

Une méthodologie de conception des systèmes manufacturiers reconfigurables (RMS).

Khaled LAMECHE

Le 20/05/2016, Grenoble



Plan de la présentation

- Projet STAR
- Les systèmes Manufacturiers Reconfigurables,
- L'ingénierie système,
- Méthodologie de développement,

Contexte des travaux de recherche

Projet STAR

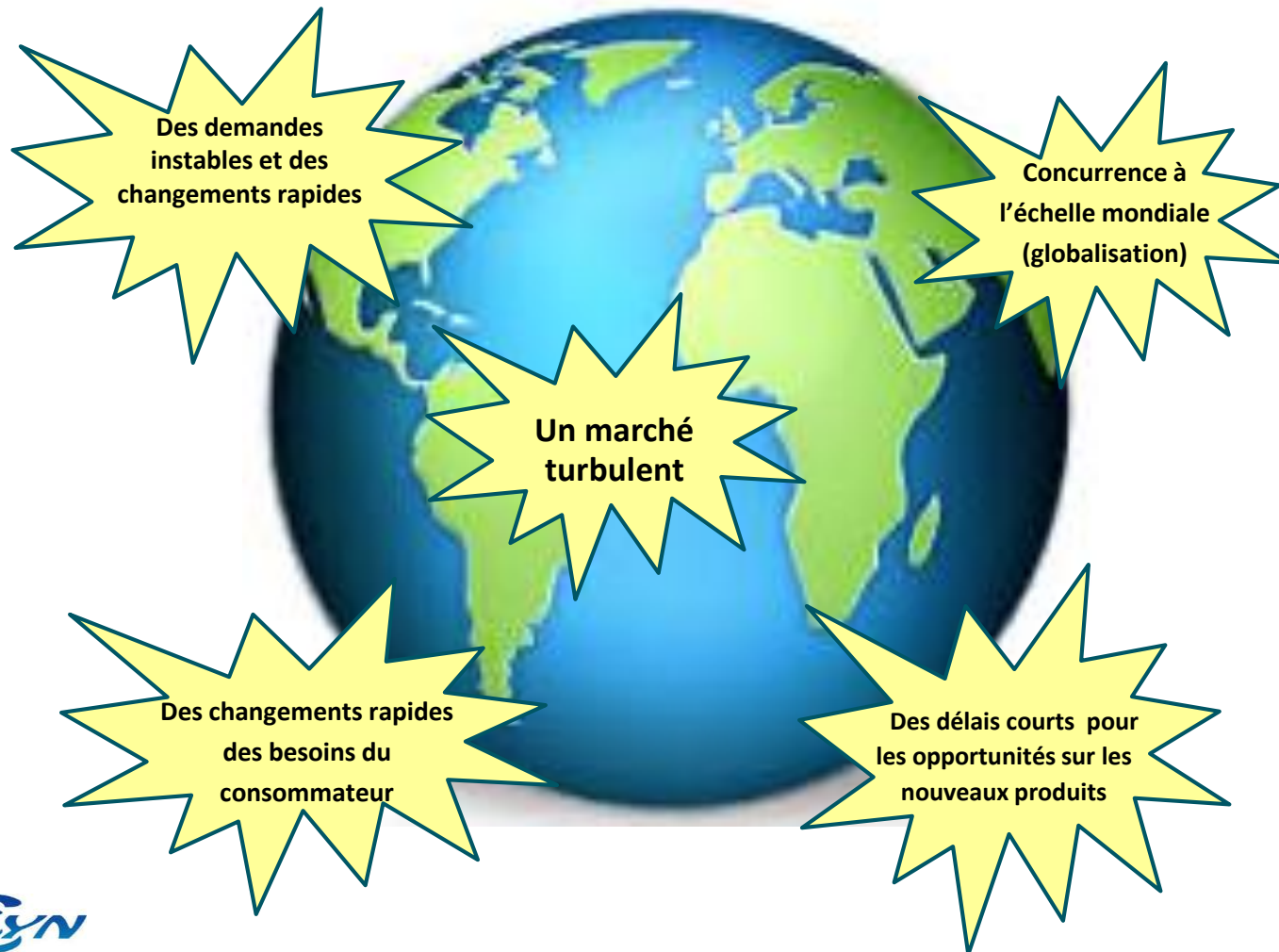
- **STAR: Système Transitiqque Agile et Robotisé**
- Partenaires (Faurecia, DAHER, IRT Jules Verne, BA Système, IRCCyN),

Objectifs

- Développement d'une fonction logistique (interne) automatisée, Agile et reconfigurable,
- Mise en place d'une démarche standard pour maitriser le développement des systèmes complexes,

Les Systèmes Manufacturiers Reconfigurables

- Un marché en changement permanent localement et globalement.
- Un RMS émane de la nature dynamique de l'environnement de production et de la forte concurrence qui existe au niveau globale.



