



Ingénierie des exigences et architecture

François SALAZAR
EBPS-Consulting
f.salazar@ebps-consulting.com

UNE ENTITÉ DU RÉSEAU PROMETIL

Ingénierie des exigences et architecture

- Exigences : de quoi parle-t-on ?
- Problématiques
- Démarche
- Solution technique et architecture

2

Exigences : de quoi parle-t-on ?

3

Ingénierie des exigences et architecture

- Exigences : de quoi parle-t-on ?
- Problématiques
- Démarche
- Solution technique et architecture

4

Exigences : de quoi parle-t-on ?

- Comment définir un système
 - Discussion et retours d'expériences
 - Sa forme
 - Ses fonctionnalités
 - Ses Missions, ses performances
 - Des contraintes
 - Comment il travaille avec d'autres systèmes/utilisateurs
- Toutes ces façons de définir un système se complètent... on peut les exprimer en EXIGENCES

5

Exigences : De quoi parle-t-on

- On parle de ce que doit faire un « système »
- J'exige ...
 - Que le système transporte 3 hommes sur la lune avant la fin de la décennie
 - Que mon avion transporte 800 passagers sur 15200Km sans escale et réponde aux normes aéronautiques Europe / US / Asie
 - Que ma voiture ne tombe pas en panne avant 300000Km

6

Retours d'expériences

- Dans vos expériences, décrivez l'approche exigences

7

Définition

- Exigence
 - Condition ou capacité nécessaire à un utilisateur pour résoudre un problème ou atteindre un objectif
 - Condition ou capacité qu'un système doit réaliser pour satisfaire un accord (contrat) ou une norme.
 - CMU/SEI-2002-012
- « Une exigence ne doit pas déterminer la façon d'implémenter une fonctionnalité. Une exigence pose un problème, la solution vient répondre à ce problème. »
- Qu'en pensez vous ?
- En clair, c'est une expression de ce qu'un système doit faire ou respecter pour correspondre à ce qu'attend le client

8

Exigences : un système

- On parle de ce que doit faire un « système »
- J'exige ...
 - Que le système transporte 3 hommes sur la lune avant la fin de la décennie
 - Que mon avion transporte 800 passagers sur 15200Km sans escale et réponde aux normes aéronautiques Europe / US / Asie
 - Que ma voiture ne tombe pas en panne avant 300000Km

9

Exigences : un contrat

- On parle d'un « contrat » défini à priori
 - Oui, avant de commencer le développement du système
- Il est validé par les parties prenantes
 - Officiellement, enfin au moins formellement
 - Un changement est un amendement
- Le « système » réalisé sera comparé aux exigences approuvées
 - Critères mesurable de fin de projet
 - Sinon, qui décide ?

10

Niveaux d'exigences

- Tout est exigence
 - J'exige ... Quoi
 - Le système doit ... Comment Quoi
 - Le moteur doit ... Comment Quoi
 - Le piston doit ... Comment Quoi
 - L'acier doit ... Comment Quoi
- Une exigence utilisateur va se cascader dans les systèmes et sous systèmes.
- Chaque étage crée une solution et génère plusieurs exigences pour les autres fournisseurs de solutions

11

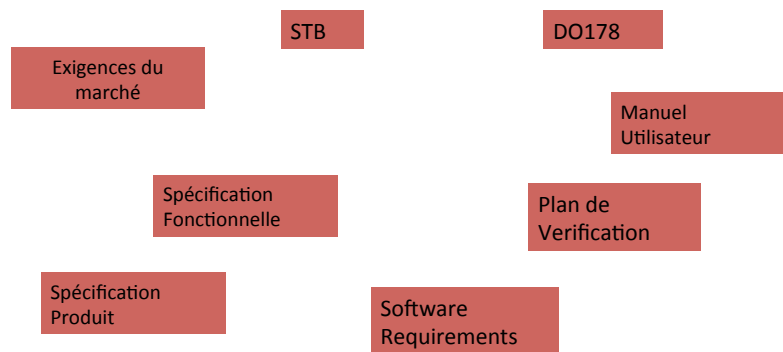
Niveaux d'exigences

- Exigences Marketing
- Exigences Utilisateur
- Exigences Système
- Exigences Techniques
 - Sous-Système
 - Composants
 - Logiciels
 - Procédures
- Exigences Organisationnelles
- Exigences de propriété intellectuelle
- Exigences de maintenance
- Exigences de production
- Exigences de décomissionnement, recyclage
- Exigences de contraintes environnementales

12

Exigences : Documents

- La plupart du temps
 - Groupées en spec (STB, SRD, SRS, ...) dans une hiérarchie définie



13

Types d'exigences

- Fonctionnelles
 - Missions, Services rendu, Interfaces
- Non-Fonctionnelles
 - Contraintes, Performances, Normes, Interfaces

14

PROBLÉMATIQUES

15

Ingénierie des exigences et architecture

- Exigences : de quoi parle-t-on ?
- Problématiques
- Démarche
- Solution technique et architecture

16

Quels sont les problèmes visés par la gestion des exigences

- Définir et cascader la définition d'un système (à des sous-systèmes).
- Souvent les projets industriels sont l'intégration de plusieurs sous-systèmes fournis par des sociétés différentes
- CNES – Intégrateur Satellite (Astrium, Alcatel)– Fournisseur Gyroscope – Fournisseur vis spatiales – Autres fournisseurs
- Difficultés
 - Communiquer la définition des sous-systèmes
 - S'assurer que tout est testé
 - S'assurer que tout s'intègre
 - S'assurer que le projet est fini
 - Réduire les conflits
 - Vérifier que ce qui est demandé est ce qui est fourni

17

Ca paraît simple ?

- Un logiciel développé par
 - 4 sociétés différentes dans 4 pays différents
 - 8 Millions de lignes de code
 - Une solution technologique innovante basée sur des processeurs en cours de développement
 - 300 Ingénieurs en parallèle, 8 à 10 équipes différentes sur 3 sites
 - Un délai de 18 mois
 - 2000 Fonctionnalités (6000 à 10 000 use cases)
 - Des changements d'architecture et d'exigences pendant le développement
- Non, c'est pas simple, d'autant plus qu'il y a deux clients...

