

Systems Engineering

Abdellatif MEGNOUNIF

Chap. 4

Design Préliminaire (Développement Avancé)

Introduction

Le design préliminaire (développement avancé) commence par établir une base fonctionnelle pour le système puis étendre les exigences du niveau système en exigences du design pour les sous systèmes, puis pour les niveaux inférieures (**analyse des exigences complète**). L'analyse fonctionnelle et les exigences d'allocation sont aussi translatés vers les niveaux inférieures afin d'identifier les exigences spécifiques pour les ressources humaines et matérielles, éléments de support logistiques...

Approche Top-Down

Vers une analyse complète des exigences

- ❖ **Établit une ligne de base fonctionnelle**
- ❖ **Traduit les exigences du système aux exigences des sous systèmes**
- ❖ **Étendre l'analyse fonctionnelle**
- ❖ **Accomplit des études de compromis (trade-off)**
- ❖ **Développe des spécifications**

Analyse des exigences du système

- ❖ De même qu'au niveau du système, maintenant l'analyse des exigences doit être complète et suit les mêmes démarches.
- ❖ L'objectif est de décrire les exigences à chaque niveau dans la hiérarchie du système (système, sous système, composante...) i.e **décrire les quoi** (what) et non les comment (how).
- ❖ Les ressources supportant les « comment » vont être développées à partir de l'analyse fonctionnelle et du processus d'allocation.
- ❖ Les exigences doivent être complètes et traduisent complètement le besoin. Elles doivent être objectives, mesurables et démontrables.

02 types d'exigences:

- Exigences opérationnelles
- Exigences de maintenance et de support.

Exigences Opérationnelles

Distribution opérationnelle et déploiement. (Nbr de sites d'implantation)

Profile de la mission et scénario. Identification de la mission principale du système et des missions secondaires

Performance et paramètres liés. Définition des caractéristiques de base opérationnelles ou bien des fonctions du système.

Exigences d'utilisation. Utilisation anticipée du système.

Exigences d'efficacité. Exigences du système en incluant l'efficacité

Cycle de vie opérationnel (horizon). Le temps anticipé pour définir la durée du système dans lequel il sera opérationnel.

Environnement. Définition de l'environnement dans lequel le système est supposé opéré d'une manière effective.

Exigences de Maintenance et de Support

Il faut définir un plan de maintenance et de support en cas de panne (pièces de rechange, inventaires opérationnels...) du système comme un tout. Ce concept de maintenance contient les informations suivantes.

Niveaux de maintenance. (corrective ou préventive) 03 niveaux

Principes de réparation. Définir un élément s'il est réparable, réparable partiellement ou non réparable.