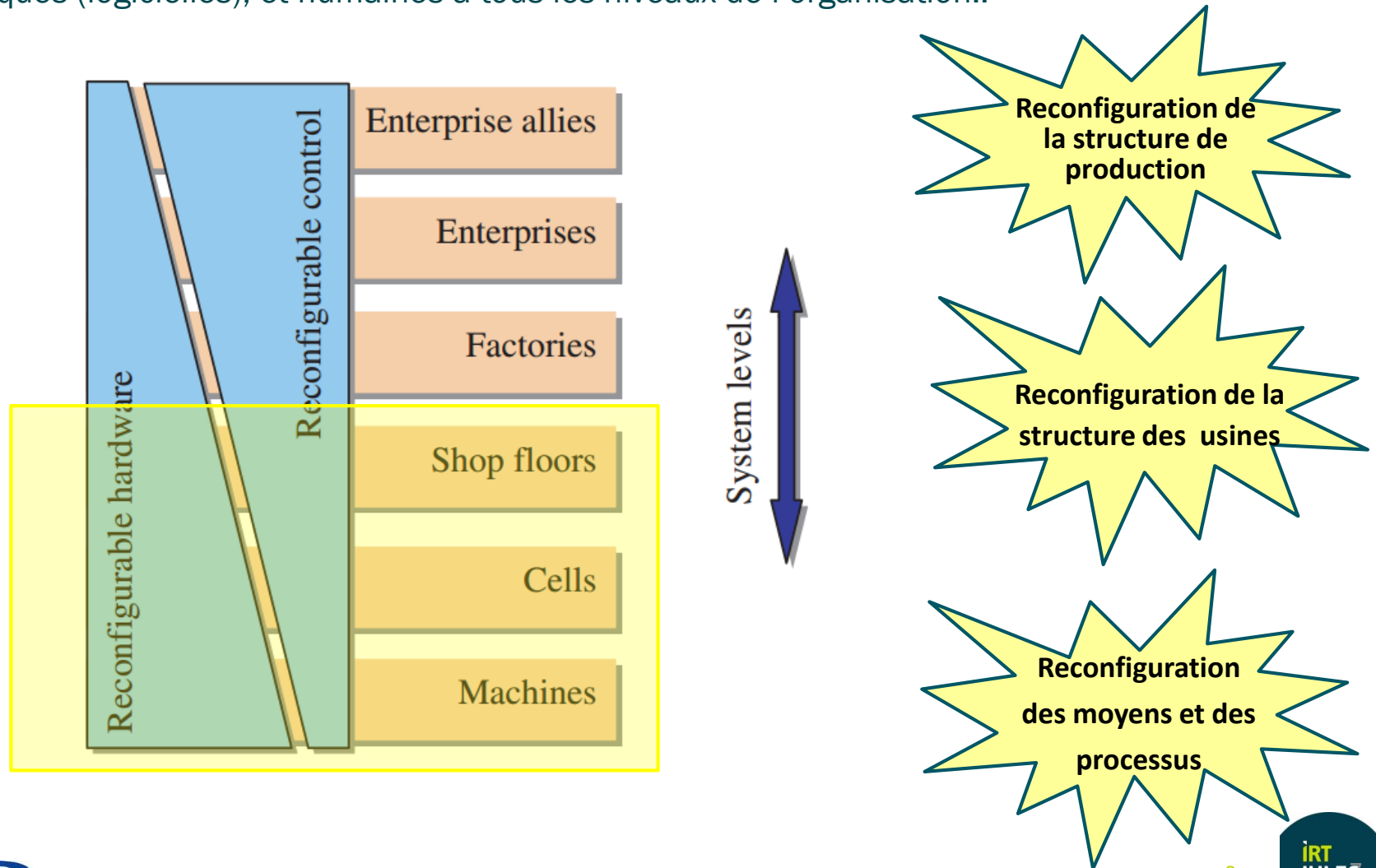
Les Systèmes Manufacturiers Reconfigurables

Définition

- Un RMS est conçu **dés le départ pour des changements rapides** de sa structure (physique et logique) afin **d'ajuster rapidement la capacité et la fonctionnalité de production** autour d'une famille de produits en réponse à des changements soudains dans le marché, ou aux changements intrinsèques du système. **(Koren, et al 1999)**

Les Systèmes Manufacturiers Reconfigurables

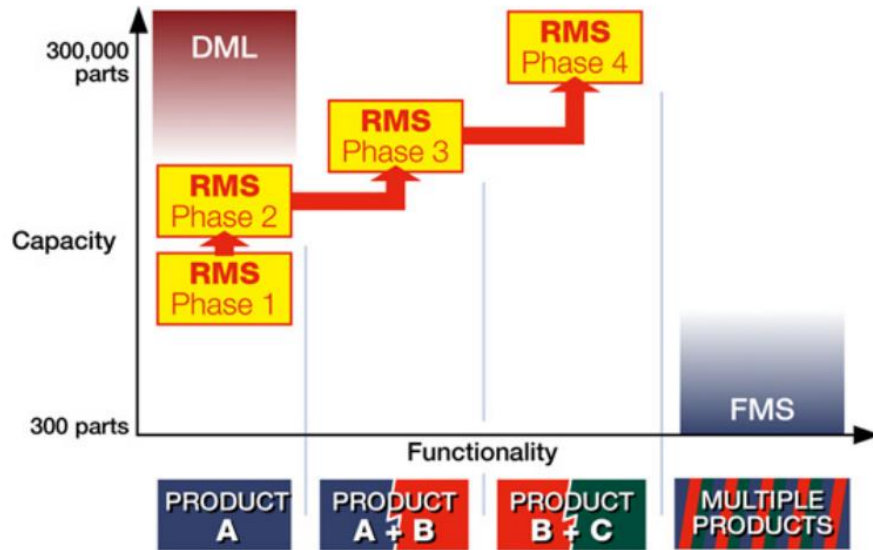
- Le changement des caractéristiques des produits exigent des adaptations physiques, logiques (logicielles), et humaines à tous les niveaux de l'organisation..



Les Systèmes Manufacturiers Reconfigurables

Comparaison entre un RMS, LMS et DMS

- DMS: Dedicated Manufacturing System,
- FMS: Flexible Manufacturing System,
- RMS: Reconfigurable Manufacturing System,



La comparaison entre les 3 types des systèmes manufacturiers en termes de fonctionnalité et capacité (Source: Koren & Shpitalni 2010).

	Fixed Hardware	Reconfigurable Hardware
No Software	Manual Machines Dedicated Lines	Convertible Lines
Fixed Software	CNC, Robots FMS	Modular Machines
Reconfigurable Software	Modular Open-Architecture Controller	Reconfigurable Machines w. Reconfigurable Controllers

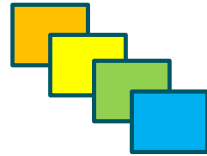
System Configuration Rules & Economics → RMS

La comparaison entre les 3 types des systèmes manufacturiers (Source: ASME, 1992).

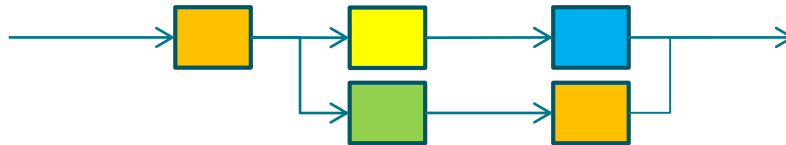
Les Systèmes Manufacturiers Reconfigurables

Problématique de conception d'un RMS

- Conception de l'architecture: Composition du système, les interactions, produire autant de variantes de sorte que le système peut faire face aux changements et incertitudes,

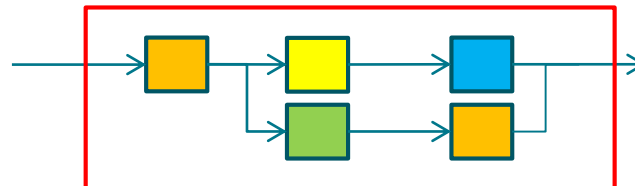


- Conception de configuration: Déterminer la configuration du système sous une architecture donnée pour une tâche spécifique.



