

Problématiques et enjeux de l'ingénierie système

Cours introductif
J.P Meinadier, Prof CNAM
Source Ingénierie et Intégration des systèmes. Edition Hermès

Problématiques et enjeux de l'ingénierie système

1. Problématiques de l'ingénierie système
2. L'enjeu de la maîtrise d'ouvrage
3. L'enjeu de l'abstraction
4. L'enjeu de la maîtrise des processus

1 Du système à l'ingénierie des systèmes

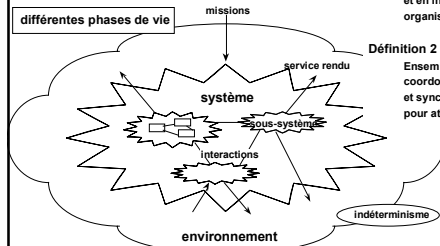
Quelques rappels

Un système

Ensemble composite de personnels, de matériels, de logiciels et de processus organisés pour que leur interfonctionnement permette, dans un environnement donné, de remplir les missions correspondant à la finalité

Définition 1 (traditionnelle)

Ensemble d'éléments en interaction mutuelle et en interaction avec l'environnement organisé en fonction d'un but



Définition 2 duale (LPM)

Ensemble de processus coordonnés entre eux et synchronisés avec l'environnement pour atteindre un objectif

Les défis des émergences

- **Caractéristique de non sommativité d'un système**
 - Les propriétés (comportements) d'un système dépendent des propriétés de ses constituants et de celles du réseau d'interactions
 - Ce sont les interactions entre les constituants qui apportent la valeur ajoutée de l'aspect système
- **Maîtrise des comportements émergents**
 - Obtenir les comportements émergents intentionnels avec toutes leurs performances : propriétés synergétiques participant à la mission du système.
 - Limiter les émergences non-intentionnelles indésirables : résonances, interférences électromagnétiques, incohérences, interblocages...
- **Définition de l'intégration**
 - Art de combiner des parties pour faire un tout en maîtrisant les comportements émergents

Eléments de complexité des systèmes

Complexité

- **Statique** : nombre d'éléments (exigences, fonctions, organes interfaces...), variété des éléments (nombres d'états)
 - → effort d'ingénierie
- **Dynamique des interactions** (parcours dans l'espace des états)
 - → effort d'essais et tests
- **Evolution** : aptitude à l'adaptation aux phases de vie et aux évolutions d'environnement, de mission, de technologie