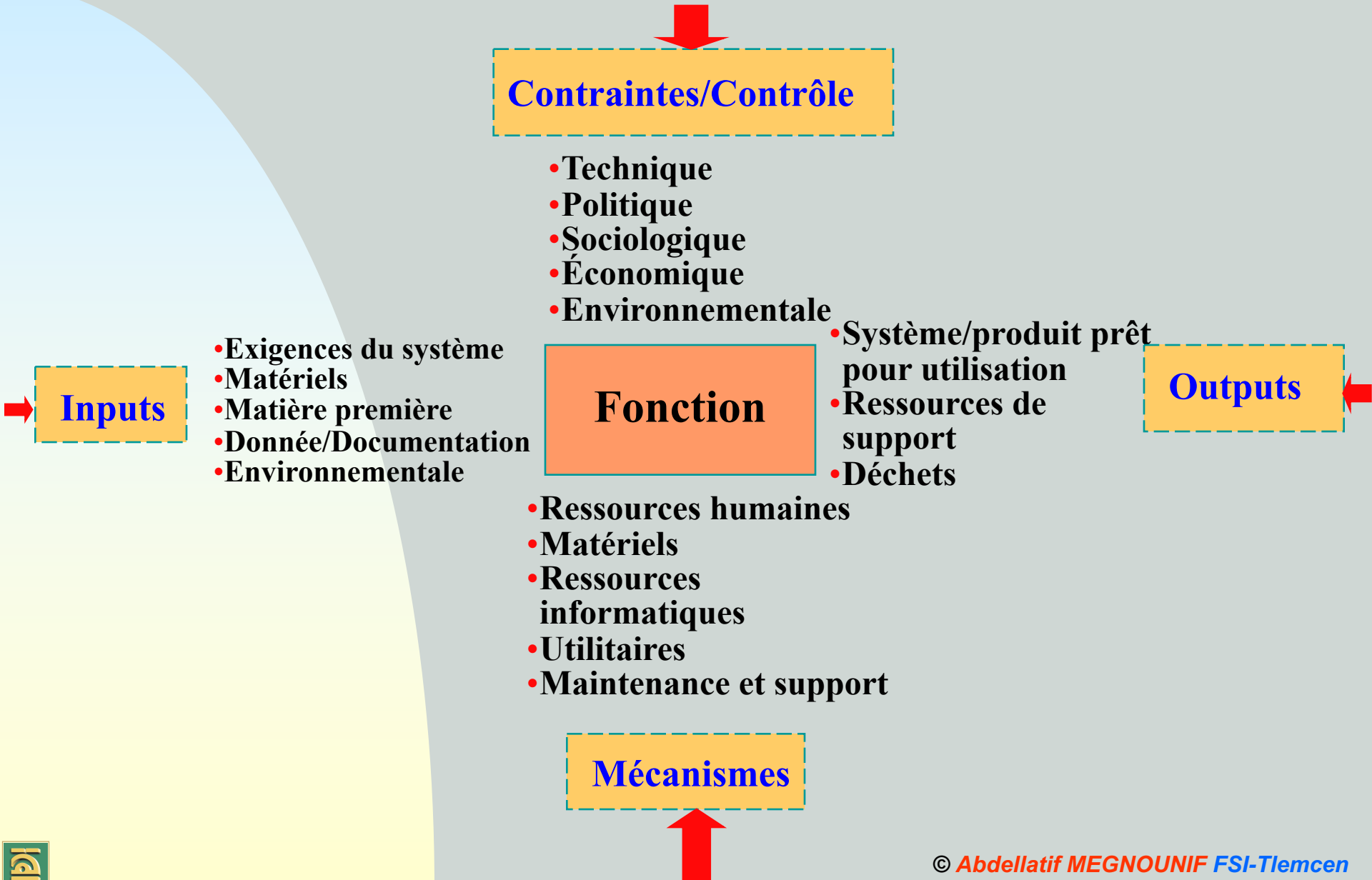
Responsabilités organisationnelles. Maintenance, responsabilité du client, du producteur, une 3^{ème} partie ou bien une combinaison de tout ça.

Éléments de support logistique. Support de provisions , équipement de tests et de support, personnel et formation, transport et manutention...

Exigences d'efficacité. Facteurs d'efficacité associés à la capacité du support.

Environnement. Relié à la maintenance et le support.

Identification des exigences de ressource



Analyse complète des exigences

- ❖ Mesures de performance technique (TPM)
même chose à l'échelle des sous système et dessous
- ❖ Analyse fonctionnelle et allocation...
- ❖ Études de compromis (Trade-off studies)