- Conception du système de pilotage: Détermine les variables du processus appropriées de sorte qu'une configuration peut être exploitée pour remplir la tâche de manière satisfaisante.

Systeme de controle



Les Systèmes Manufacturiers Reconfigurables

Les caractéristiques clés d'un RMS

- **Personnalisation**: La flexibilité d'un système ou d'une machine limitée à une famille de produits.
- **Convertibilité** : La capacité de transformer facilement la fonctionnalité du système ou de la machine pour répondre aux nouvelles exigences de production.
- **Évolutivité** : La possibilité de modifier facilement la capacité de production en ajoutant ou éliminant des ressources de production.
- **Modularité** : La classification des fonctions opérationnelles en unités qui peuvent être manipulées et échangées entre les systèmes de production pour un arrangement optimal.
- **Intégrabilité** : La capacité à intégrer rapidement des modules et précisément par un ensemble d'interfaces mécaniques, électriques, et informationnelles.
- **Diagnosticabilité** : La capacité de diagnostiquer et corriger rapidement les défauts opérationnels.

Les Systèmes Manufacturiers Reconfigurables

- Problématique de conception
 - Comment Intégrer les exigences et les contraintes de reconfiguration dans la conception du système ?
- Quelques travaux (état de l'art)
 - Conception du système (la structure globale),
(Benkamoun, et al., 2014), (Chafoun, 2014), (Francalanza, et al., 2014), (Guan, et al., 2012), (Gyulai, et al., 2012), (Hu, et al., 2011), (Steffen, et al., 2010), (Koren & Shpitalni, 2010), (Leitão, et al., 2012), (Li, et al., 2009), (Mpofo & Tiale, 2012), etc.
 - Conception des machines reconfigurables,
(Barhak, et al., 2005), (Dhupia, et al., 2007), (Lorenzer, et al., 2007), (Mehrabi, 2001), (Morales-Velazquez, et al., 2010), (Padayachee & Bright, 2012), (Son, et al., 2010), (Spicer, et al., 2005)
 - Conception du système de pilotage,
(Bruccoleri, 2007), (Pritschow, et al., 2001), (Valente & Carpanzano, 2011), (R.M. da Silva, et al., 2016),
 - Développement des méthodes de gestion (planification, ordonnancement, équilibrage des lignes, etc.)
(Azab, et al., 2013), (Azab & ElMaraghy, 2007), (Bruccoleri, et al., 2006), (Carpanzano, et al., 2014), (Gyulai, et al., 2014), (Gyulai, et al., 2014), (Mittal & Jain, 2014), (Valente, et al., 2013), (Wang & Koren, 2012)

Mais !

Manque d'une méthode de conception globale qui prend en compte les exigences reconfiguration dès l'expression du besoin jusqu'aux plus bas niveaux de conception du système.

L'ingénierie Système et la conception des RMSs

Définition

L'ingénierie des systèmes est une **approche scientifique interdisciplinaire**, dont le but est **de formaliser et d'appréhender la conception de systèmes complexes avec succès**.



Ingénierie système
(principes, méthodes,
techniques, normes,
etc.)

Une méthode standard
Pour



**Développer les systèmes
manufacturiers
reconfigurables.**

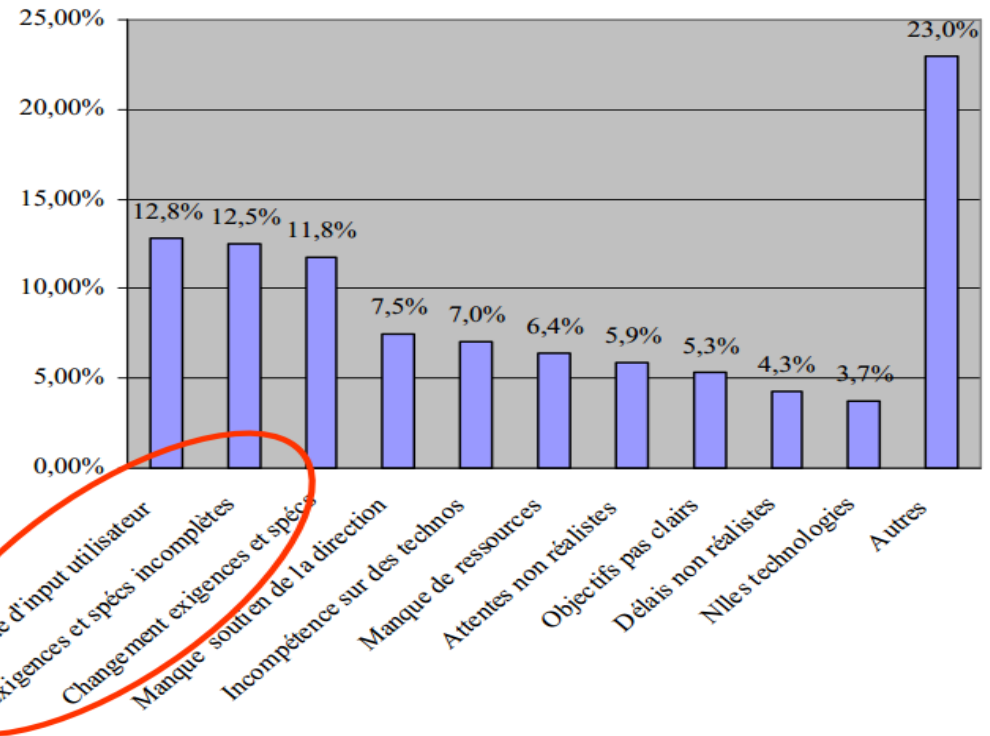
L'ingénierie systèmes

- Quelques données Statistiques

- Étude conduite par: INCOSE Systems Engineering Center of Excellence en 2001.
- Une corrélation inverse entre l'effort fourni en ingénierie systèmes et le dépassement du budget, et de la date limite dans la réalisation d'un projet (système).

Les principales causes de l'échec d'un projet:

- Manque de données utilisateurs,
- Exigences incomplètes,
- Changement des exigences.



Source: (INCOSE Systems Engineering Handbook v3, June 2006, page 2,7 of 10)

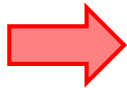
INCOSE: International Council On Systems Engineering.

L'ingénierie systèmes

- Utilité

- Meilleure compréhension du besoin des parties prenantes,
- Améliorer la qualité du système réalisé,
- Réduire les délais de développement et respecter le budget,
- Maîtriser la complexité du système,
- Réduire le risque associé au développement des nouveaux systèmes et la modification des systèmes existants.