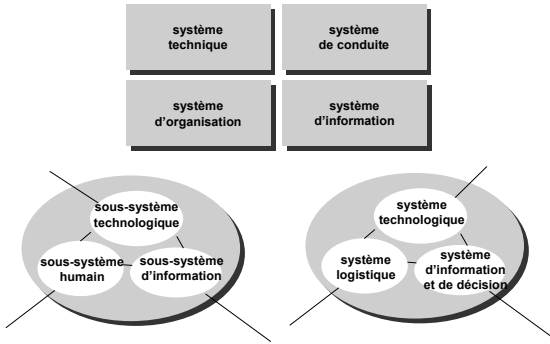
Indéterminisme

- Comportement de l'environnement, des constituants, propriétés émergentes

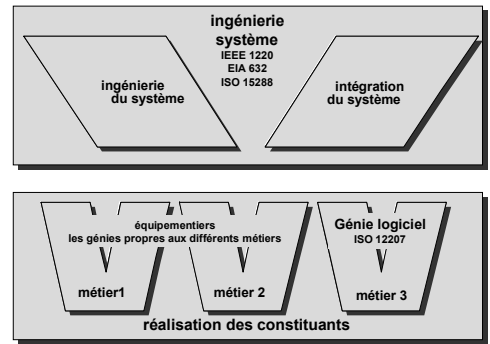
Complexité humaine

Hétérogénéité et variété

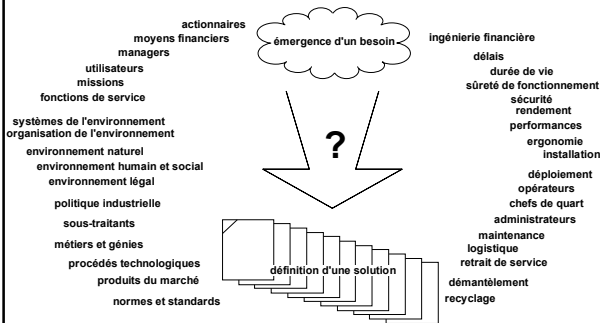
Enjeu d'intégration



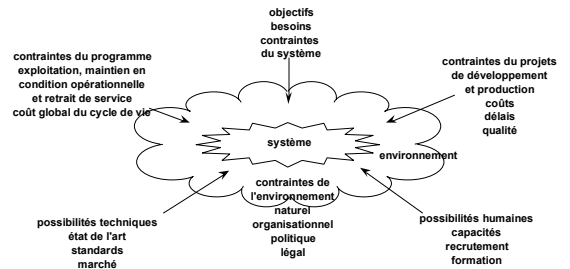
Ingénierie système versus génies (métiers)



Une multiplicité de problèmes et parties prenantes



Chercher à s'approcher de l'optimum dans un faisceau de contraintes



Problématiques et in-équations

$\text{Système} \neq \sum \text{constituants}$
 $\text{Optimum global} \neq \sum \text{optimum locaux}$
 $\text{ingénierie système} \neq \sum \text{génies}$

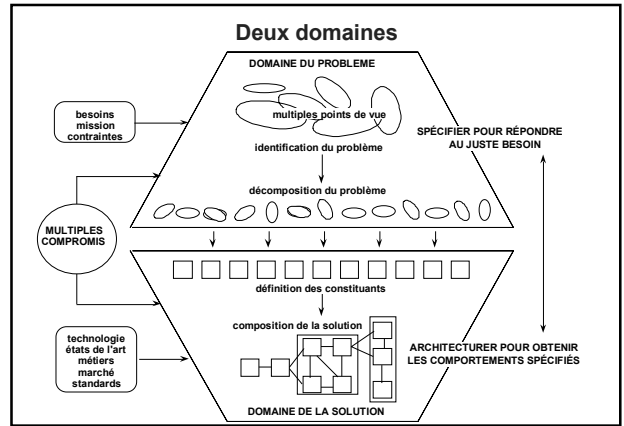
Aucune méthode miracle

Définition de l'ingénierie des systèmes

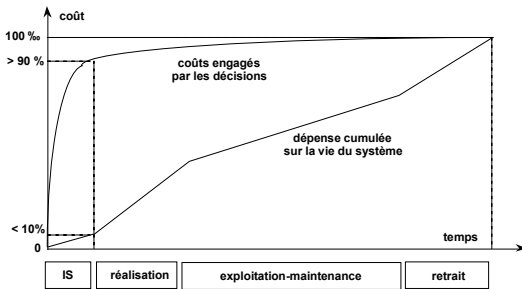
- Processus collaboratif et interdisciplinaire de résolution de problèmes,
- s'appuyant sur les connaissances, méthodes et techniques issues des sciences et de l'expérience,
- mis en œuvre pour définir un système qui satisfasse un besoin identifié,
- et soit acceptable pour l'environnement,
- en cherchant à équilibrer l'économie globale de la solution,
- sur tous les aspects du problème dans toutes les phases du développement et de la vie du système.

Intégration versus ingénierie

- La maîtrise des problèmes complexes passe par leur décomposition en de multiples sous-problèmes plus limités auxquels on peut apporter une solution (solution connue ou réalisable)
- Cette décomposition conduit à un ensemble de solutions qui nécessite une activité d'intégration pour conduire à une solution satisfaisante
- La décomposition se fait en analysant les interactions entre sous-problèmes (i.e. en définissant les interfaces et leur dynamique), tout oubli d'interaction mutilant le problème
- L'intégration doit restituer les comportements émergents attendus et limiter les comportements émergents non désirés

