argumenter Démontrer / Justifier Négocier / Décider Réduire les risques (oublis, non-conformités, ...)</p>	<p>Gérer la relation client/fournisseur en phase avec les activités d'ingénierie, impliquer les métiers, motiver, Réduire les risques</p>	<p>Gagner du temps, de la crédibilité / Innover Viser des niveaux TRL plus importants Argumenter / Justifier Réduire les risques</p>

**Génie Industriel** : « optimiser la performance d'une entreprise en prenant en compte globalement ses **produits**, ses **processus**, ses **procédés**, son **organisation**, ses **partenaires** et ses **ressources**... »

- **Ingénierie Système Basée sur des Modèles (MBSE)**
- Organiser les ressources et la relation C/F

**Transformation Numérique** : « désigne le processus qui permet aux entreprises de mieux intégrer les technologies numériques disponibles pour mener à bien, organiser et piloter ses activités et ses valeurs »

- **Interopérabilité des systèmes** / Partage / **Dematerialisation / Automatisation**
- **Management proactif** plutôt que hiérarchie en silo



Source: WP



**Ingénierie Système** : *« démarche méthodologique générale qui englobe l'ensemble des activités adéquates pour concevoir, faire évoluer et vérifier un système apportant une solution économique et performante aux besoins d'un client tout en satisfaisant l'ensemble des parties prenantes »*

[AFIS 2018]