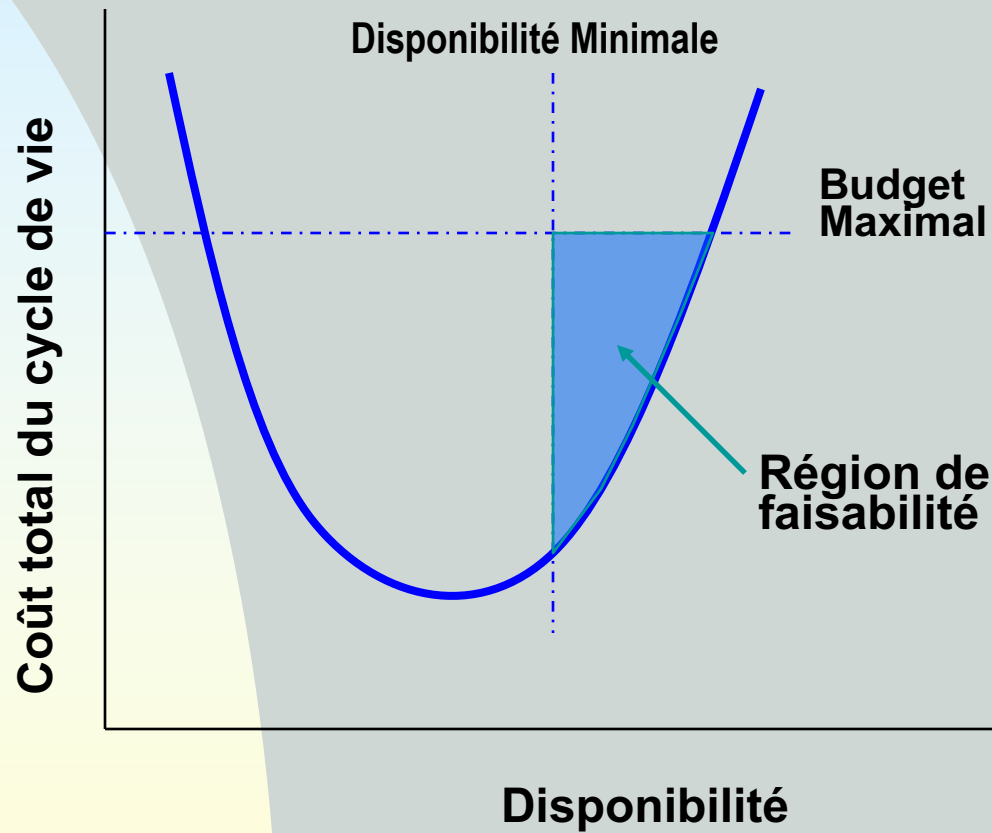
Études Trade-offs

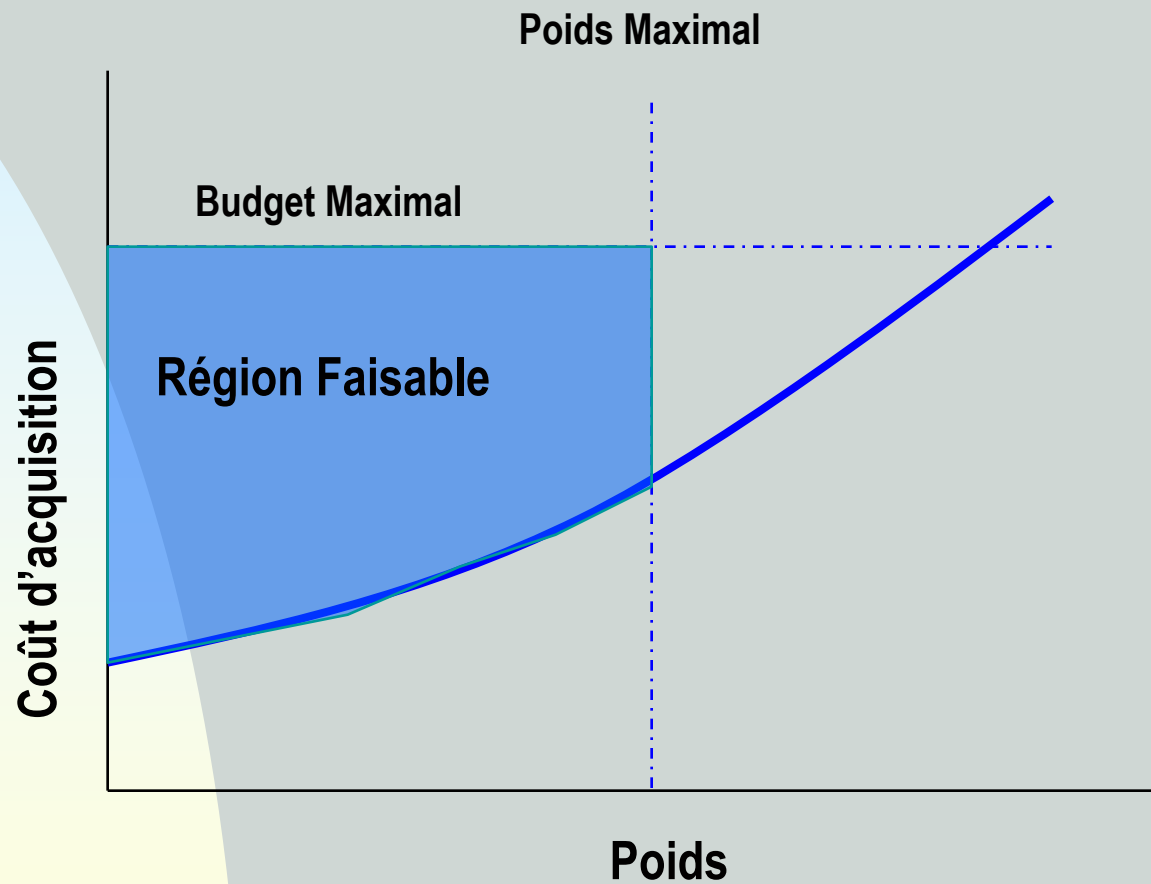
- ❖ C'est une méthodologie d'analyse pour systématiser le processus de prise de décision pour sélectionner une solution optimale d'un problème.
- ❖ Est faite pour formaliser un processus de prise de décision de telle façon que les décisions prises réduiront les risques et optimise les chances d'implémenter un système avec succès.
- ❖ Collecter de l'information à un seul endroit et au même temps
 - Décrire explicitement les concepts alternatives
 - Décrire explicitement les critères d'évaluation
 - Évaluer explicitement l'alternative contre les critères d'évaluation
- ❖ Décrire l'information pour une utilisation future