18

Quels sont les problèmes résolus par la gestion des exigences

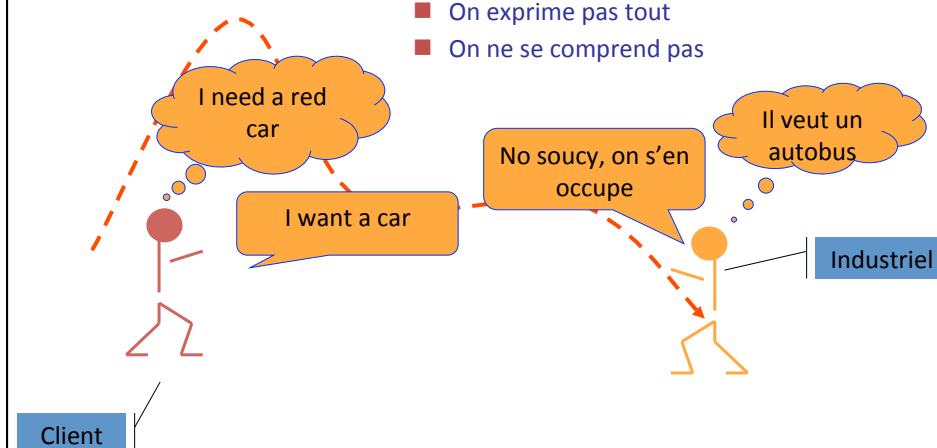
- D'après le « standish group » (un groupe d'experts qui a étudié plus de 8000 projets)
- C'est la catastrophe !
 - 1 projet sur 3 est arrêté avant la fin
 - 2 projets sur 3 coûtent le double de ce qui est prévu
- Une des causes: Mauvaise définition et mauvaise gestion des exigences
 - On ne comprend pas tous la même chose
 - Le client a mal défini ce qu'il veut
 - Les exigences de départ ont changé dans tous les sens
 - Une erreur d'exigence a un coût énorme

19

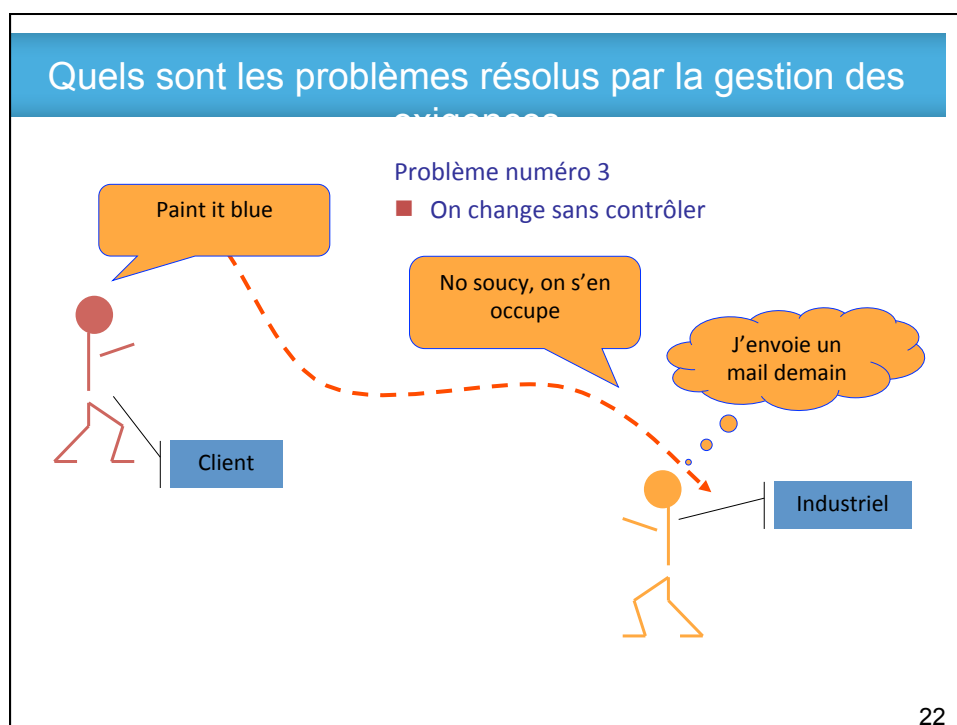
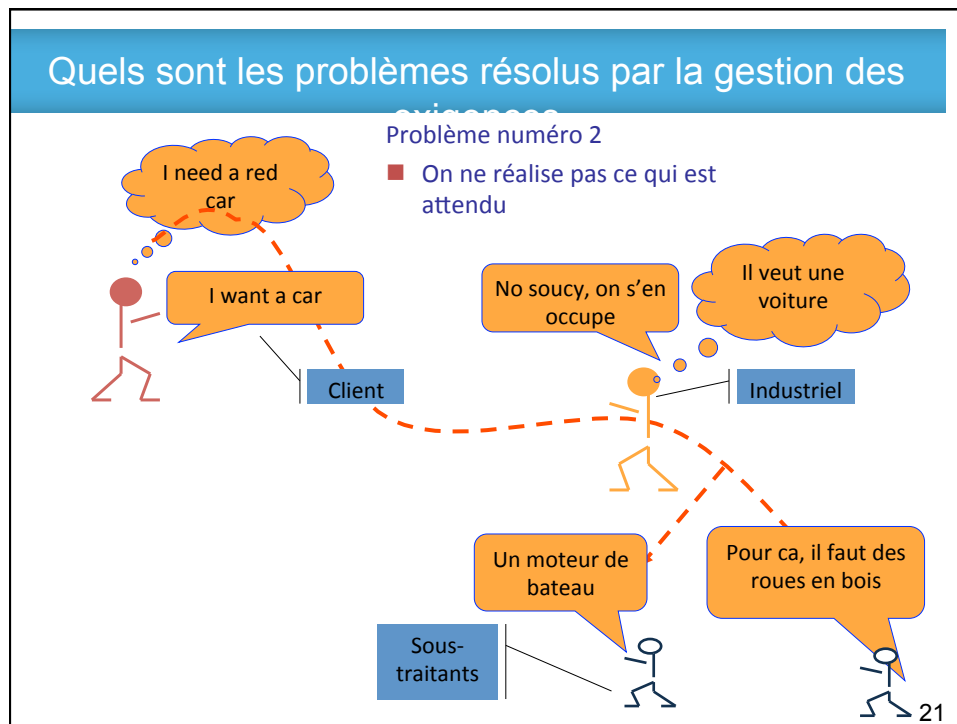
Quels sont les problèmes résolus par la gestion des exigences

