

Ingénierie Système

et
application à la
spécification d'un "système" d'Ingénierie des
exigences pour l'avion commercial A380

par
Pierre de Chazelles
AIRBUS

AGENDA

- Motivation
- Quelques rappels sur l'INGENIERIE SYSTEME
- Présentation d'une approche systémique pour la définition d'un système d'ingénierie des exigences
- Conclusions et perspective
 - International Council of System Engineering (INCOSE)
 - Association Française d'Ingénierie Système (AFIS)

Documents de référence pour la présentation

- Norme ANSI/EIA 632-1998 Version 1.1:
Processes for Engineering a system
- Document Groupe de Travail Ingenierie
des Exigences
- Séminaire AFIS Toulouse 2001

Motivations

Maîtrise des systèmes complexes

➤ Constat:

Malgré les progrès réalisés par la mise en œuvre d'approche de gestion de projet et de gestion de programme depuis 1945 on constate sur de nombreux programmes:

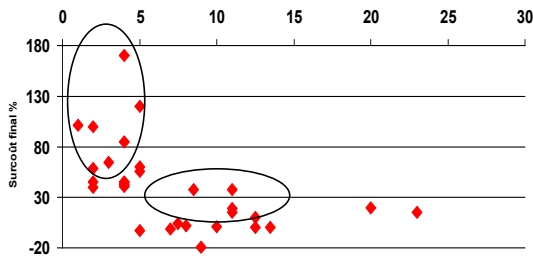
- des retards importants
- des problèmes de qualité
- des dérives de coûts

Rapport « Chaos » - Enseignements (extrait Argumentaire AFIS)

Facteurs de succès		Facteurs d'échec
40%	Besoins / Exigences / Spécifications	48%
9%	Technique / Technologies	11%
23%	Projet / Ressources	9%
14%	Gestion des données techniques	8%

Etude NASA (1985) (extrait Argumentaire AFIS)

Coûts en phases de faisabilité/définition en % de coûts de développement



Conclusion préliminaire

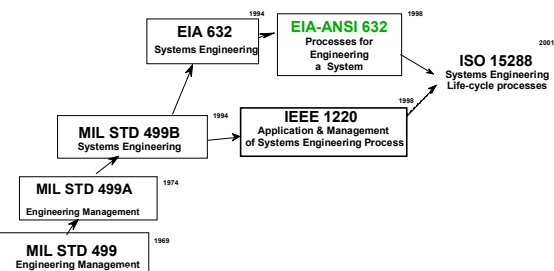
- L'approche traditionnelle d'Ingénierie conduit à une vision du produit complexe comme une somme de produits / systèmes optimisés
 - Années 60: naissance de l'ingénierie des systèmes complexes
 - Années 70-80: développement de l'ingénierie des logiciels et recul de l'ingénierie système
 - Depuis les années 90: développement de l'ingénierie des systèmes suite aux constats d'échecs techniques ou économiques
- L'Ingénierie Système s'appuie sur ces acquis pour proposer une vision du produit comme un système optimisé dans son environnement

Introduction à l'INGENIERIE SYSTEME

Qu'est ce que l'Ingénierie Système (source INCOSE)

- L'Ingénierie système est une approche interdisciplinaire pour permettre la maîtrise de la réalisation de systèmes complexes. Cette approche part de la définition des besoins du client, l'identification des fonctionnalités du produit et leur validation très tôt dans le cycle.
- L'Ingénierie système intègre ces disciplines pour les mettre à disposition des groupes spécialisés pour qu'ils réalisent un travail d'équipe facilité par un processus de développement structuré et multi niveaux qui intègre les activités dès la phase de faisabilité jusque 'au soutien opérationnel.
- L'Ingénierie Système considère simultanément les aspects techniques et économiques de l'ensemble des parties prenantes avec pour objectif de fournir au client final un produit de qualité qui satisfait ses besoins.

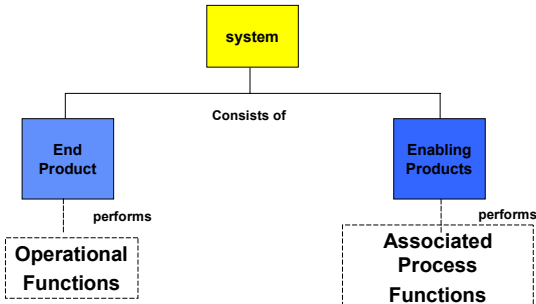
L'évolution des normes en Ingénierie Système