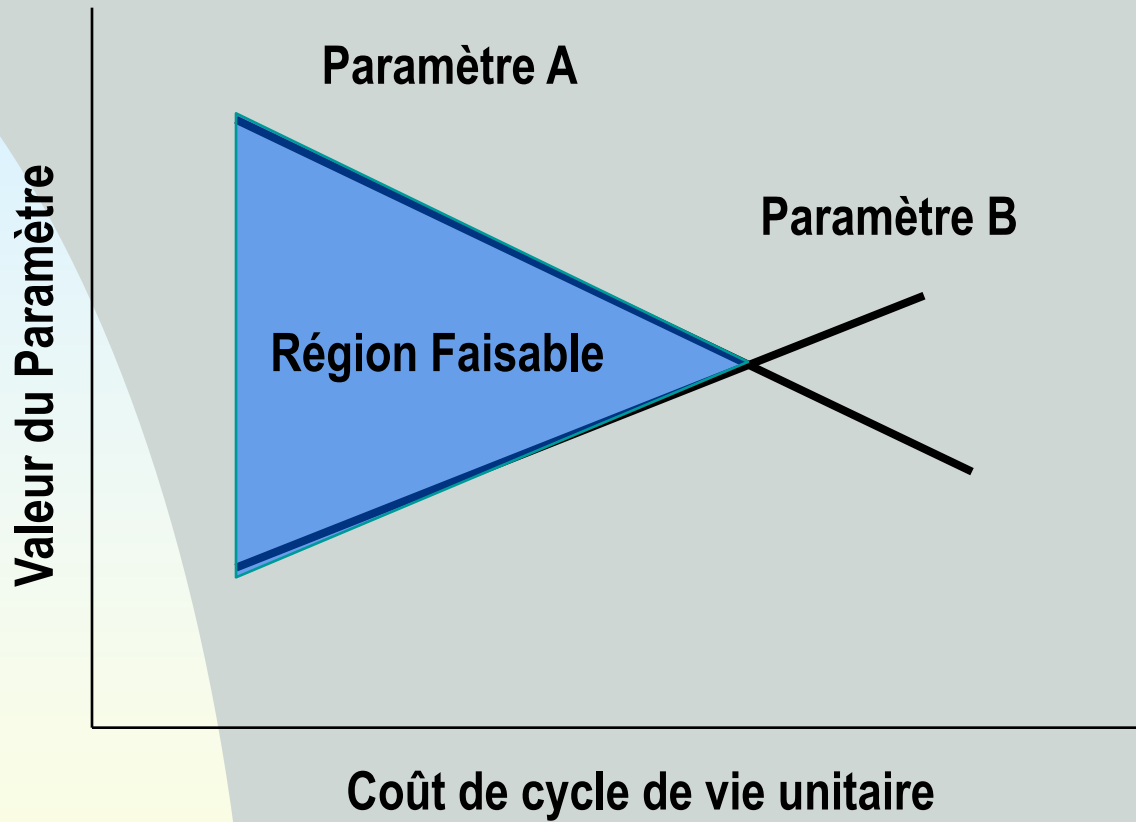
Méthodologie de l'étude Trade-offs

- ❖ Définir les priorités des critères de décision
- ❖ Sélectionner des solutions faisables par « brainstorming » pour des alternatives
- ❖ Remplir un tableau de décision et classer le résultat final, et évaluer chaque proposition par critère.
- ❖ Classer les solutions en tenant compte des priorités des critères.
- ❖ Générer un tableau en utilisant des facteurs poids.
- ❖ Remplir un tableau de décision et classer le résultat final.

Exemples de région de compromis (trade-off) faisable







Exemple

Besoin
De développer une capacité de transport
Entre une ville A et une ville B

Analyse de Faisabilité

ou

Transport
par Terre

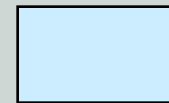
Transport
par ciel

Transport
par mer

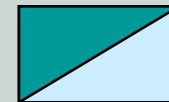
Résultat de l'analyse
Sélectionner la possibilité de
transport par air

Exemple de bar QFD

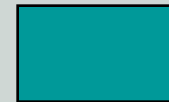
	Alternatives		
	Terre	Air	Mer
Sécurité			
Commodité			
Vitesse			
Disponibilité			
Fiabilité			
Coût			