Principalement l'IS,
c'est pour éviter
cela



Ce que le client a décrit



Ce que le chef de projet a compris



Ce que l'architecte a conçu



Ce que le développeur a développé



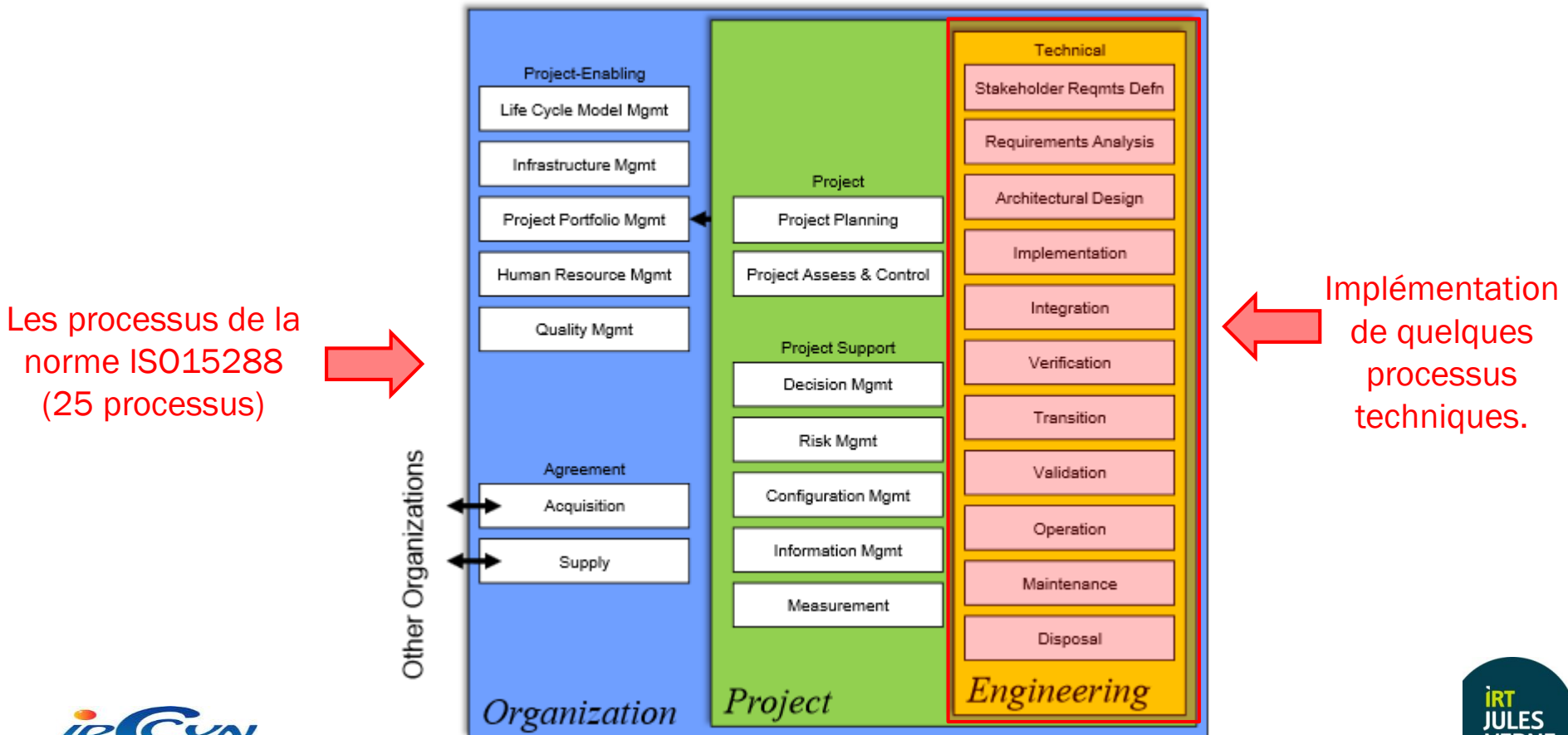
Ce que l'installateur a livré



Ce dont le client avait vraiment besoin

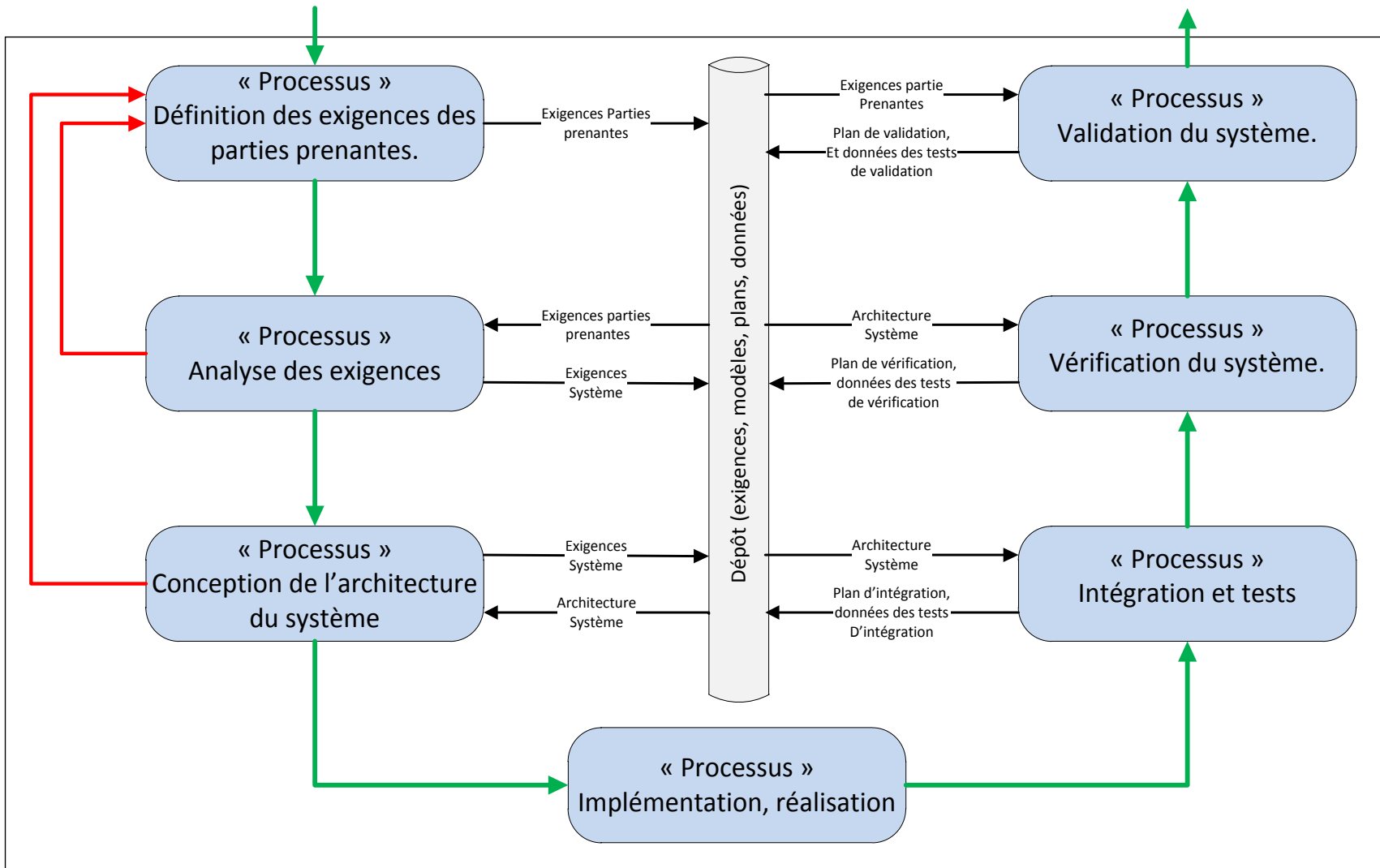
Méthodologie de développement

- Objectifs
 - Standardiser la démarche de développement,