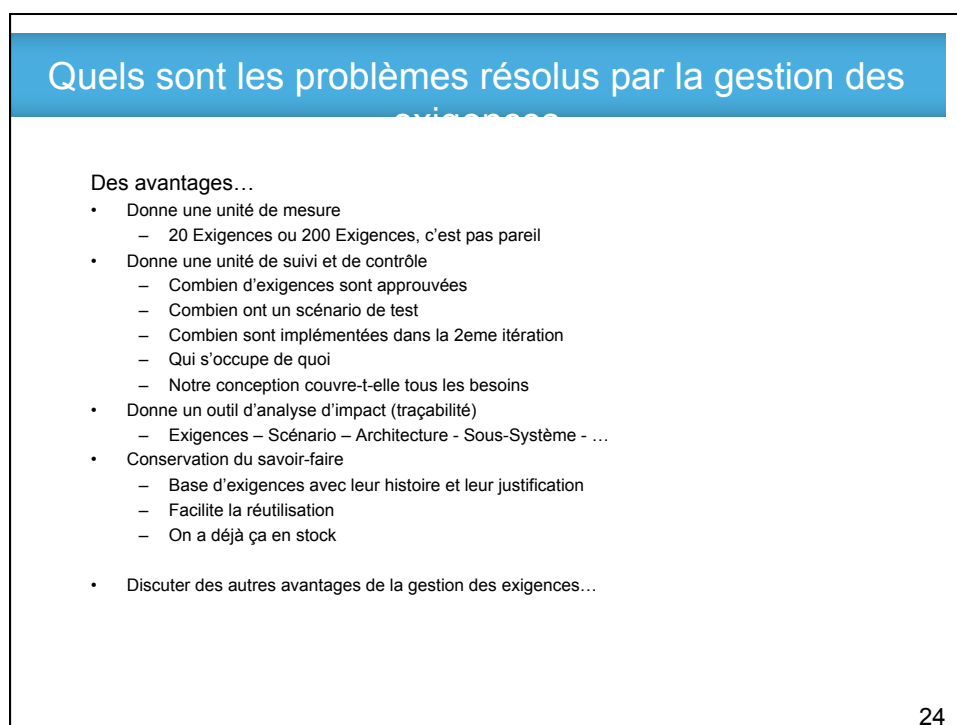
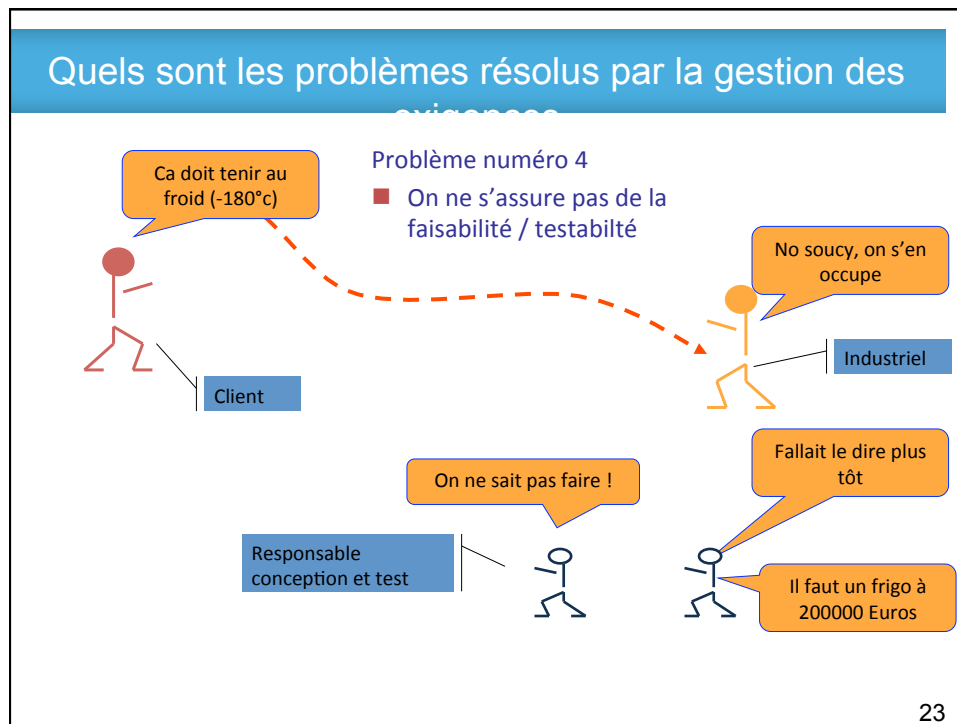
Problème numéro 1

- On exprime pas tout
- On ne se comprend pas



20



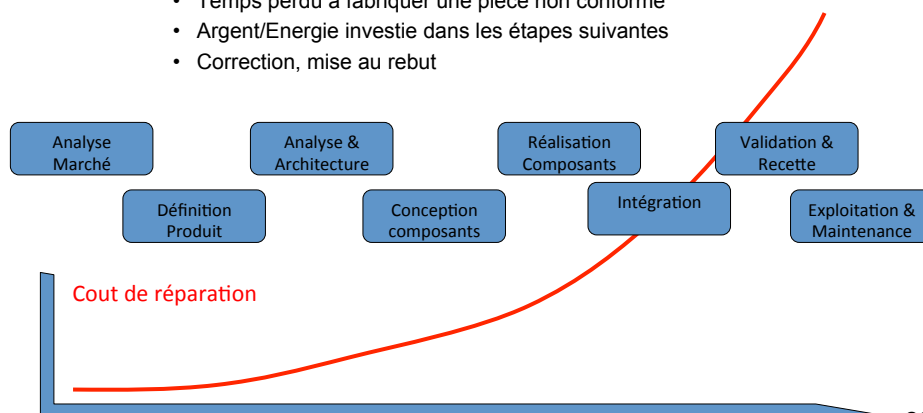


- D'autres avantages
 - Si le client change d'avis, on sait ce qui a été convenu au début
 - On sait quand le projet peut s'arrêter : quand toutes les exigences sont respectées
 - On a une base pour faire le planning, on peut associer des tâches aux exigences
 - On peut planifier les itérations de façon très précise
 - ...