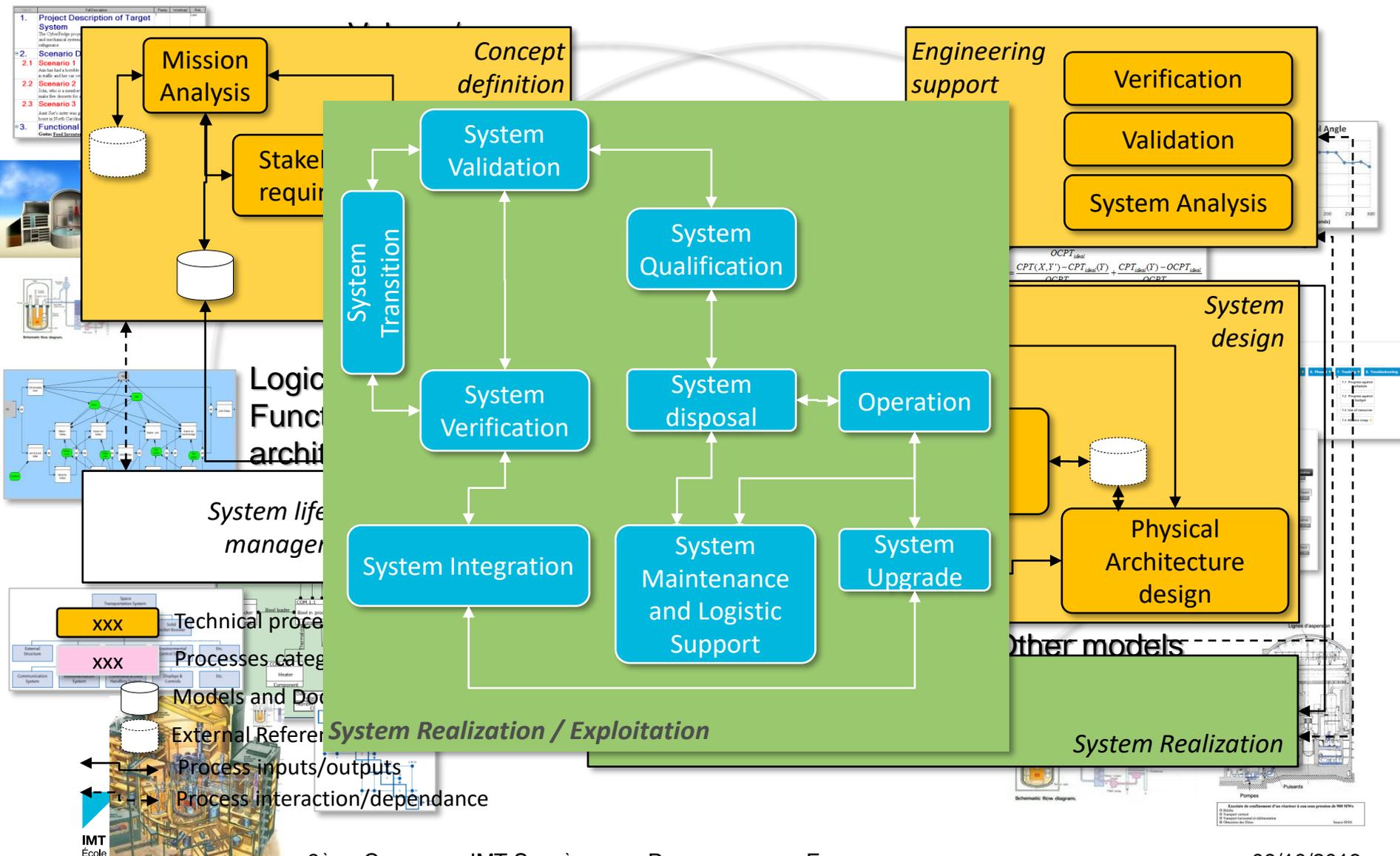
## MBSE

*“A system engineering methodology that focuses on creating and exploiting domain models as the primary means of information exchange between engineers, rather than on document-based information exchange”*

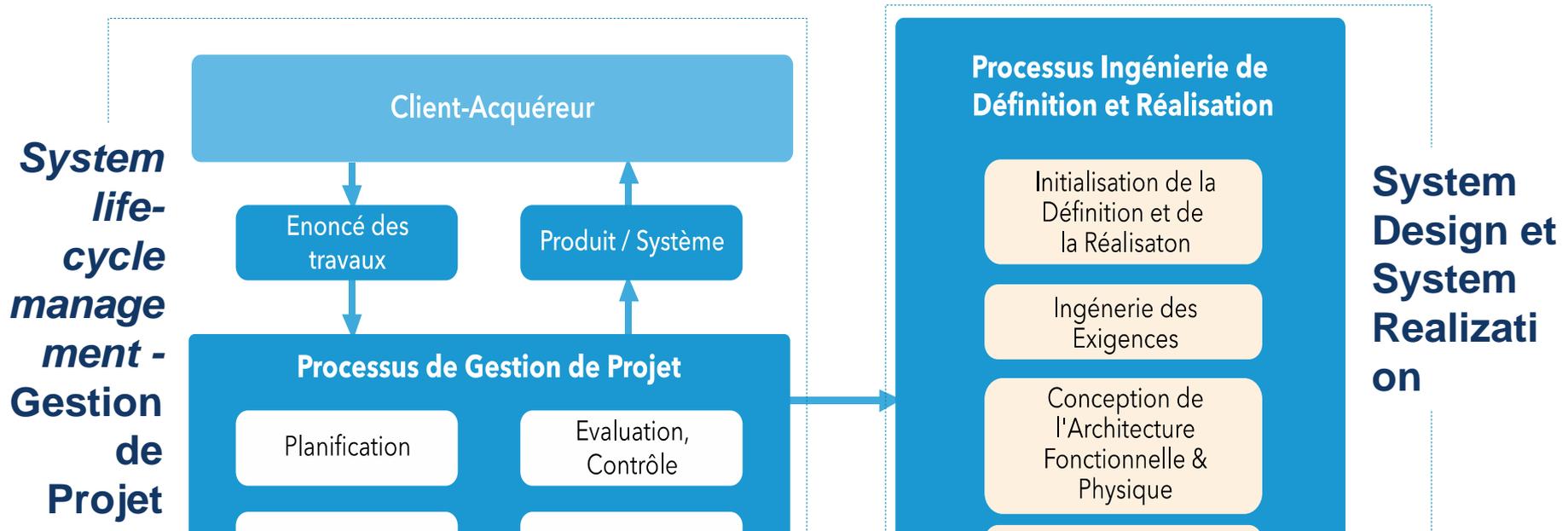
[Giani et al. 2014]

*“An approach to engineering that uses models as an integral part of the technical baseline that includes the requirements, analysis, design, implementation, and verification of a capability, system, and/or product throughout the acquisition life cycle”*

[Final Report, Model Based Engineering Subcommittee, NDIA, Feb. 2011]