 - Assurer la qualité, et respecter les coûts et les délais,
 - Maitriser le développement des systèmes complexes,
 - Application des principes de l'IS, principalement **la norme ISO15288**,



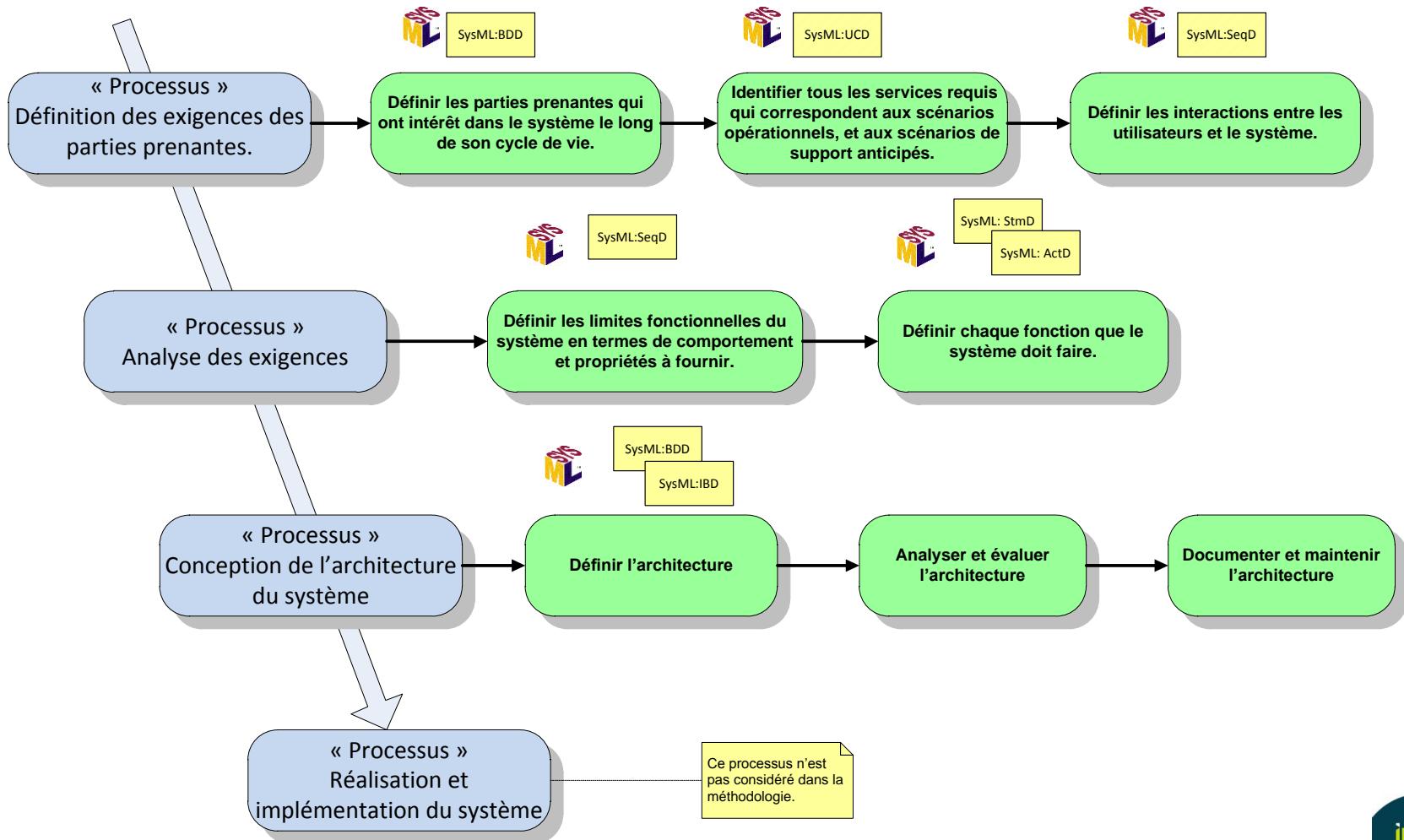
Méthodologie de développement

- Synopsis de la méthodologie de développement,
 - Développement en cycle en V (démarche itérative, et récurrente),