25

Conséquences d'une mauvaise gestion

- Effet boule de neige
 - Comme dans une chaine de fabrication, un défaut non détecté va se propager et amplifier les pertes
 - Temps perdu à fabriquer une pièce non conforme
 - Argent/Energie investie dans les étapes suivantes
 - Correction, mise au rebut



26

Résumons

- Un grand nombre de problèmes viennent d'une mauvaise définition et gestion des exigences. Dans la réalité, beaucoup de projets démarrent encore sans spécifications ou alors avec des spécifications éparpillées dans plusieurs documents, mal identifiées qui génèrent des risques . Ceci génère des conflits entre clients et fournisseurs.
- Gérer les exigences c'est ...
 - Capture et mise en Référentiel
 - Revue et Approbation
 - Contrôler les changements
 - Traçabilité

27

DÉMARCHE

28

Ingénierie des exigences et architecture

- Exigences : de quoi parle-t-on ?
- Problématiques
- Démarche
- Solution technique et architecture

29

Démarche

- Activités
- Identifier les parties prenantes
- Définition de la vision
- Capture et expression
- Analyse des besoins
- Faisabilité et négociations
- Boucle... et finalement Validation
- Quelques problèmes

30

Activités

- Identification des parties prenantes
- Définition de la vision
- Capture et expression
- Analyse des besoins
- Faisabilité et négociations
- Boucle... et finalement Validation

31

Démarche

- Activités
- Identifier les parties prenantes
- Définition de la vision
- Capture et expression
- Analyse des besoins
- Faisabilité et négociations
- Boucle... et finalement Validation
- Quelques problèmes

32

Identifier les parties prenantes

- Etablir la liste de ceux qui ont un intérêt dans le produit

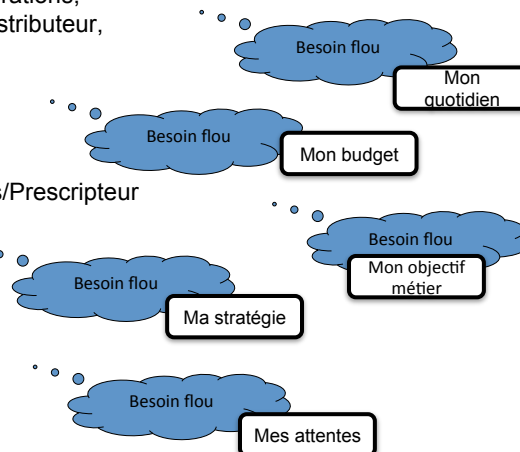
- Utilisateurs (opérations, maintenance, distributeur, transporteur...)

- Clients

- Commanditaires/Prescripteur

- Sponsors

- Influenceurs



33

Démarche

- Activités
- Identifier les parties prenantes
- Définition de la vision
- Capture et expression
- Analyse des besoins
- Faisabilité et négociations
- Boucle... et finalement Validation
- Quelques problèmes

34

Définition de la vision

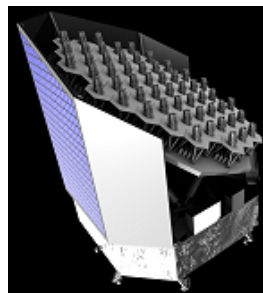
- Aussi appelé "Charte" ou "Concept Opérationnel"
- C'est l'expression sur une page des objectifs de haut niveau qui sont partagés par les parties prenantes

35

Définition de la vision Sujet d'exercice

OBJECTIFS SCIENTIFIQUES DE PLATO

- L'objectif primaire de PLATO est d'ouvrir une nouvelle voie dans la science des exoplanètes, en fournissant une analyse statistique complète des systèmes exoplanétaires autour des étoiles qui sont brillantes et assez proches pour permettre des études simultanées et/ou détaillées de leurs étoiles hôtes.
- La possibilité d'observer cet échantillon d'étoiles hôtes avec une précision photométrique de 1 ppm permettra une analyse sismologique amenant à la détermination des masses stellaires et planétaires à environ 1%. Il sera possible de déterminer l'âge des systèmes à quelques centaines de millions d'années permettant d'augmenter notre connaissance de l'évolution planétaire et stellaire d'un ordre de magnitude.
- Ceci amènera une compréhension des processus d'évolution stellaire et planétaire, par l'étude de l'intérieur des étoiles et la distribution des systèmes planétaires ce qui constituera une étape majeure pour les futur progrès dans la plupart des domaines en astrophysique ainsi que dans les approches scientifiques et philosophiques de l'origine de la vie dans l'Univers.



36

Définition de la vision

Questions

- Listons les parties prenantes
- Qu'attendent elles du projet ?

37

Démarche

- Activités
- Identifier les parties prenantes
- Définition de la vision
- Capture et expression
- Analyse des besoins
- Faisabilité et négociations
- Boucle... et finalement Validation
- Quelques problèmes

38

Capture et expression Capture et expression

- Observer l'existant
- Interviewer les parties prenantes
 - Ecoute (2 oreilles et une langue -> pour écouter 2x plus)
 - Reformuler pour s'assurer qu'on a compris
 - Demander pourquoi

39

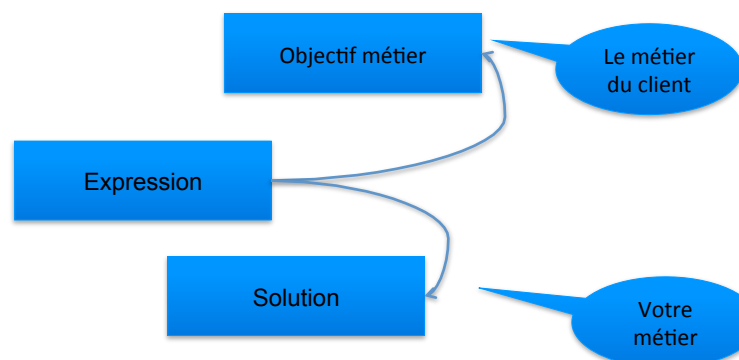
Capture et expression Demander pourquoi

- Un banquier = Je veux stocker les résultats dans un fichier XML
 - Pourquoi ?
- Pour pouvoir faire des requêtes sur des gros volumes de données
 - Pourquoi XML ?
- Parce que mon neveu m'a dit que XML c'est bien mieux que Oracle pour faire des sites web.
- Question aux geeks : est ce qu'un fichier XML est le top pour faire des requêtes sur des gros volumes de données ?
- Que s'est il passé dans cet échange ?

40

Capture et expression Décryptage

- Comment ?