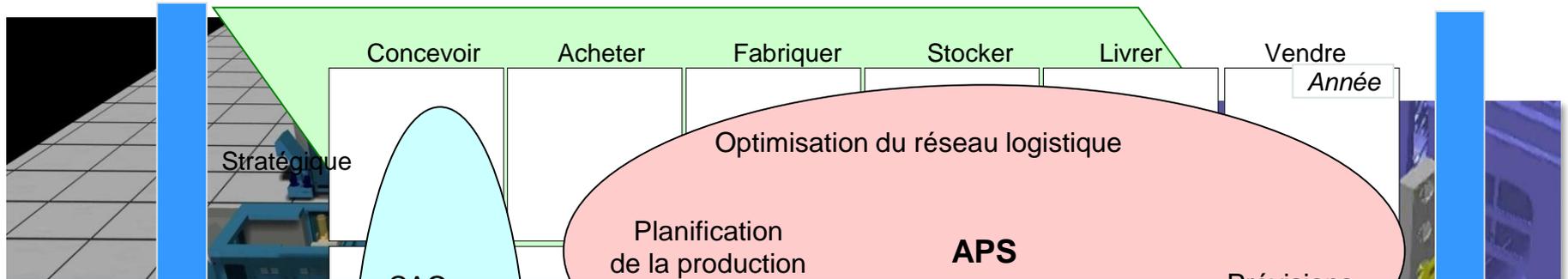


# ISO 29110 : « L'IS POUR LES PME »



Comment **déployer** cette vision du MBSE ?

Comment supporter un collectif de parties prenantes pour **modéliser**, **vérifier** et **valider au plus tôt**, **évaluer** et **décider** en confiance ?

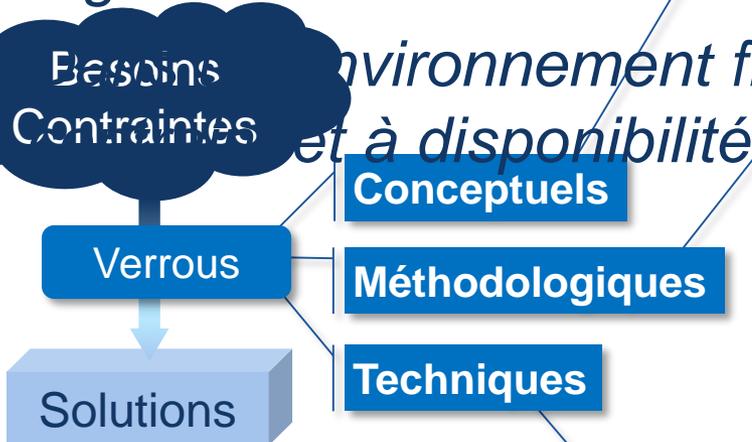


Peut-on s'assurer d'un continuum d'outils interopérables pour les PME ?

Que partager en confiance comme Données, Informations et Connaissances (dont des modèles) tout au long du cycle de vie du système ? (Maquette Numérique vs. Jumeau Numérique ?)

Internet / Intranet / IoT / Réseaux / Objets Connectés / Mobilité / ...

*En favorisant des collaborations avec les SHS ou les SO ...  
Sans bouleverser les usages ou induire une rupture  
organisationnelle brutale ...*



Quels **concepts** (vocabulaire / sémantique / pragmatique) employer ?  
Quels **langages** de manipulation préconiser ?

Quel type d'**ingénierie** déployer pour avancer en confiance, itérativement, en collaborant mieux ?  
Quelle **approche processus** adopter, en phase avec les objectifs et les métiers à valeur ajoutée de l'entreprise ?  
Quels **usages** préconiser ?

Quels **moyens** pour **vérifier, valider, évaluer, décider et justifier** ?  
Quelle **chaîne numérique** avec quels **outils interopérables** choisir ?  
En partageant quels **référentiels de Données, d'Informations et de Connaissances** (Maquettes Numériques vs. Jumeaux Numériques, ontologies métier, ...) ?