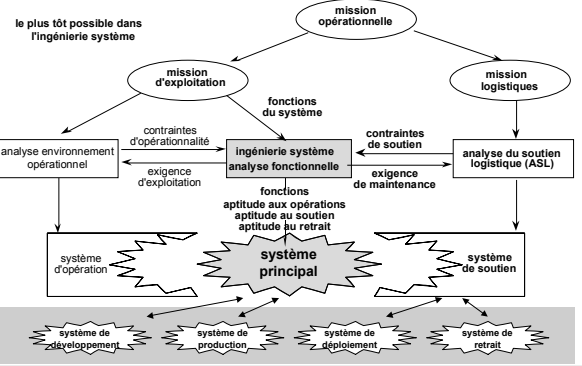


Optimiser sur le cycle de vie

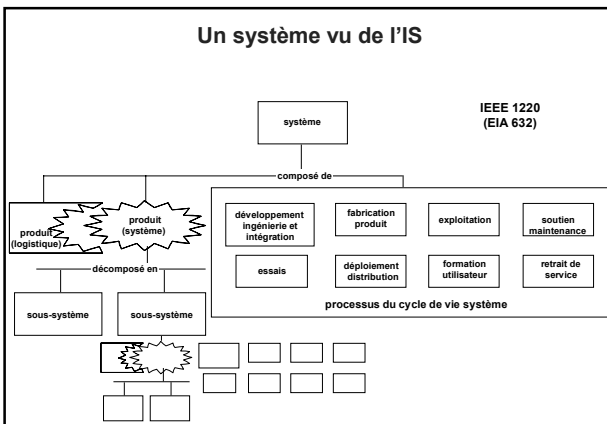


L'ingénierie système représente un (relativement) faible coût, mais engage la quasi-totalité des dépenses dès les phases les plus amont du projet

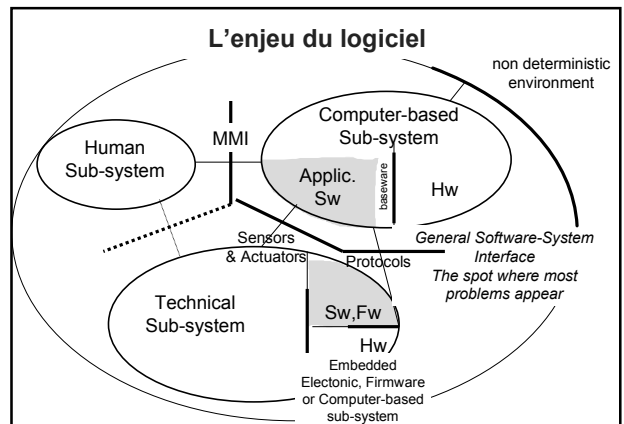
De la mission au(x) système(s)



Un système vu de l'IS



L'enjeu du logiciel



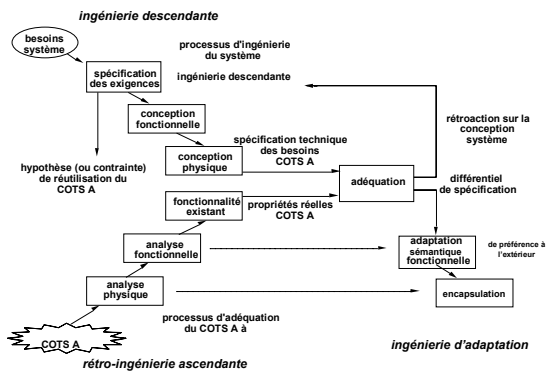
Défi du logiciel

- Donne la fonctionnalité du système
- TAILLE = 100 à 2000 KLS
200 KLS = 20 livres de 400 pages
-> effet des erreurs: moyenne 0,5 erreurs / kls (0,1 dans navette spatiale)
- EFFET SYSTEME:
200 KLS -> 200 modules de 1000 lignes,
si chaque module connecté à 5 modules
-> 1000 interfaces et 20 000 lignes de code crucial
+ part du code proche du matériel (codesign)
- DIFFICULTÉ D'INTÉGRATION:
1000 modules de fiabilité 0,999 -> fiabilité= 0,35
si problème quelle interface violée?
- PROPRIÉTÉS: non contraint par des lois, non tangible, malléable, qualité non directement mesurable
- implique de la sémantique