41

Capture et expression Rédiger

Pour formaliser et mémoriser ce qui a été dit

- Formules
 - En tant que « rôle », je peux « action » afin de « objectif métier »
 - Le « système » doit « verbe » « compléments »
- Vérifier qu'il n'y a pas d'ambiguïté ou de subjectivité
 - Imaginez avec le « client » un scénario de validation, rédigez le en dessous de l'exigence si besoin
- Décomplexifier
 - Si une exigence métier est trop complexe, il faut la découper en plusieurs cas distincts (spécifier par l'exemple)

42

Capture et expression Rédiger

- Ecrire des exigences (élicitation)
 - Rédaction Atomique, Non Ambiguë
 - Identification
 - Phrasé
 - Types

ID	Exigence	Attributs	Commentaires et illustrations
GE-0010	GDE doit gérer l'évolution des exigences, l'acceptation et les non conformités...Plus généralement : avoir des attributs de gestion du statut, ou du cycle de vie de l'exigence, des métas données Les attributs doivent pouvoir être ajoutés/modifiés pour que GDE soit conforme au cadre méthodologique par configuration	Value=HIGH	Je constate un problème lors de la vérification, j'identifie l'exigence qui pose problème et je mets à jour des attributs pour signifier une décision (évolution, acceptation de la non conformité, remise en question) Idées d'attributs 1. Vérifiable, 2. Méthode de vérification 3. Traduisible automatiquement
GE-0020	GDE doit pouvoir stocker des exigences et référencer des propriétés "formelles" incluses dans les UCM -> formel est une expression qui peut être compilée GDE doit vérifier que l'exigence a une image formelle dans le modèle UCM. Sinon elle est incomplète et doit être signalée		Question : Expression en langage naturel ? En langage naturel mais compilable par une machine, c'est-à-dire basé sur une grammaire non ambiguë (contre exemple : les langues naturelles comme l'anglais ou le français). Une exigence incluse dans GDE a sa traduction formelle dans un UCM (cf. Traçabilité) GDE doit vérifier cela et signaler à l'utilisateur Je rédige une exigence en langage naturel, GDE me signale qu'elle n'a pas de traduction formelle (demande de traçabilité). Si elle doit être vérifiée par Vérifme
GE-0030	GDE doit pouvoir permettre de définir un contexte (en langage naturel) = GDE doit pouvoir gérer des "scénarios opérationnels" qui représentent des contextes GDE doit pouvoir lier une exigence à un contexte (0 à n)		Au moment de la vérif, on ne va vérifier que un ensemble d'exigences liées à un contexte d'utilisation. Donc je dois pouvoir trouver dans GDE la liste des exigences liées à un contexte. Cela permettrait de séparer le corps de l'exigence de son contexte
GE-0040	GDE doit permettre d'associer à une exigence de contexte un lien qui référence ce contexte dans sa		On doit avoir les liens entre les éléments GDE qui expriment des contextes et les exigences formalisées

43

Capture et expression Penser à ...

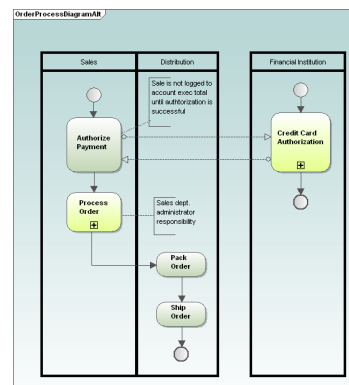
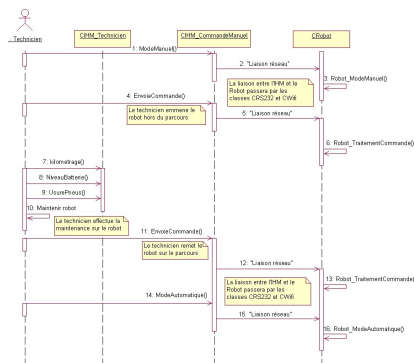
- Exigences de services, fonctions
 - Facile ...
- Environnements
 - Technique, utilisateurs, cultures ...
- Contraintes
 - A quoi mon application/système va-t-il être soumis
- Performances
 - Vitesse, énergie ...
- Robustesse
 - Traitement des cas d'erreur
- Qualités intrinsèques
 - Facilité d'utilisation, facilité de maintenance ...

44

Capture et expression Illustrer

- L'idée est de restituer les besoins en définissant les processus d'utilisation du système pour chaque partie prenante

– UML, UseCases, Message Sequence Charts, BPMN



45

Capture et expression Exercice

- Pour chacun des utilisateurs, listons quelques exigences

- Qu'a-t-on oublié ?

46

Démarche

- Activités
- Identifier les parties prenantes
- Définition de la vision
- Capture et expression
- Analyse des besoins
- Faisabilité et négociations
- Boucle... et finalement Validation
- Quelques problèmes

47

Analyse des besoins

- Consiste à trier, confirmer, prioriser les besoins
 - Besoins exprimés et réalité
 - Quels sont les besoins indispensables ?
 - Y a t-il des incohérences ?
 - A t-on assez de détails ?
 - ...
- Identifier les impacts sur les utilisateurs ou les autres systèmes
 - Le système amène des changements
 - Qui sera impacté ?
 - Nouvelles procédures, besoin de formation, nouvelles compétences...

48

Démarche

- Activités
- Identifier les parties prenantes
- Définition de la vision
- Capture et expression
- Analyse des besoins
- Faisabilité et négociations
- Boucle... et finalement Validation
- Quelques problèmes

49

Faisabilité et négociations

- Evaluer si il sera possible de concevoir un système qui répond au besoin
- Résoudre les contradiction et trancher
- Une première étape de solution technique haut niveau est nécessaire

50

Démarche

- Activités
- Identifier les parties prenantes
- Définition de la vision
- Capture et expression
- Analyse des besoins
- Faisabilité et négociations
- Boucle... et finalement Validation
- Quelques problèmes

51

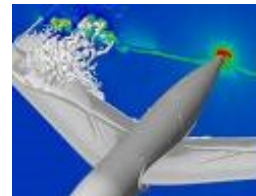
Boucle... et finalement Validation Objectif

- S'assurer que l'on a rien oublié
- S'assurer que tout le monde est d'accord
- S'assurer que les exigences sont bien exprimées

52

Boucle... et finalement Validation Techniques de validation

- Relire
 - Toutes parties prenantes, ensemble c'est mieux (workshop)
 - Savoir justifier le temps de relecture
- Jeux de rôles, revues des cas d'utilisation
 - Mettre en oeuvre un concept opérationnel
- Prototypage
 - Recommandé pour les applications informatiques
 - Systèmes simples
- Simulations
 - Exigences de performances
 - Systèmes interconnectés et complexes



53

Boucle... et finalement Validation Qualité d'une exigence

- Une bonne exigence
 - Utile pour la finalité du système (valeur ajoutée)
 - Priorisée
 - Atomique, Concise
 - Vérifiable (quantifiable si besoin)
 - Peut être accompagnée d'un commentaire, un scénario typique...
- Une mauvaise exigence
 - Contient des mots relatifs (rapide, grand, souvent...)
 - Décrit plusieurs objectifs, fonctions, avec des conditions...
 - Amène des questions

54

Boucle... et finalement Validation Informations complémentaires

- Utilisation d'attributs
 - Pour ajouter des informations liées
 - Informations de gestions
 - Paramètres ...
- Discussion : Exemples d'attributs