Concepts clés d'Ingénierie Système

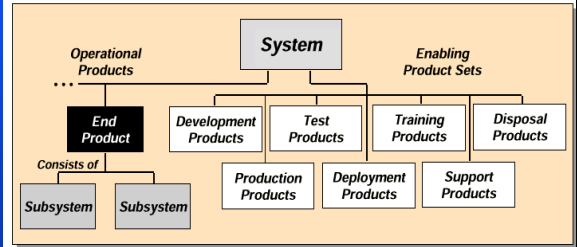
- Un système complexe est composé de "End Products", mais aussi de "Enabling Products"
- Le "Building Block" est l'unité élémentaire d'un système
- Un système complexe est développée par "niveau" (layer)
- Ensemble de processus intégrés complets et cohérents
- Processus générique d'ingénierie basé sur une démarche d'ingénierie des exigences et la recherche d'une solution « optimisée ».
- Un référentiel qui favorise l'adaptation à l'environnement spécifique de chaque projet

"End-Product" et "Enabling Product"

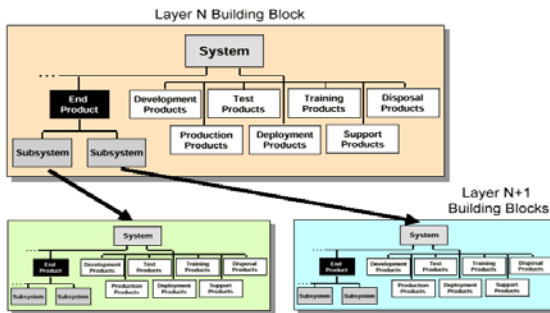


Les "Enabling Product" incluent les données, matériels mais aussi les personnes qui développent, produisent, testent, utilisent, supportent et assurent l'extension de vie aussi bien que celles qui assurent la formation ...

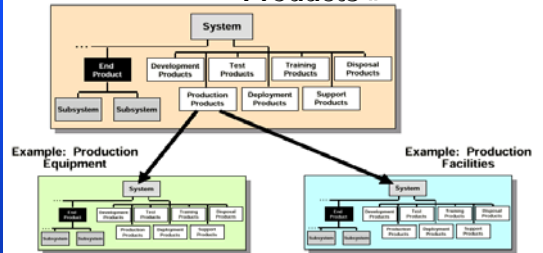
Le concept du "Building Block"



Concepts des "Development Layers"



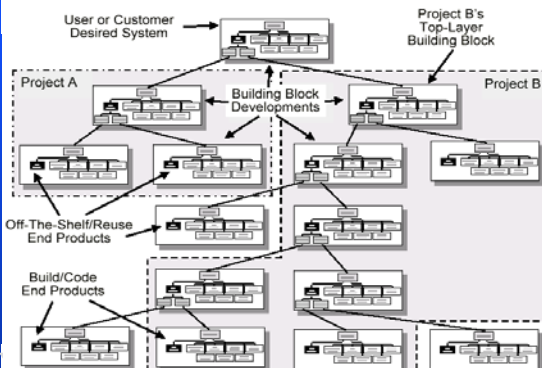
Développement des « Enabling Products »



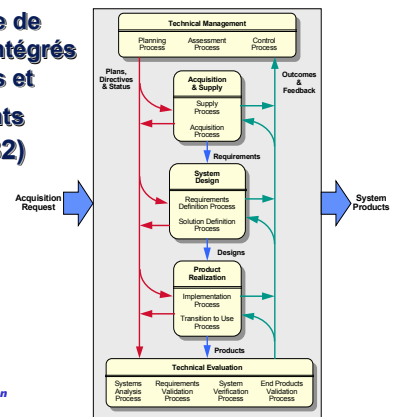
Other Production Enabling Products Possibly Needing Development:

- Manufacturing Procedures (e.g. soldering, jiggig)
- Manufacturing Personnel (e.g. test operators, assembly technicians)
- Manufacturing Services (e.g. shipping & receiving, JIT deliveries)

"Product Breakdown"



Ensemble de processus intégrés complets et cohérents (EIA 632)



L'Ingénierie des Exigences

"Les exigences sont des entités à part entière au cœur du processus de développement des systèmes. Elles formalisent l'expression des besoins des demandeurs et les engagements des parties prenantes."

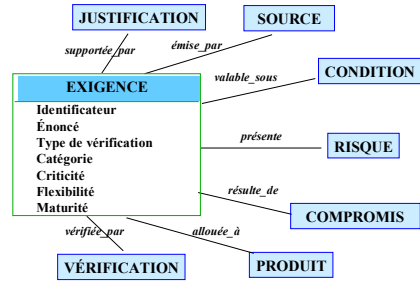
"L'Ingénierie des Exigences consiste, au travers de méthodes, règles et processus à établir et maintenir un référentiel unique. Elle permet de démontrer la satisfaction des besoins tout au long du cycle de vie."