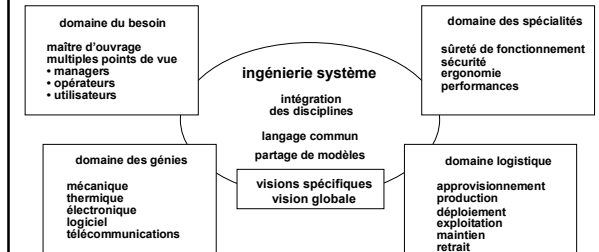
Intégration de COTS

- Le défi
 - Généralement difficile d'évaluer ou connaître en profondeur un COTS
 - Obtenir les comportements émergents désirés par intégration de COTS
 - Obtenir les exigences non fonctionnelles attendues du système même si certains COTS n'y répondent pas
 - Garantir la pérennité du système malgré l'évolution des COTS
- Les approches
 - cycle d'adéquation COTS - Système
 - approche essentiellement ascendante : le système est conçu à partir des COTS : remontée vers une architecture, déduction des propriétés et adéquation aux exigences
 - approche mixte descendante et ascendante avec adéquation
 - adaptations des COTS de préférence à l'extérieur (sémantiques, fonctionnelles, non fonctionnelles, techniques)
 - encapsulation pour garantir évolutivité avec pérennité de l'architecture

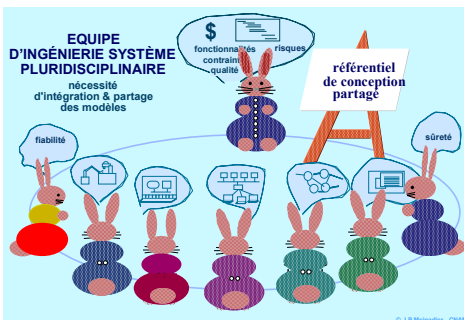
COTS et intégration



Pluri et interdisciplinarité



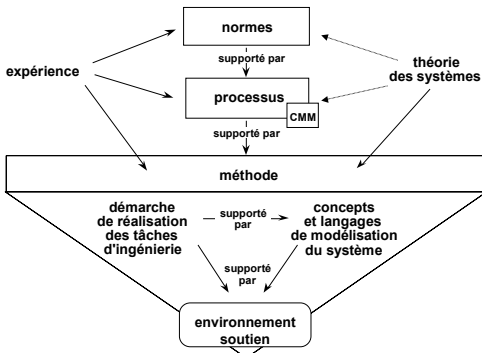
Interdisciplinarité et partage des modèles



L'ingénieur système

- Abstraction : aptitude à appréhender les problèmes et situations complexes dans leur globalité à voir le système comme un tout avec ses interactions et son comportement dans l'environnement, non comme un ensemble d'organes
- Objectivité : pas d'a priori
- Créativité : penser le système sur tout son cycle de vie
- Relations humaines : écoute, leadership, tact, diplomatie, travail partagé
- Pourvoyeur d'information : don d'expression et de communication
- Ouverture d'esprit et connaissances : domaine applicatif et technique, mais aussi, théorie des systèmes, philosophie, statistiques, économie, psychologie, langage, logique
- Expérience : recherche, développement, ingénierie, opération et management
- Acceptation de remettre en cause la "sécurité" apportée par la maîtrise en profondeur d'un métier, pour gagner en largeur de vue

Normes, processus, méthodologie



Les méthodes

Les processus définissent les activités à réaliser, mais pas la manière de les réaliser

c'est le rôle des méthodes

elles comprennent deux aspects

- démarche
- système de représentation (modélisation)

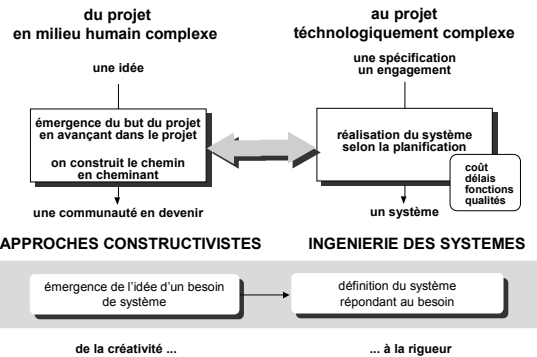
elles sont issues

- du logiciel qui, étant une création purement intellectuelle non bornée par des lois naturelles comme les autres métiers techniques, en avait impérativement besoin
- de la théorie des système qui reste le recours lorsqu'aucune méthode ne marche

L'ingénierie système issue des métiers technologiques (mécanique, chimie...) commence à découvrir ce besoin d'abstraction... et se doter de méthodes