ID	Requirement	Priority
001	The car shall be red	1

55

Boucle... et finalement Validation Exercice

- After a certain time, the modem boots but if it is cold, it does not boot
- The memory system shall support 25 flash memory types
- The system shall follow this rule:
 - if (a>b) then c=8 else if c=5 then a = b-a

56

Démarche

- Activités
- Identifier les parties prenantes
- Définition de la vision
- Capture et expression
- Analyse des besoins
- Faisabilité et négociations
- Boucle... et finalement Validation
- Quelques problèmes

57

Quelques problèmes

- Les utilisateurs ne savent pas ce qu'ils veulent ;
- Les utilisateurs ne veulent pas s'engager à écrire les exigences ;
- Les utilisateurs insistent sur de nouvelles exigences après que le coût et le calendrier ont été fixés ;
- La communication avec les utilisateurs est lente ;

58

Quelques problèmes

- Les utilisateurs ne participent le plus souvent pas aux revues ou sont incapables de le faire ;
- Les utilisateurs manquent de compétence technique ;
- Les utilisateurs ne comprennent pas le processus de développement.
- Cela peut conduire à une situation où les exigences des utilisateurs continuent de changer même lorsque le développement du système ou du produit a commencé.

59

Solution technique et architecture

60

Ingénierie des exigences et architecture

- Exigences : de quoi parle-t-on ?
- Problématiques
- Démarche
- Solution technique et architecture

61

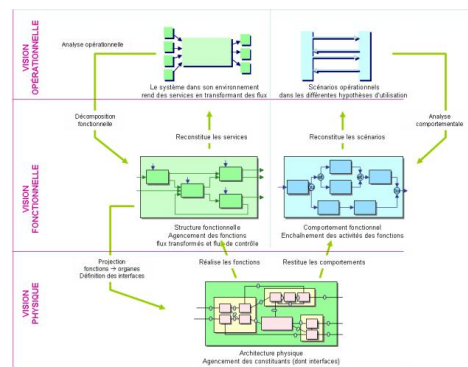
Point d'entrée

- On reçoit une expression de besoins
 - Il faut analyser et valider en interne
 - Faire remonter toutes les questions
 - Bonne exigences = claires, complètes et non ambiguës ◇ Pas de zone d'ombre

63

Démarche

- Analyse opérationnelle
- Analyse fonctionnelle
- Conception organique
- Déclinaison dans les sous-systèmes



64

Solution technique et architecture

- Analyse opérationnelle
- Analyse fonctionnelle
- Conception organique
- Déclinaison dans les sous-systèmes

65

Analyse opérationnelle

- Le système va échanger avec un environnement
 - Naturel
 - Autres systèmes
 - Règles, Normes
 - Personnes, Animaux
- Il est essentiel de comprendre les contraintes posées par l'environnement
 - Méthode de Modélisation du Domaine
 - Poser le système au milieu
 - Lister les interactions, influences, contraintes
 - Essayer des scénarios
- On en déduira les exigences externes

66

Analyse opérationnelle Contexte

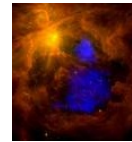
- Positionner le système au milieu du monde



67

Analyse opérationnelle Contexte

- Positionner les acteurs autour



68

Analyse opérationnelle Interfaces

- Lister les interfaces

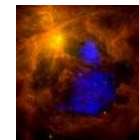


Energie

Case à
équipement

Ondes

Lumière



Ecran



69

Analyse opérationnelle Services et contraintes

- Lister les attendus
 - Besoins utilisateurs (reprise et détails depuis les exigences si besoin)
 - Contraintes de conception
 - Contraintes liées à l'environnement
 - Contraintes de performances
 - Contraintes de production et de supplychain
 - Contraintes de maintenance
 - ...

70

Solution technique et architecture

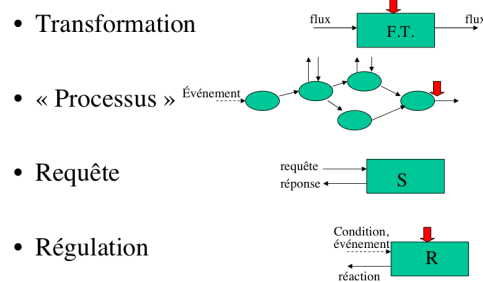
- ~~Analyse opérationnelle~~
- Analyse fonctionnelle
- Conception organique
- Déclinaison dans les sous-systèmes

71

Analyse fonctionnelle

Décomposer en fonctions

- Décomposition fonctionnelle d'après les exigences
 - Décomposition hiérarchique
- Caractérisation
 - Entrées, Sorties, Transformations, Réactions, Délais...
 - Flux d'information ...

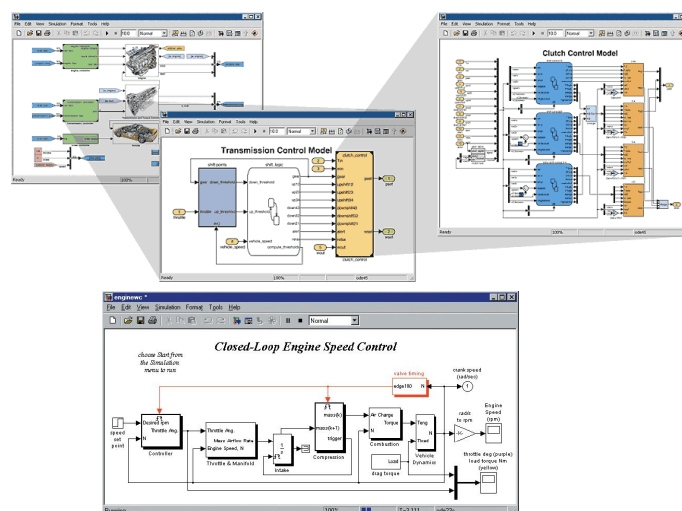


72

Analyse fonctionnelle

Modélisation fonctionnelle

- Outils de simulation du comportement (Matlab Simulink)



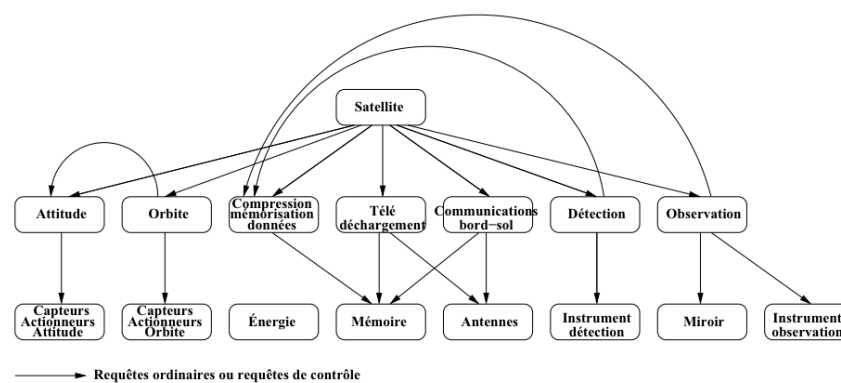
73

Analyse fonctionnelle Aspects non fonctionnels

- Environnement
- Sécurité
- Confidentialité
- ...