Éléments clés :

(source AFIS GTIE)

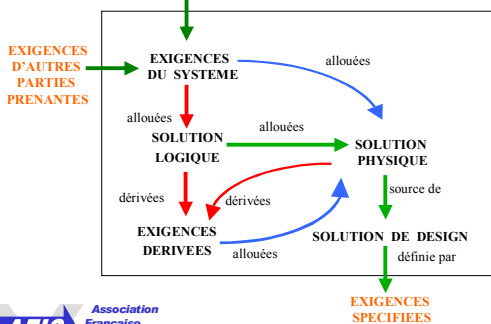
- Approche multidisciplinaire
- Identification et caractérisation des exigences
- Traçabilité
- Validation des besoins
- Définition au plus tôt de la vérification / validation du système
- Maîtrise des évolutions

Informations attachées à une exigence



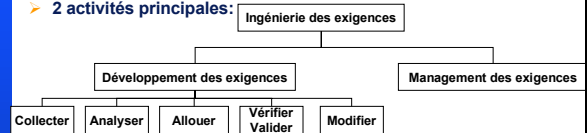
Processus générique d'ingénierie basé sur l'évaluation des exigences et la recherche d'une solution « optimisée »

EXIGENCES DE L'ACQUÉREUR



Ingénierie des exigences et Management de projet

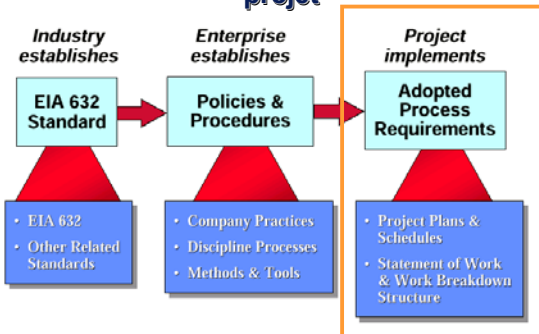
➢ 2 activités principales:



➢ Apports de l'IE au Management de Projet:

- Meilleur suivi du développement: indicateurs (avancement, coûts,...)
 - Revues de projet plus efficaces par l'exploitation des propriétés des exigences
- ➔ Mais, nécessite au préalable la définition des informations à gérer pour le processus de management

Le référentiel applicable au projet



2ème Conférence Annuelle d'Ingénierie Système
26-28 juin 2001

Une approche systémique pour la définition d'un système d'ingénierie des exigences

Pierre de CHAZELLES (AIRBUS)

Eric CHOVEAU (AIRBUS)

Une approche systémique pour la définition d'un système d'ingénierie des exigences

- Contexte
- Objectifs de CARE
- Une approche systémique (EIA632)
- CARE comme composant du système « avion »
- La vue système de CARE
- Perspectives

Contexte : AIRBUS



L'ingénierie des exigences : CARE

- CARE : Common Airbus Requirements Engineering
- Mettre en place une démarche d'Ingénierie des Exigences pour le programme A380...
 - conforme aux directives et processus AIRBUS
 - ◆ ABD200, ABD100, AP2161,...
 - cohérent avec les objectifs du programme
 - contribuant au respect des objectifs de certification (ARP4754)
 - ◆ traçabilité, démonstration de conformité
 - pour une mise en œuvre cohérente globale multi-disciplinaire

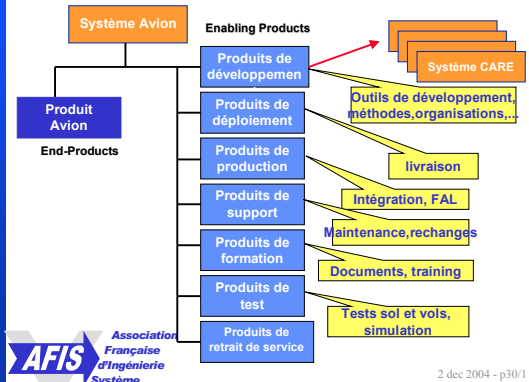
L'ingénierie des exigences : CARE

- ... applicable à tous les niveaux du développement
 - niveau Programme
 - ◆ exigences marketing, commerciales, achats, de production
 - Avion
 - ◆ systèmes avioniques, structures, système propulsif
 - Équipements
 - ◆ relations avec les fournisseurs
- CARE
 - Support à l'activité d'Ingénierie des Exigences à chaque niveau
 - Support au processus de découplage/négociation entre niveaux