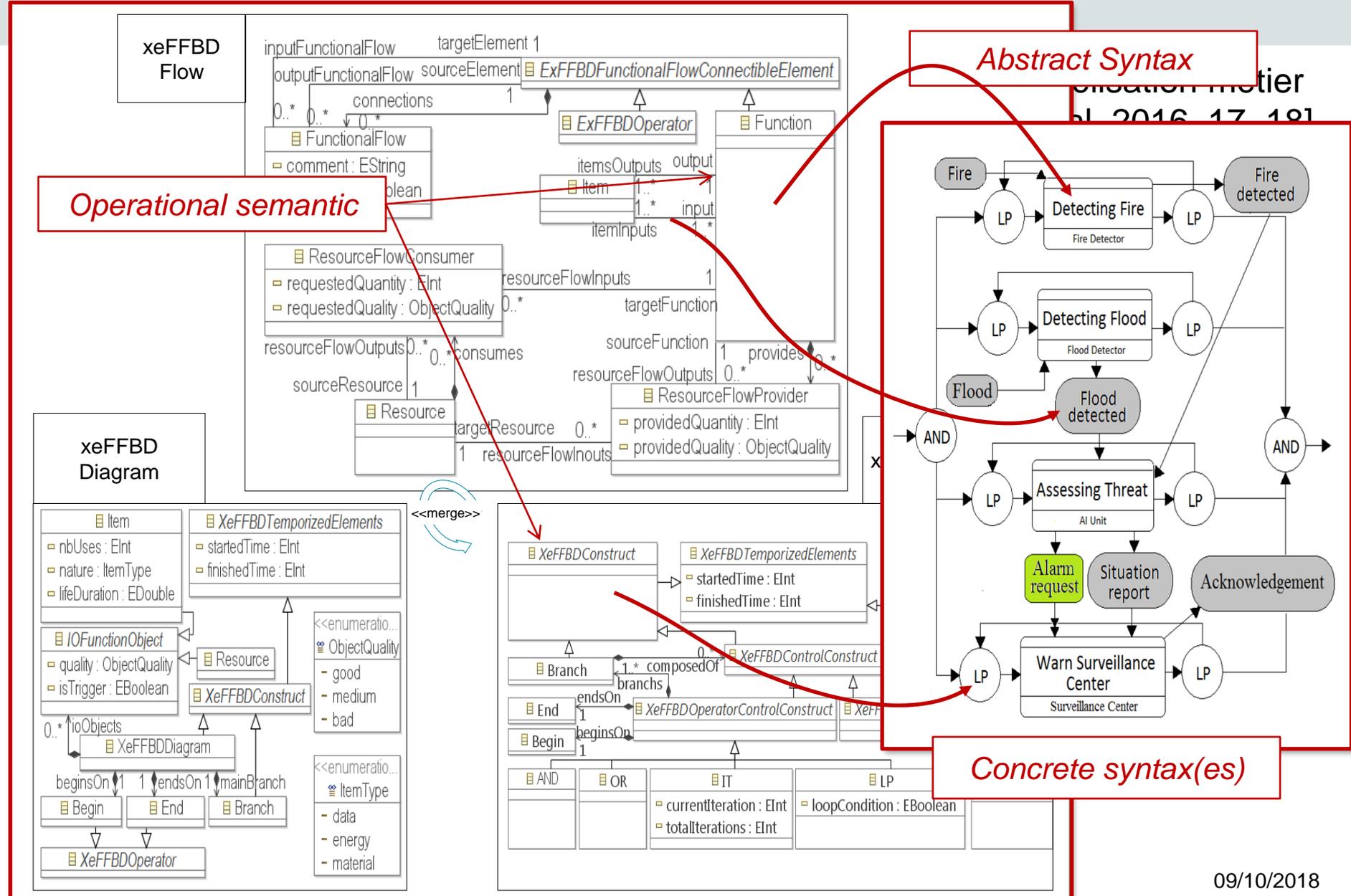
Institut Mines-Télécom

# EXEMPLES DE TRAVAUX

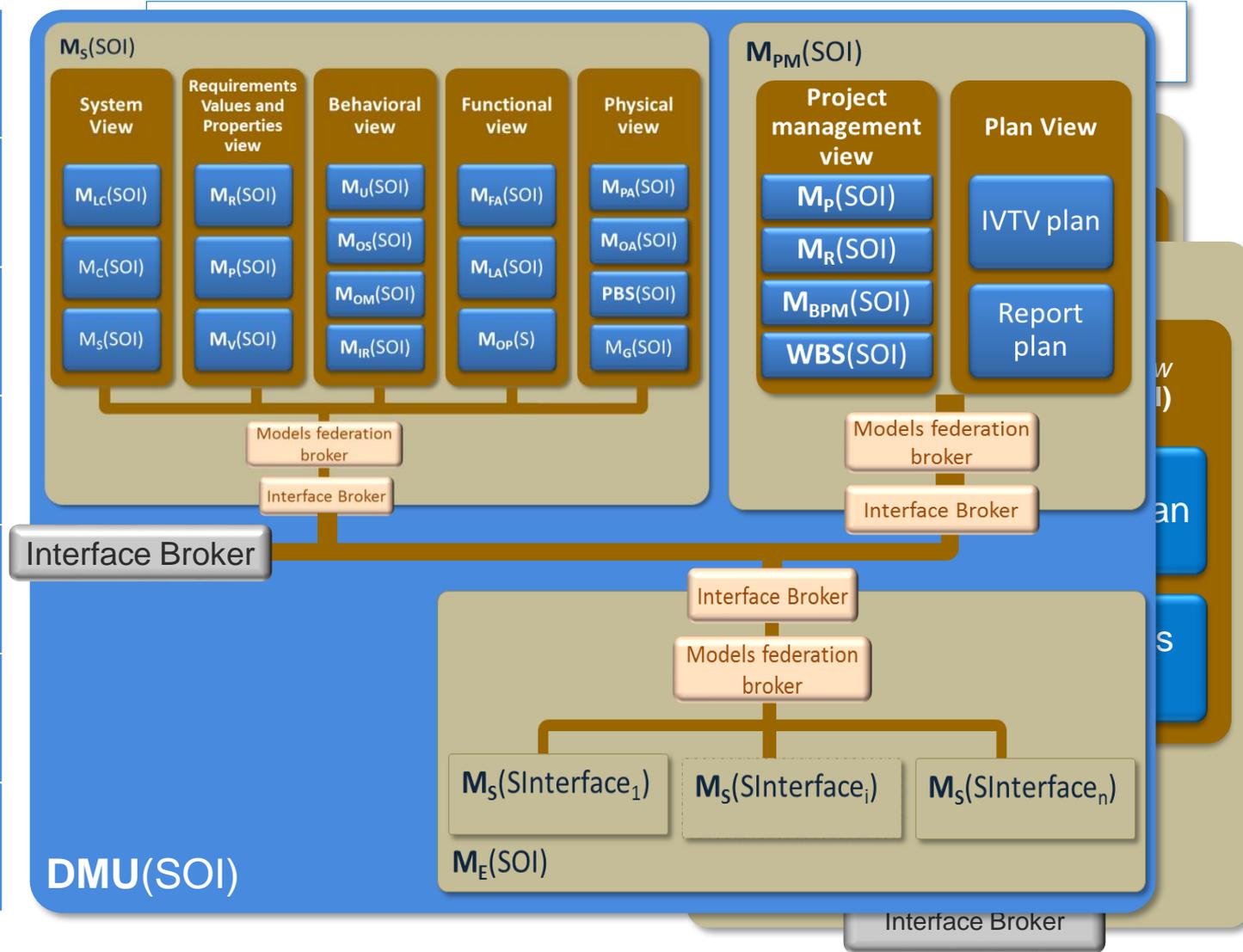
## Abstract Syntax

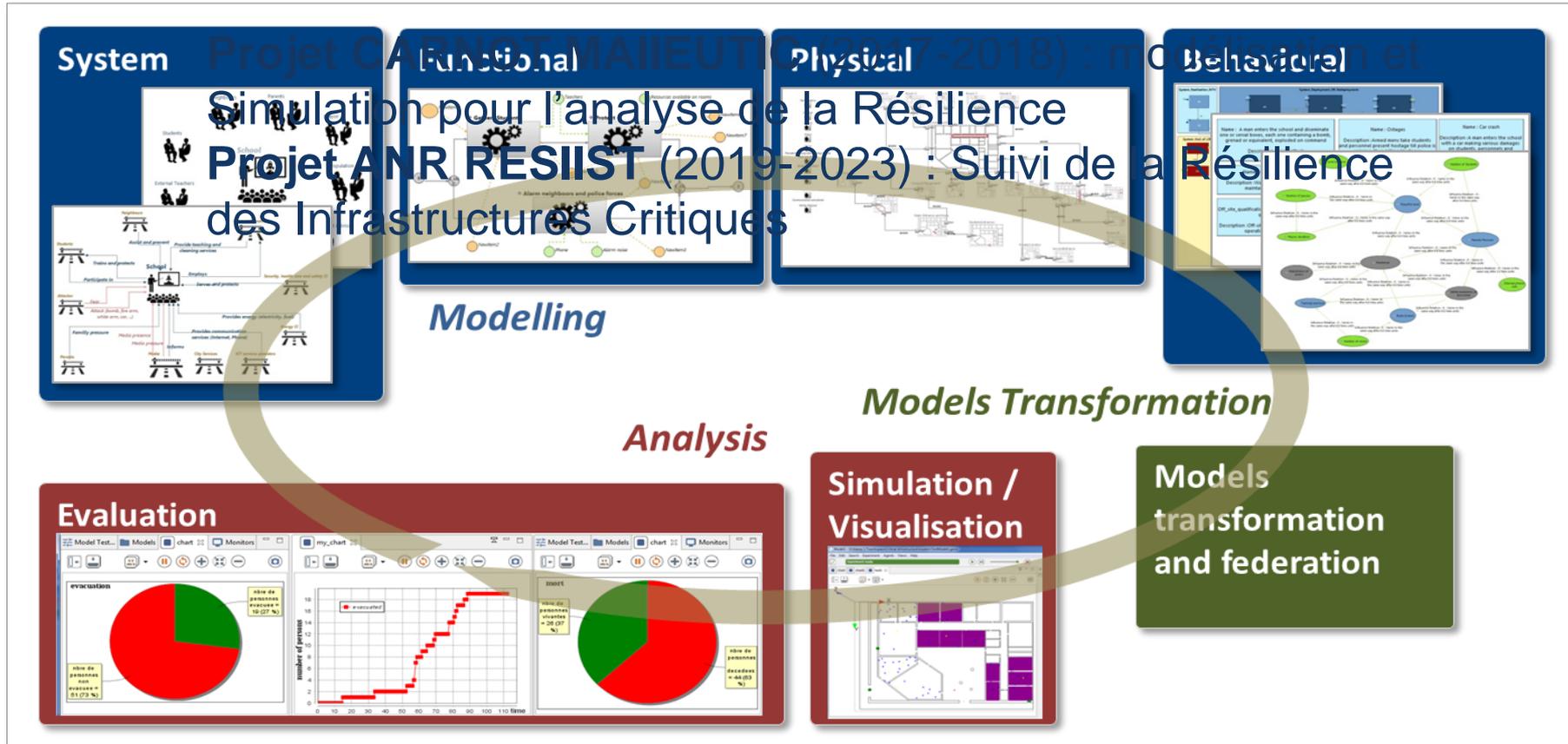
## Operational semantic

## Concrete syntax(es)



- Values / Requirements baselines models
- Behavioural / Simulation models
- Logical / Functional / architectures models
- Physical / Organic architectures models
- Other models (Safety, Costs, ...)
- Evaluation models
- Project management Models





Projet ANR MAIEUTIC (2017-2018) : modélisation et Simulation pour l'analyse de la Résilience  
 Projet ANR RESIIST (2019-2023) : Suivi de la Résilience des Infrastructures Critiques



“-ility” (plural "-ilities) is "the developmental, operational, and support requirements a program must address (e.g. availability, maintainability, vulnerability, reliability, supportability)" (ISO/IEC/IEEE 2008)

Elle traduit tout ou partie d'une exigence non-fonctionnelle à laquelle un système doit répondre

Elle traduit donc la capacité d'un système à répondre à des changements, stimuli, événements prévisibles ou imprévisibles : *"how the system should be and not what it should do"*