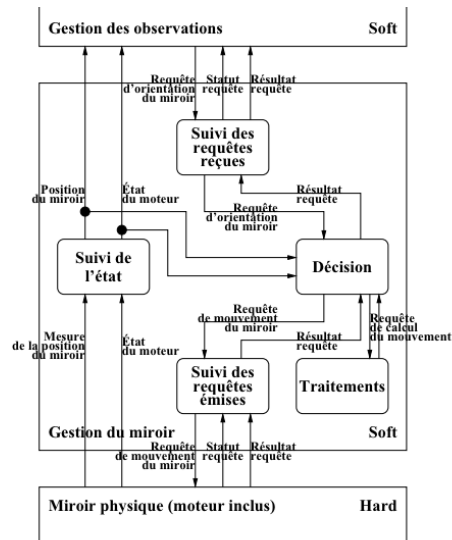
74

Analyse fonctionnelle Illustration



75

Analyse fonctionnelle Illustration



76

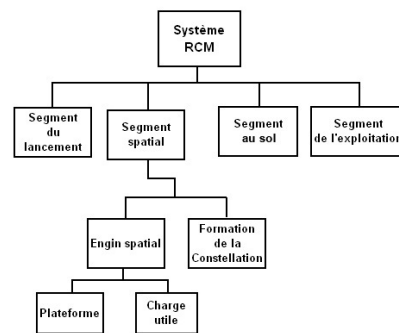
Solution technique et architecture

- --
- Analyse opérationnelle
- Analyse fonctionnelle
- Conception organique
- Déclinaison dans les sous-systèmes

77

Conception organique Les composants

- Quels éléments matériels vont être conçus et intégrés pour réaliser les fonctions ?
- Schéma d'architecture physique
- Conception des pièces
- Exigences fonctionnelles des sous systèmes



78

Conception organique Choix, arbitrages et justifications

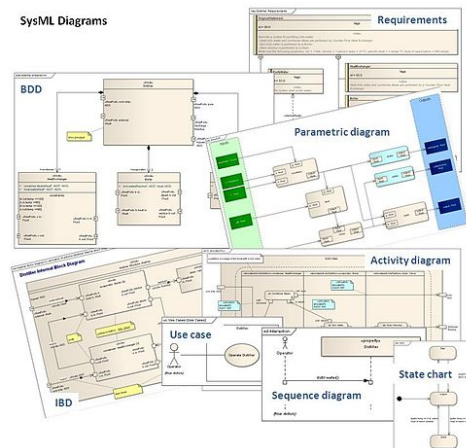
Hardware ou software ?

- Il faut inventer, acheter, assembler des composants
- Décider qui fait quoi
- Comparer des solutions et décider

79

Conception organique Définir les constituants

- Interactions
- Données et flux
- Automate

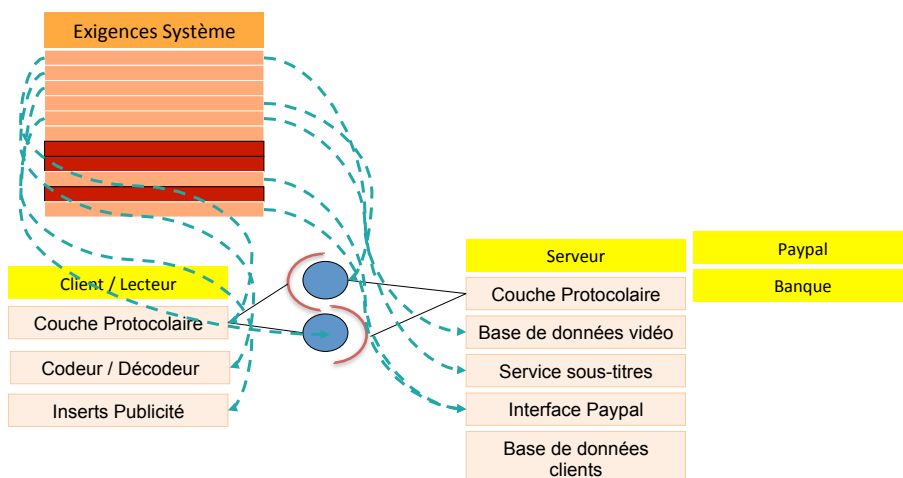


SysML propose une syntaxe graphique pour modéliser les composants

80

Conception organique Allocation

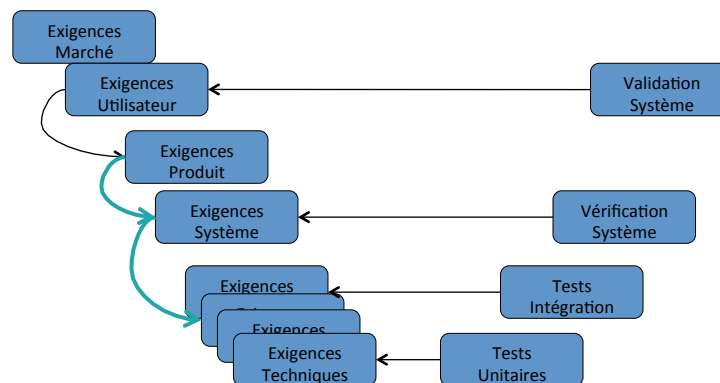
- Allocation : C'est l'étape qui consiste à distribuer des exigences aux sous-systèmes (composants)



81

Conception organique Dérivation

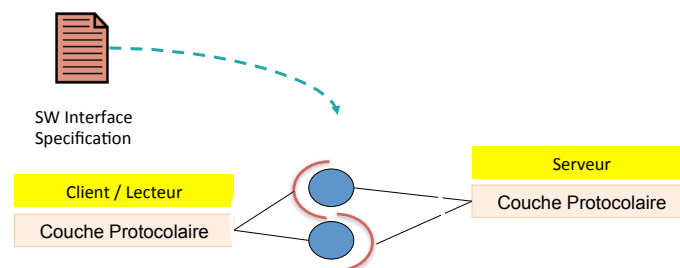
- La dérivation consiste à créer les exigences pour les sous systèmes et à créer des solutions techniques
- C'est en conformité avec l'architecture et l'allocation des exigences