L'enjeu de la maîtrise d'ouvrage

Continuum dans les types de complexité des projets

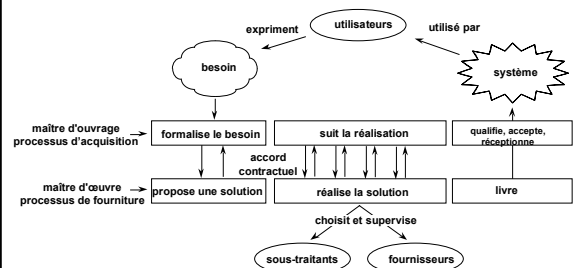


Le défi de la maîtrise d'ouvrage

Obtenir le système répondant de manière optimale aux véritables besoins sur l'ensemble du cycle de vie sans s'immiscer dans les choix de solution qui restent l'apanage du maître d'œuvre

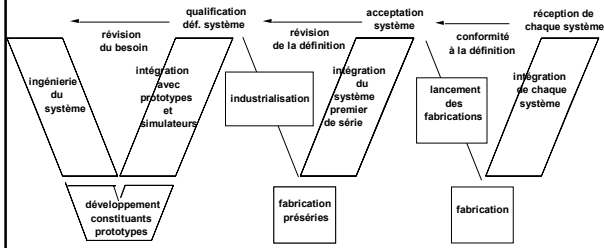
Etre le seul responsable du projet jusqu'au choix du maître d'œuvre, puis accepter de partager la responsabilité avec le maître d'œuvre en restant dans son stricte rôle de maître d'ouvrage

Maîtrise d'ouvrage, maîtrise d'œuvre : une vision simpliste

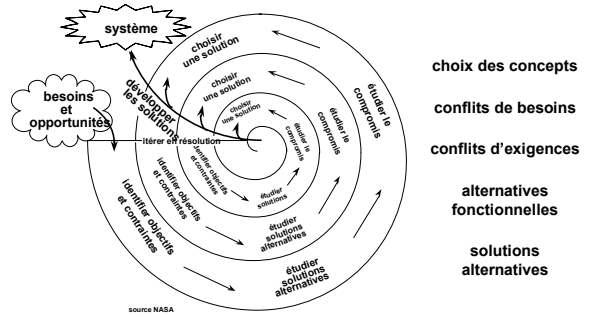


Le maître d'ouvrage est responsable du besoin et transfère les risques techniques et financiers de la solution sur le maître d'œuvre

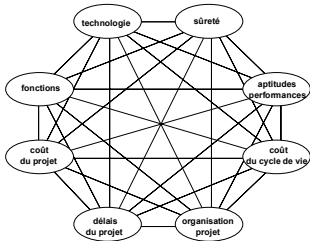
Les phases contractuelles



La spirale des choix et compromis



Analyse système



Définir les priorités entre pôles dans les analyses de compromis:
sûreté
design to cost
time to market
...

Analyser les risques qui émergent du fait des conflits

Analyser le valeur

L'enjeu de l'abstraction

vue systémique et vue analytique
besoin de représentation
modélisation des systèmes

Besoins

L'ingénierie système est née de la complexification et de l'intégration des métiers

Le besoin d'abstraction n'émerge que maintenant, les ingénieurs systèmes, issus des métiers, jouant sur leur grande maîtrise des métiers sous-jacent

Par contre les informaticiens confrontés par nature à l'abstraction ont du se doter d'outils intellectuels de modélisation qui sont peu à peu remonté au niveau de l'ingénierie système

Ces méthodes sont maintenant reprises en IS tandis qu'émergent des approches de la complexité propres à l'IS