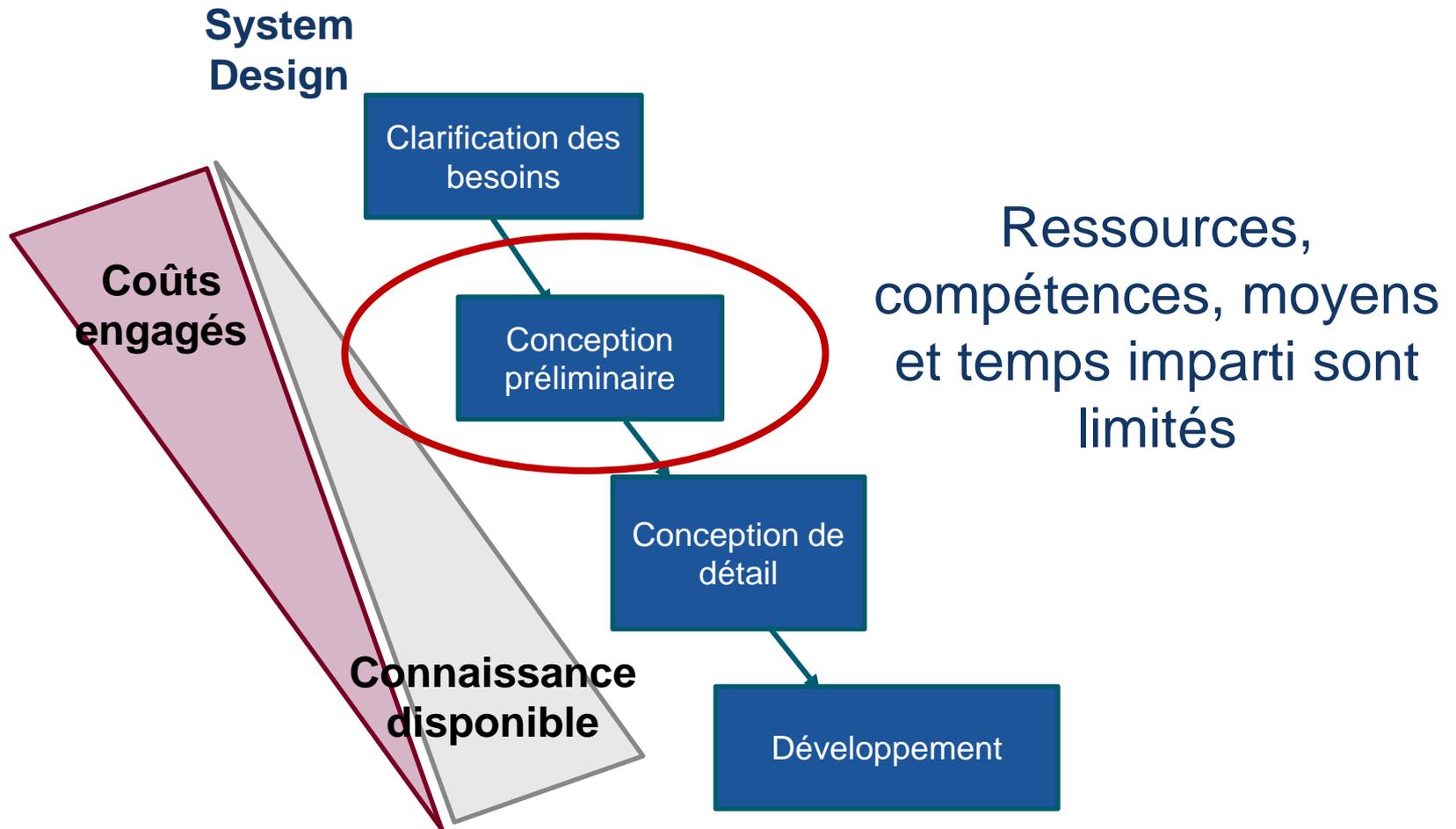
## Méthodes outillées pour le MBSE et le SoSE :

- Modéliser des systèmes complexes, des systèmes de systèmes, leurs **propriétés non-fonctionnelles** et les relations de dépendance, d'influence, de décomposition, de raffinement, ... entre ces propriétés
- Formaliser et vérifier ces propriétés par preuve / par simulation de modèle / par analyse formelle : conformité, construction, ...
- Evaluer et analyser le comportement des systèmes, leur impact sur la variabilité et la sensibilité de leurs propriétés

## Projet ANR Franco-Allemand RE(H)STRAIN : Résilience du réseau Franco-Allemand de Transport de Voyageurs face à une attaque terroriste

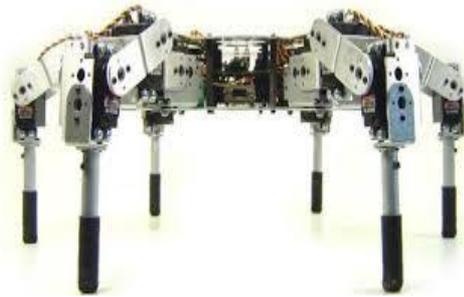


# AIDE AU CHOIX D'ARCHITECTURE DANS LE CONTEXTE INCERTAIN DE LA CONCEPTION PRELIMINAIRE

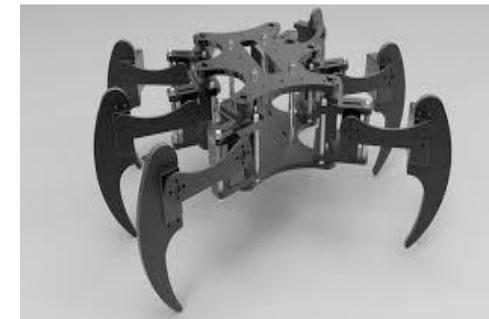


# APPLICATION : EVALUATION D'ARCHITECTURE EN ROBOTIQUE

Les choix amonts d'architecture conduisent à des réalisations de systèmes aux propriétés très différentes....