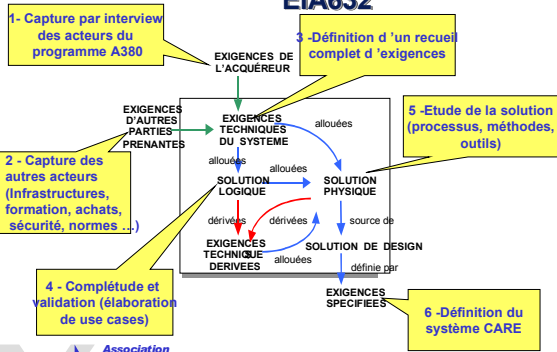
CARE : une approche systémique

- Le système d'ingénierie des exigences (CARE) ... est un système.
 - Ensemble des produits nécessaire à la réalisation d'un objectif ou d'une fonction (EIA632)
- Sa définition, sa réalisation et son déploiement peut donc s'inscrire dans une démarche systémique comme tout autre système
 - Ingénierie, intégration, management technique
 - Évaluer et maîtriser le développement et le déploiement
 - dans une approche itérative (« learning by doing »)
- positionnement par rapport à l'EIA632

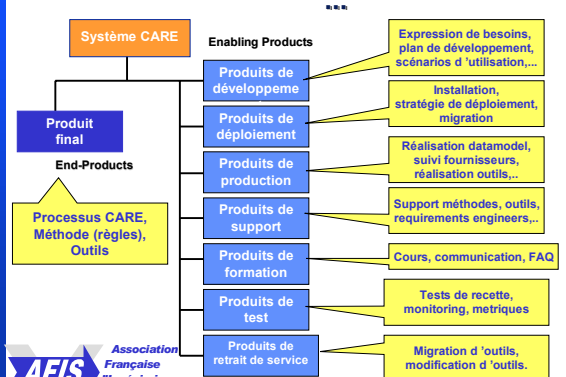
CARE au service de l'avion



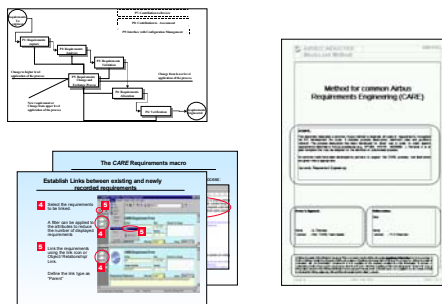
CARE : une approche systémique / EIA632



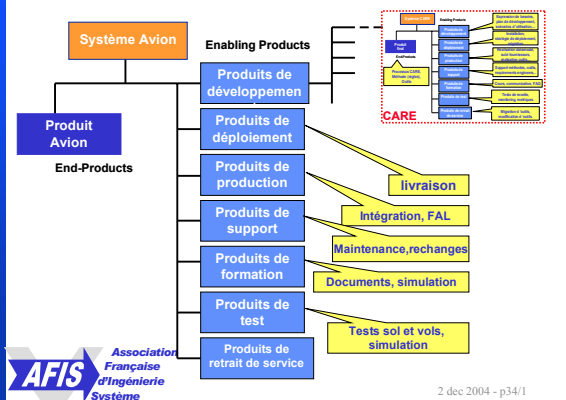
CARE : une approche systémique



... pour la réalisation d'un produit



Cohérence dans la démarche



Conclusion sur l'approche utilisée pour définir CARE

- Une expérience concrète de la mise en œuvre des principes d'ingénierie système dans la réalisation d'un « système de développement »
- Une flexibilité de l'approche qui rend la démarche généralisable et applicable de manière cohérente à tous les niveaux et tous produits du système Avion
- Une cohérence dans l'approche Ingénierie Système pour l'ensemble des métiers

Conclusions sur l'Ingénierie Système

- La conception d'un **système complexe** intégrant une forte composante humaine nécessite la mise en place de **relations de type "gagnant-gagnant"**
- La recherche d'**optimisation du produit** dans son environnement passe également par une **coopération** entre toutes les **parties prenantes**
- L'ingénierie Système offre un **cadre d'intégration des disciplines** et des **processus** qui **prend en compte l'interaction de l'homme dans le système**
- L'INCOSE et l'AFIS sont des lieux propices aux échanges d'expériences pour accompagner cette démarche novatrice.

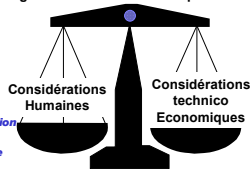
Perspectives socio-techniques sur l'Ingénierie Système

- Contribution de nombreuses disciplines
- participation de milliers de contributeurs

→ Processus d'Ingénierie de produit complexe = Système d'activités humaines (Human Activity System)

→ L'Ingénierie Système doit proposer cadre permettant de trouver le bon Équilibre entre les considérations technico-économiques et les considérations humaines.