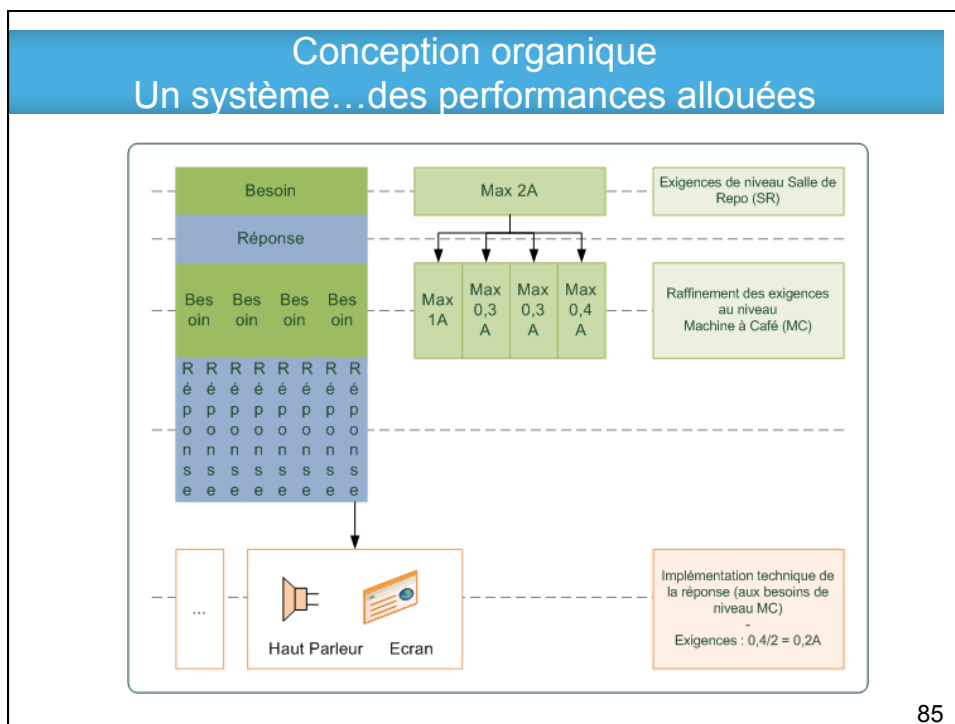
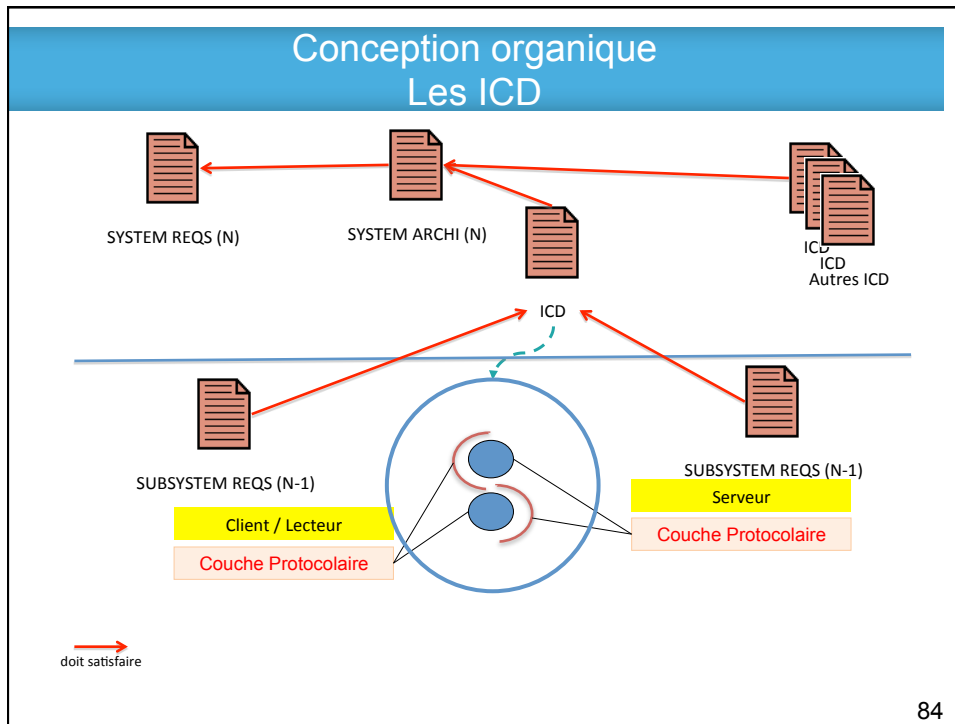
82

Conception organique Exigences d'interfaces

- Souvent utilisées pour décrire comment deux systèmes ou deux composants échangent
 - Intérêt : si plusieurs équipes travaillent sur des composants différents, on est sûr d'être bien d'accord

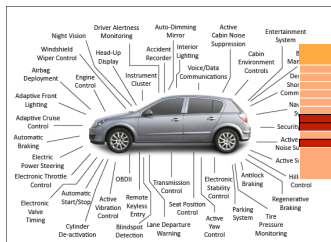


83

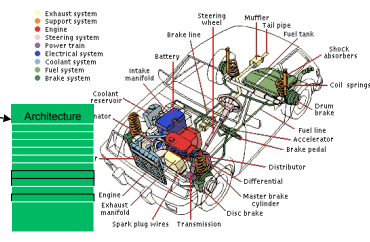


Conception organique Exemple allocation et dérivation

Exigences Système (fonctions)



Architecture système (composants)



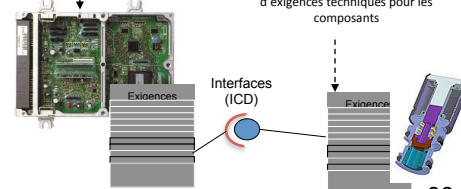
Allocation : Distribution et partage des fonctions vers les composants

Dérivation : Rédaction des exigences pour chacun des composants

/!\ Importance des exigences d'interface

Allocation des exigences vers les composants définis

Affinage, Dérivation et ajout d'exigences techniques pour les composants



86

Solution technique et architecture

- --
- Analyse opérationnelle
- Analyse fonctionnelle
- Conception organique
- Déclinaison dans les sous-systèmes

87