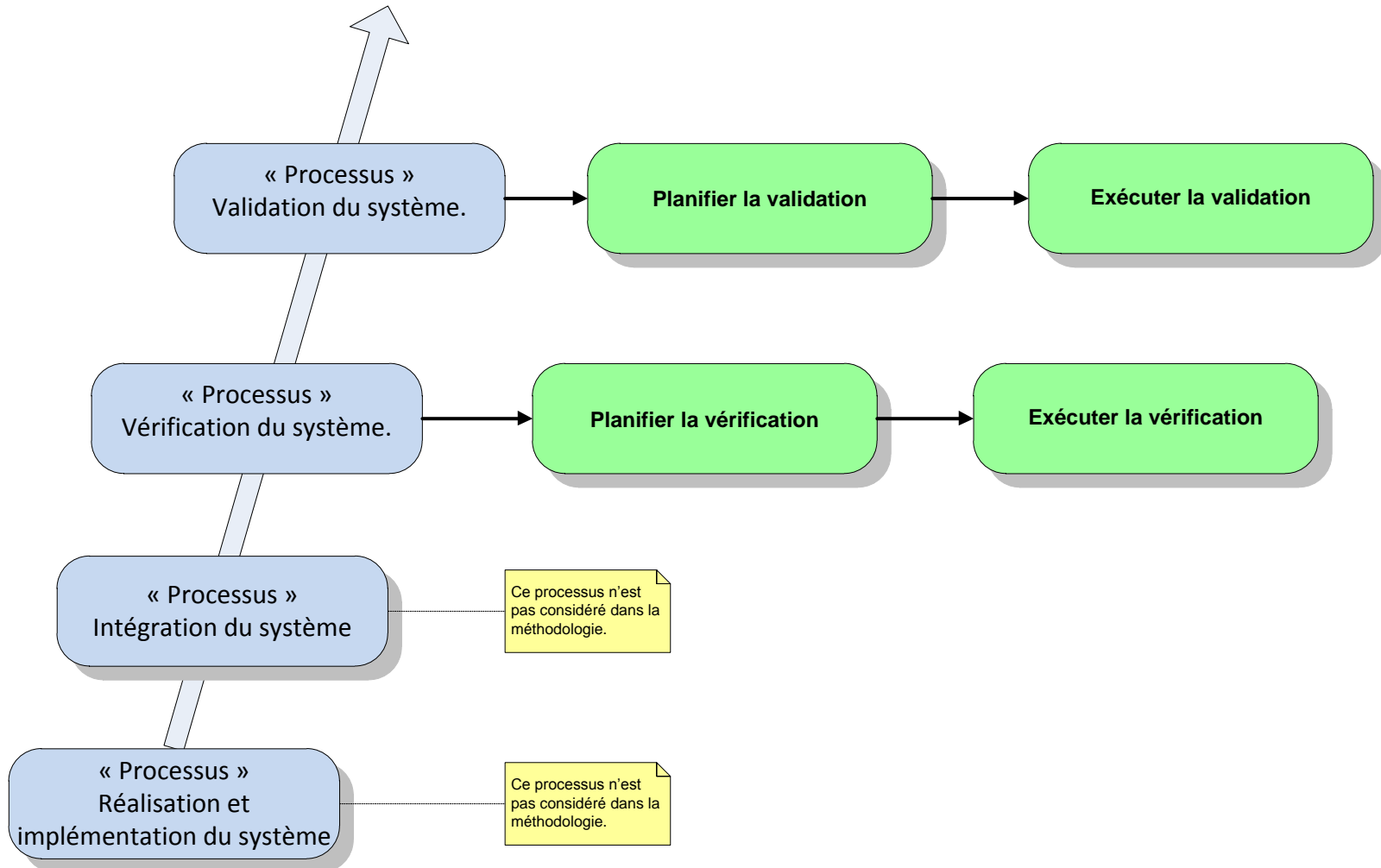
Méthodologie de développement

- Synopsis de la méthodologie de développement
 - Définition, conception, et réalisation du système.



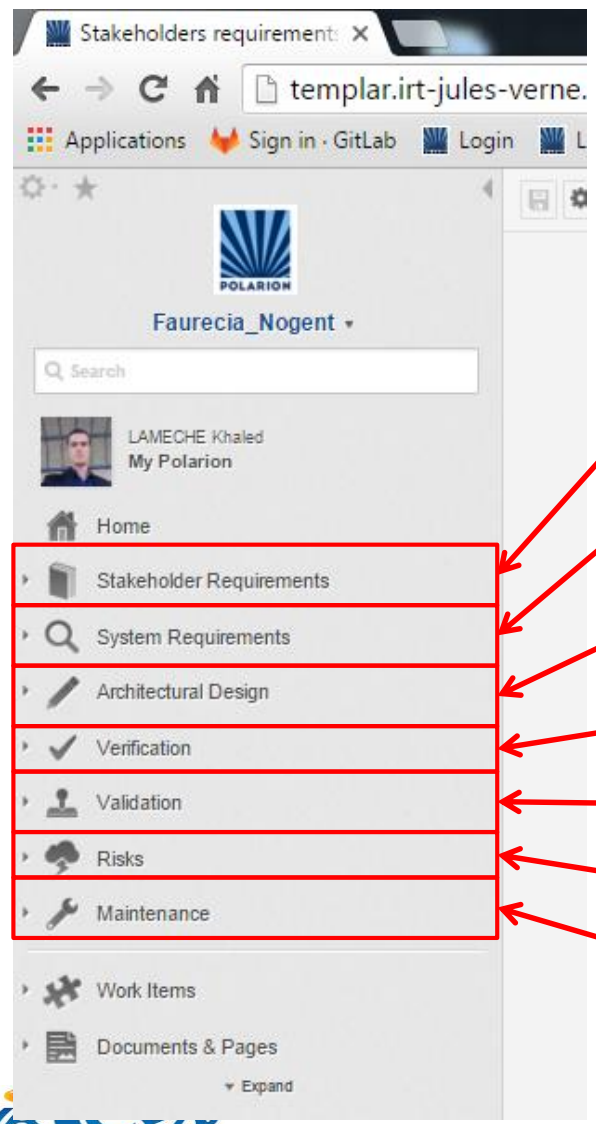
Méthodologie Standard de développement

- Synopsis de la méthodologie de développement
 - Réalisation, Intégration, vérification et validation du système.



WP01 - Intégration des contraintes de reconfiguration

- Quelques rappels sur la méthodologie



Processus : Définition des besoins des parties prenantes.

Processus: Analyse des exigences du système.

Processus : Conception de l'architecture (fonctionnelle, et physique).