Élevé



Moyen



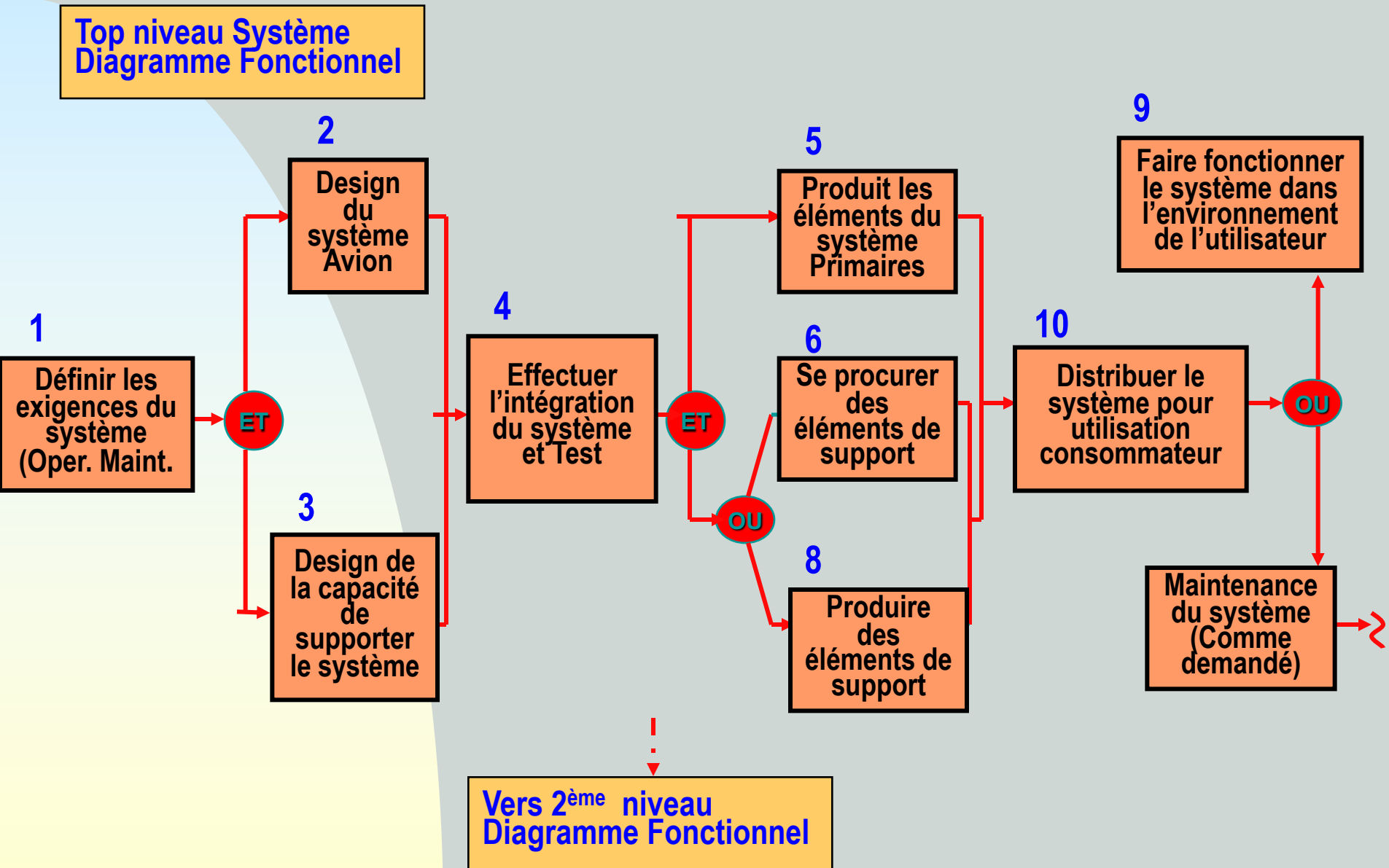
Faible

Critères
d'évaluation

...