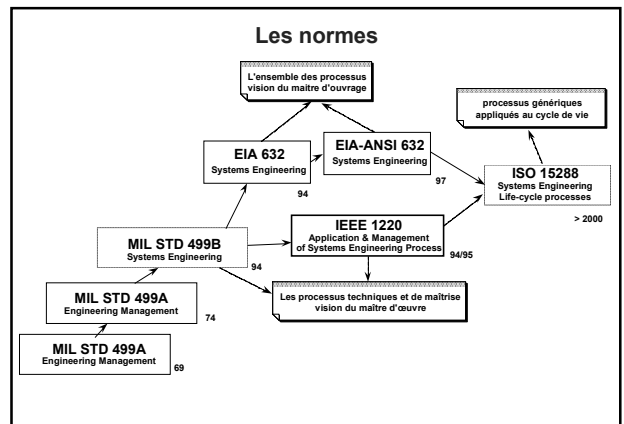
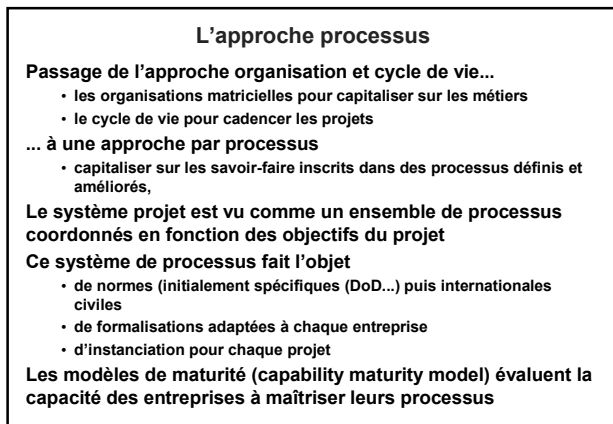
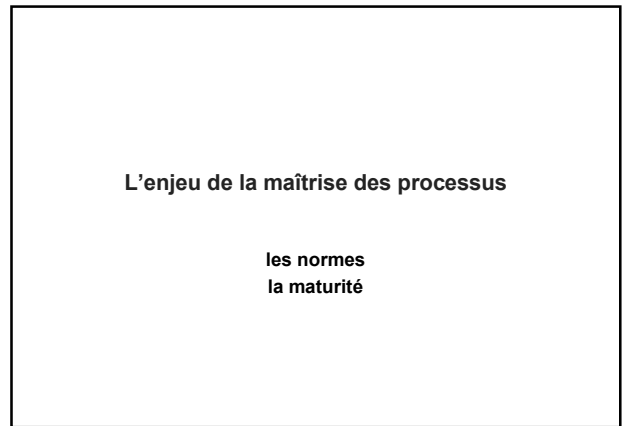
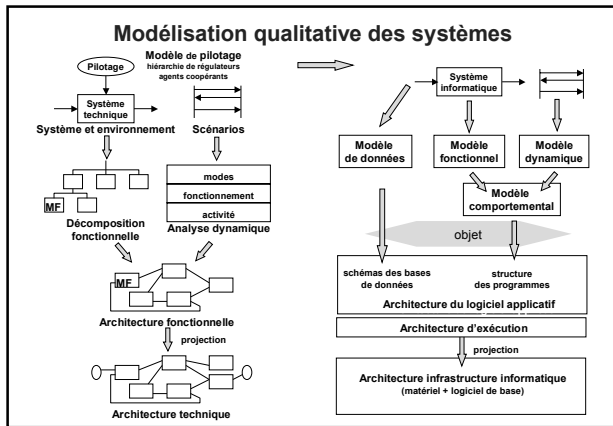
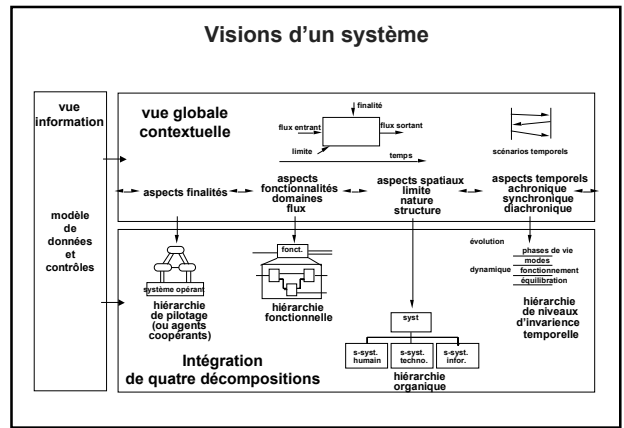
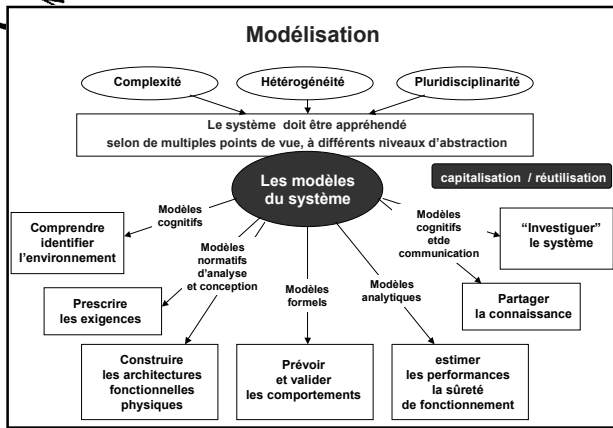
Nécessité d'une double approche