Processus : vérification du système

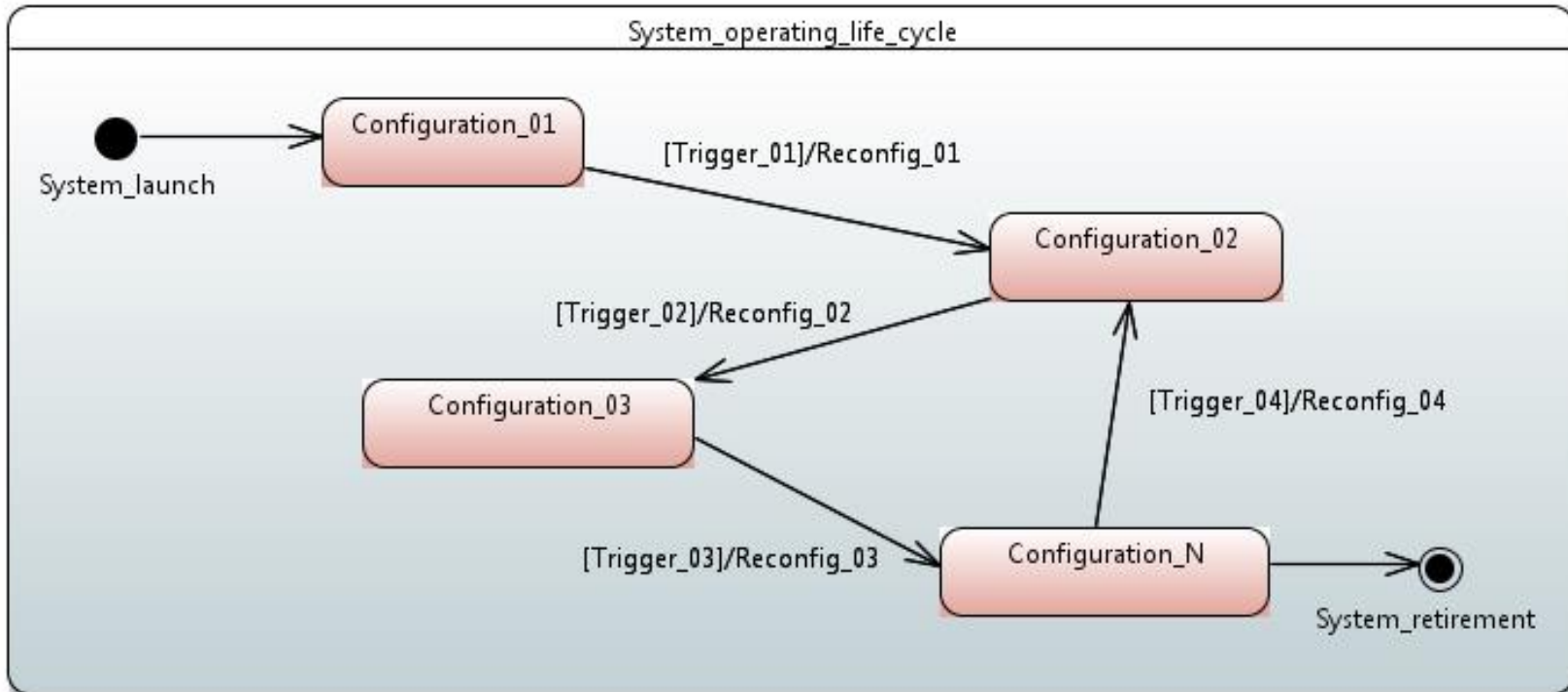
Processus : validation du système

Analyse des risques

Maintenance

WP01 - Intégration des contraintes de reconfiguration

- Comment intégrer les contraintes de reconfiguration ?

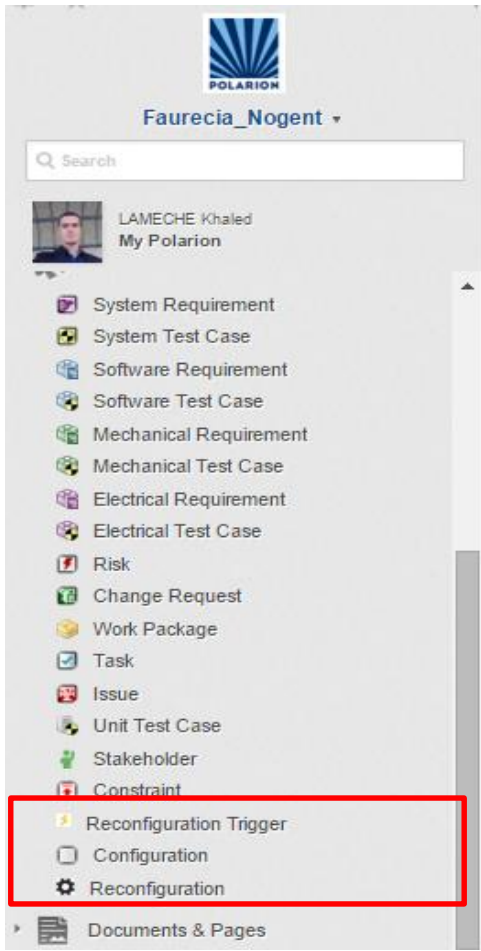


Les stéréotypes:

- Configuration,
- Déclencheur de la reconfiguration (changement de produit, augmentation de la cadence),
- La reconfiguration (processus pour passer d'une configuration A à une configuration B),

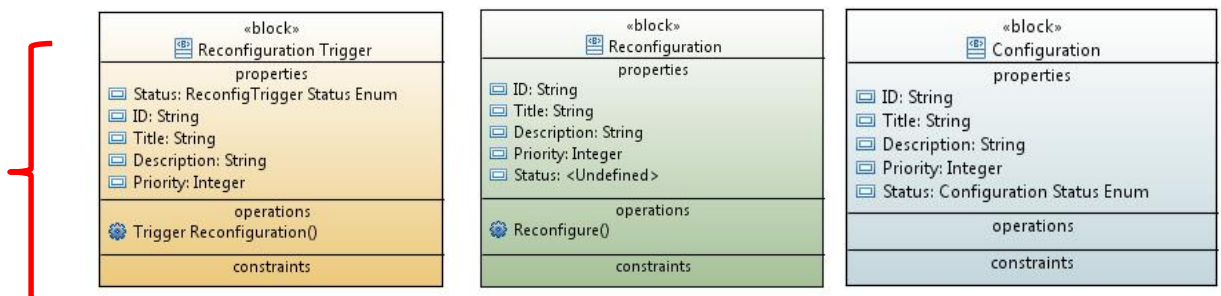
WP01 - Intégration des contraintes de reconfiguration

- Comment intégrer les contraintes de reconfiguration ? (utilisation des work-items)



	Liée, raffine	Déclenche	-
	est déclenchée par	Liée, raffine	Change, génère
	-	Est changé par, est générée par	Liée, raffine