Ingénierie d'un Produit complexe



2 dec 2004 - p37/1

INTERNATIONAL COUNCIL OF SYSTEM ENGINEERING (INCOSE)

AFIS Association Française d'Ingénierie Système

2 dec 2004 - p38/1

Qu'est ce que l'INCOSE ?

L'INCOSE est une association à but non lucratif qui existe depuis 1990 et qui consiste à relancer des travaux d'intérêt général sur les notions de systèmes et d'ingénierie des systèmes suite aux nombreux constats de défaillances, d'accidents, de pertes financières, d'inefficacités constatés dans les systèmes des années 80 et 90.

L'INCOSE, qui représente la plupart des secteurs industriels, est le mouvement international le plus actif de promotion de l'Ingénierie des Systèmes, véritable lieu d'échanges entre pays et secteurs industriels. En France, l'Association Française d'Ingénierie Système - AFIS - a pour mission essentielle de relayer l'INCOSE.

Les membres à titre individuel de l'INCOSE échangent idées et expériences via des Groupes de Travaux d'intérêt général (une vingtaine de thèmes) pour améliorer la maîtrise de l'ingénierie des systèmes. Ils publient à titre individuel ou collectif des articles, des ouvrages, des modèles à l'usage des industriels, des organismes de recherche, des universités. Les membres individuels sont des experts opérationnels de la plupart des industries, des chercheurs, des enseignants ; toutes ces catégories étant liées par les thèmes couverts par l'ingénierie des systèmes.

Les membres à titre collectif sont des entreprises et des organismes de tutelle, véritables "Sponsors" et soutiens financiers.

AFIS Association Française d'Ingénierie Système

2 dec 2004 - p39/1

Les adhérents individuels

L'INCOSE regroupe environ 4000 adhérents individuels, répartis en 6 régions :

- Amérique Nord (Etats Unis, Canada),
- Sud des Etats Unis,
- Ouest des Etats Unis,
- Est des Etats Unis,
- Europe/Israël/Afrique du Sud,
- Asie, Australie, régions constituants ensemble environ une quarantaine de chapitres ou sociétés affiliées.

Le chapitre français (AFIS) et le chapitre australien (SESA) sont des sociétés indépendantes mais affiliées ; c'est à dire ayant leur autonomie propre.

La répartition en nombre d'adhérents individuels est d'environ :

- 57% : Amériques
- 33% : Europe + Israël + Afrique du Sud (Région 3)
- 10% : Asie - Australie

AFIS Association Française d'Ingénierie Système

2 dec 2004 - p40/1

Association Française d'Ingénierie Système (AFIS)

AFIS Association Française d'Ingénierie Système

2 dec 2004 - p41/1

AFIS Association Française d'Ingénierie Système

2 dec 2004 - p42/1

13 membres fondateurs

- Alcatel
- Alstom transport
- Dassault-Aviation
- EADS
- Electricité de France
- France Telecom
- GIAT Industries
- Matra Hautes Technologies
- PSA Peugeot Citroën
- RATP
- SNECMA Control Systems
- Technicatome
- THALES



aujourd'hui: 18 membres
et plus de 280 adhérents professionnels

Objectifs de l'AFIS

- ✓ Favoriser l'évolution, la dissémination et la pratique de l'ingénierie système auprès des entreprises, organismes d'état et organismes de formation
- ✓ Favoriser les échanges entre professionnels
- ✓ Assurer la représentation professionnelle de l'ingénierie système au niveau national, européen et international

à partir des pratiques qui ont permis le succès industriels des nombreux systèmes développés en France

Une organisation pérenne et ouverte

- ✓ Un engagement institutionnel des membres fondateurs pour assurer la pérennité et la couverture industrielle de l'AFIS
- ✓ Association Loi 1901
 - **Membres :**
 - ◆ entreprises / organisations fondatrices
 - ◆ adhérents à titre individuel
 - **Membres affiliés à l'INCOSE**

Les Groupes de Travail

- ✓ Pragmatisme des orientations / résultats
- ✓ Lieu d'échanges sur les pratiques industrielles
- ✓ Disponibilité des experts
 - Maîtrise d'Ouvrage - Maîtrise d'Oeuvre (MOA-MOE)
 - Architecture Système (AS)
 - Méthodes et Outils (M&O)
 - Gestion de Configuration Système (GCS)
 - Intégration Vérification Validation Qualification (IVVQ)
 - Métiers, compétences, formation (MCF)
 - Modèles de maturité et indicateurs (MMI)
 - Ingénierie des Exigences (IE)