Analytique

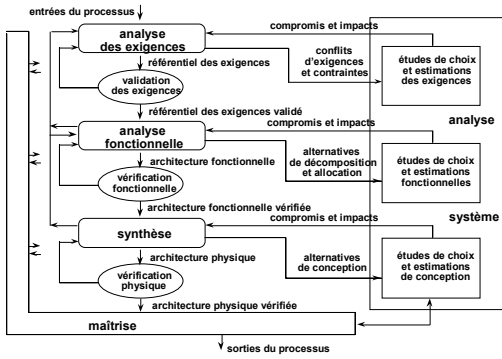
- réductionniste
- isole
- s'intéresse à la nature des interactions
- avec étude par variable
- aboutissant à une validation par une théorie
- recherchant l'évidence
- par discipline

Systémique

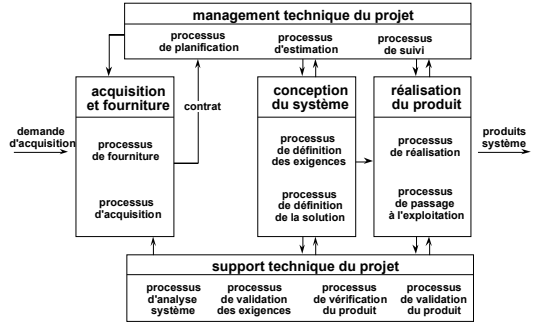
- globaliste
- relie
- s'intéresse aux effets des interactions
- avec étude par groupe de variables
- aboutissant à une validation par comparaison à la réalité
- recherchant la pertinence
- multidisciplinaire



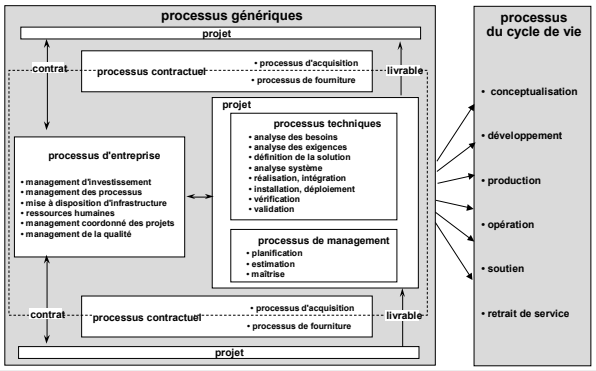
IEEE 1220 : les processus techniques



EIA 632 : les processus environnant le développement



ISO 15288 : Processus génériques et processus du cycle de vie



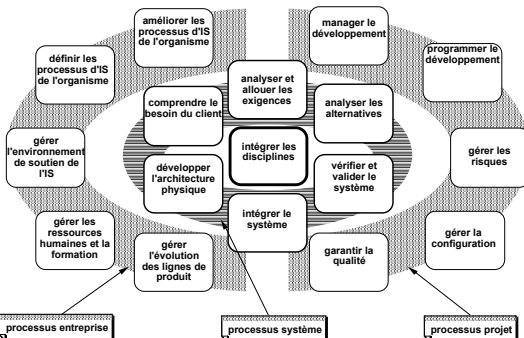
Maturité en maîtrise des processus

concepts SE-CMM

processus techniques processus projet processus entreprise

	améliorés continûment	améliorés continûment	améliorés continûment
5	managés quantitativement	managés quantitativement	managés quantitativement
4	définis	définis	définis
3	planifiés et suivis	planifiés et suivis	planifiés et suivis
2	faits	faits	faits
1			

Les processus du SE-CMM



Exemple de pratiques SE-CMM : le processus d'intégration des disciplines

- identification des disciplines directement ou indirectement nécessaires au développement du système
- familiarisation des personnes impliquées dans le développement à l'interdisciplinarité et aux rôles respectifs des représentants des différentes disciplines
- promotion active de la transversalité dans l'équipe de développement système
- établissement des méthodes de coordination interdisciplinaire
- établissement de méthodes d'identification et de résolution de problèmes interdisciplinaires
- communication des résultats d'activités pluridisciplinaires aux groupes concernés
- développement d'une communauté d'appréhension des objectifs du projet