Les liens entre les work-items





Les work items créés et implémentés dans Polarion



WP01 - Intégration des contraintes de reconfiguration

- Comment intégrer les contraintes de reconfiguration ? (utilisation des work-items)

Exemple 01

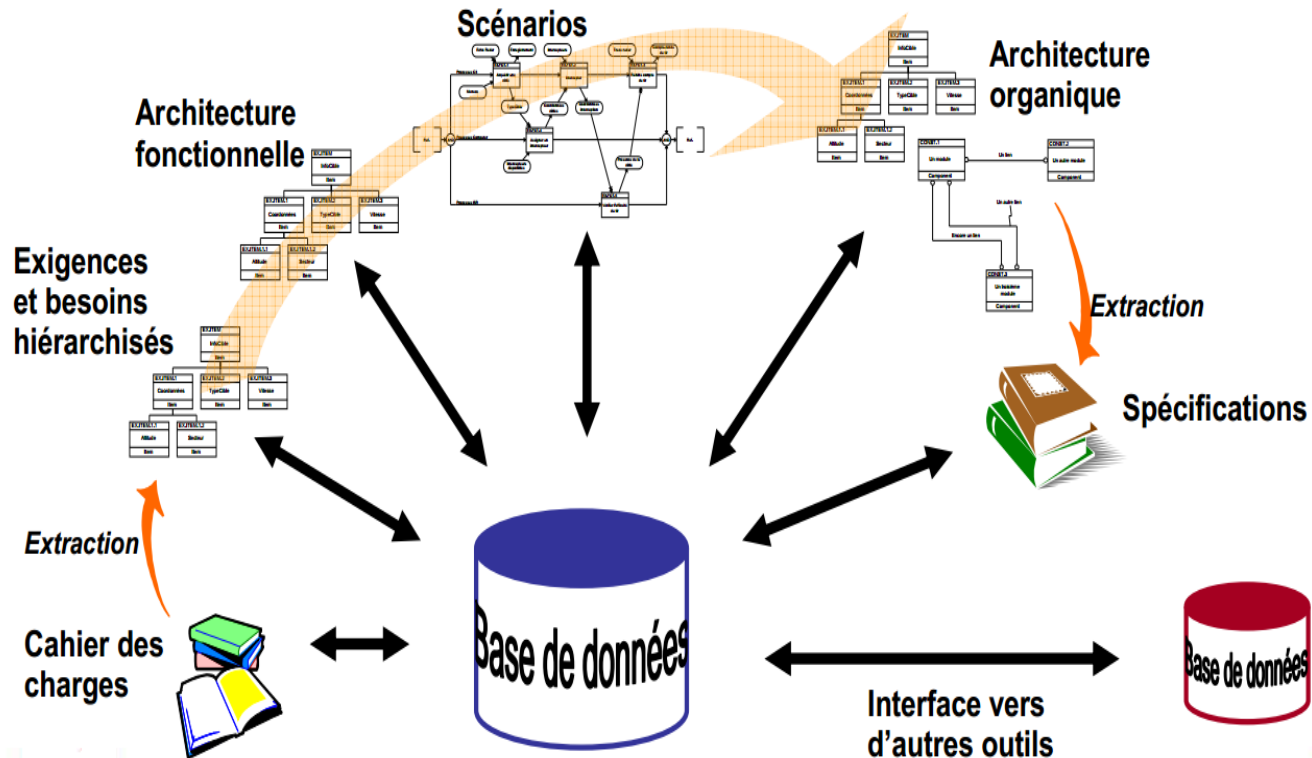
	<p>Ajout d'une ligne d'assemblage.</p> <p>Ajouter une ligne d'assemblage implique l'ajout d'un stock décentralisé, par conséquent, il faut reconfigurer le système transi-tique pour pouvoir approvisionner ce nouveau stock.</p>
	<p>Ajouter un stock décentralisé.</p>
<input type="checkbox"/>	<p>Configuration avec N stocks décentralisé</p>
<input type="checkbox"/>	<p>Configuration avec N+1 stocks décentralisé</p>

Exemple 02

	<p>Augmentation de la cadence en zone de conditionnement</p> <p>Si la cadence augmente au niveau de la zone de conditionnement, on serait obligé de rajouter un buffer en entrée magasin pour pouvoir supporter la charge supplémentaire.</p>
	<p>Rajouter un buffer entrée magasin</p>
<input type="checkbox"/>	<p>Configuration avec N buffer entrée magasin</p>
<input type="checkbox"/>	<p>Configuration avec N+1 buffer entrée magasin</p>

Méthodologie de développement

- Instrumentation de la méthodologie:
 - Une base de données commune,
 - Des services échangeant les données entre eux,
 - Partage des données en temps réel,
 - Travail collaboratif (des outils ou des plateformes multiutilisateurs),



Méthodologie de développement

- Instrumentation de la méthodologie (quelques outils)

- **Un outil pour la modélisation système (exemple Papyrus)**



- Un plug-In de l'IDE Eclipse,
- Un éditeur UML et SysML, Standards implémentés (UML 2.5.0, et SysML 1,4,0),
- Utilisé dans un contexte industriel, et académique,
- Un environnement complètement personnalisable,
- Un outil gratuit (Open source),
- Utilisé avec le plugin EGit pour permettre le partage des données, et le travail collaboratif.

- **Un outil pour la gestion des exigences (exemple Polarion)**



- Faciliter la capture et l'évolution des exigences,
- Assurer la traçabilité entre les différents éléments du cycle de développement,
- Assurer l'analyse d'impact de changement des exigences,
- ..., etc.

- **Autres outils spécifiques au domaine d'étude,**

- Outils pour l'ingénierie mécanique,
 - Outils pour l'ingénierie électrique,
 - ...etc.

Conclusion

- Les RMSs sont les mieux adaptés pour répondre aux besoins du marché actuel,
- La conception d'un RMS est une tâche plus complexe que la conception d'un système manufacturier classique (une seule configuration),
- L'IS peut aider énormément dans la maîtrise de conception des systèmes reconfigurables,
- Mise en place d'une méthodologie qui aidera dans le développement la conception des RMSs,
- La méthode mise en place est basée sur la norme ISO15288, qui est l'une des norme de l'IS
- Les outils collaboratif sont très importants dans la mise en place de méthodologie,

Perspectives

- Mise en épreuve de la méthodologie développée,
- Améliorer la méthodologie et inclure plus de processus de la norme ISO15288,
- Développer un système de pilotage reconfigurable,

Merci