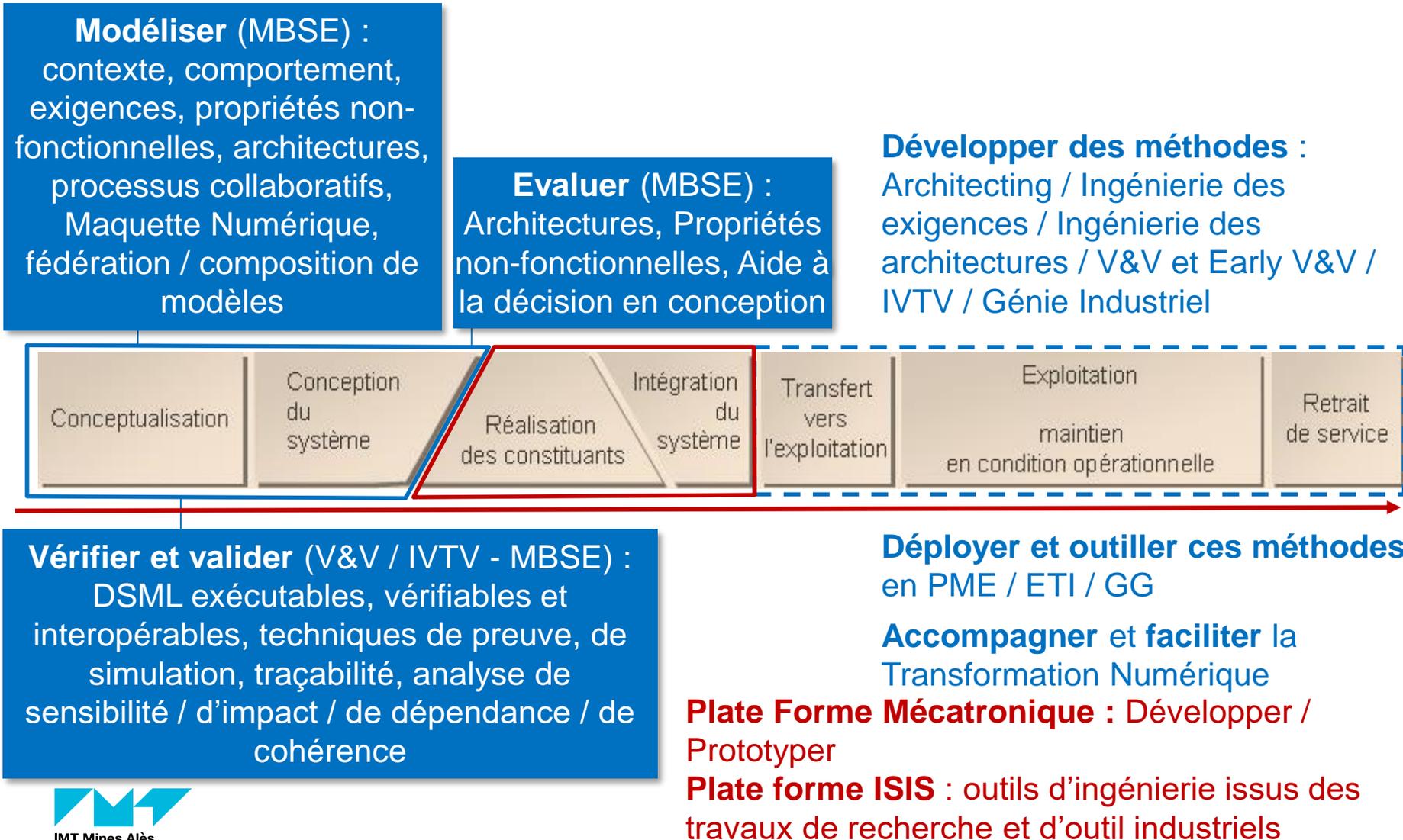
*Quelle architecture satisfait au mieux les clients (le vouloir) tout en étant de difficulté de réalisation acceptable pour le concepteur (le pouvoir) ?*





Institut Mines-Télécom

# SYNTHÈSE



# MERCI DE VOTRE ATTENTION...

**Vincent Chapurlat**

Professeur, Responsable Equipe ISOE

[Vincent.chapurlat@mines-ales.fr](mailto:Vincent.chapurlat@mines-ales.fr)

06 22 23 79 93