Importance en
décroissance

Analyse Fonctionnelle



2ème niveau Diagramme Fonctionnel

9.0

Ref.
Faire
fonctionner
le système
dans
l'environ. de
l'utilisateur

ou

9.1

Préparer
l'avion
pour le
vol

9.3

Se
Préparer
pour
décollage

9.4

Décollage
de la ville
A

9.5

De la ville
A vers la
ville B

9.6

Atterrissage
en ville B

9.7

Effectuer
une
vérification
de l'avion

9.2

Préparer
l'avion
pour le
standby

3ème niveau Diagramme Fonctionnel

9.5

Ref
De la ville
A vers la
ville B

9.5.1

Vérifier le sous
système de
communication

9.5.2

Contacteur la
tour de control
Ville A

9.5.3

Contacteur la
tour de control
Ville B

9.5.4

Recevoir
instructions
pour
atterrissage



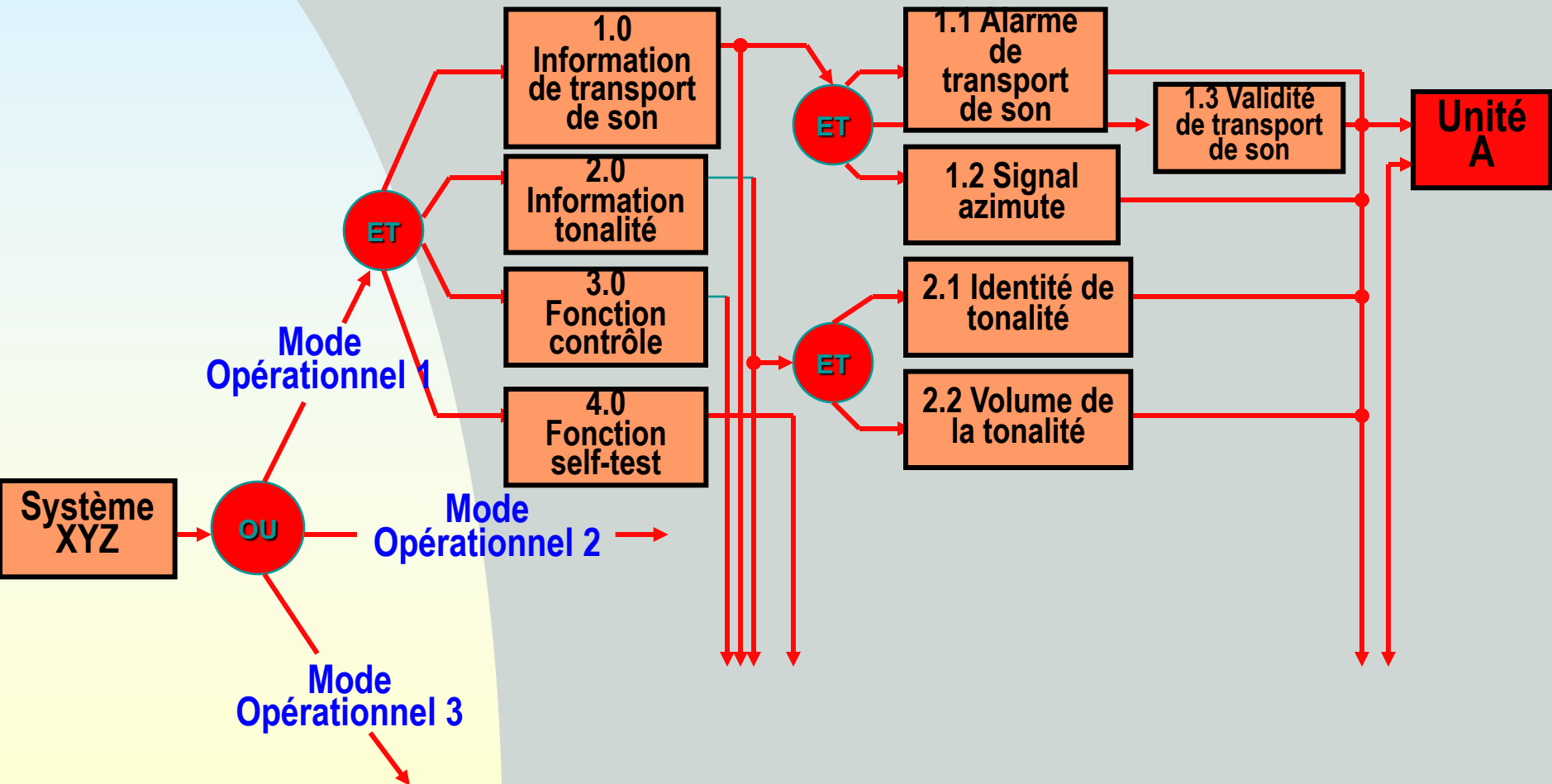
Diagramme Maintenance

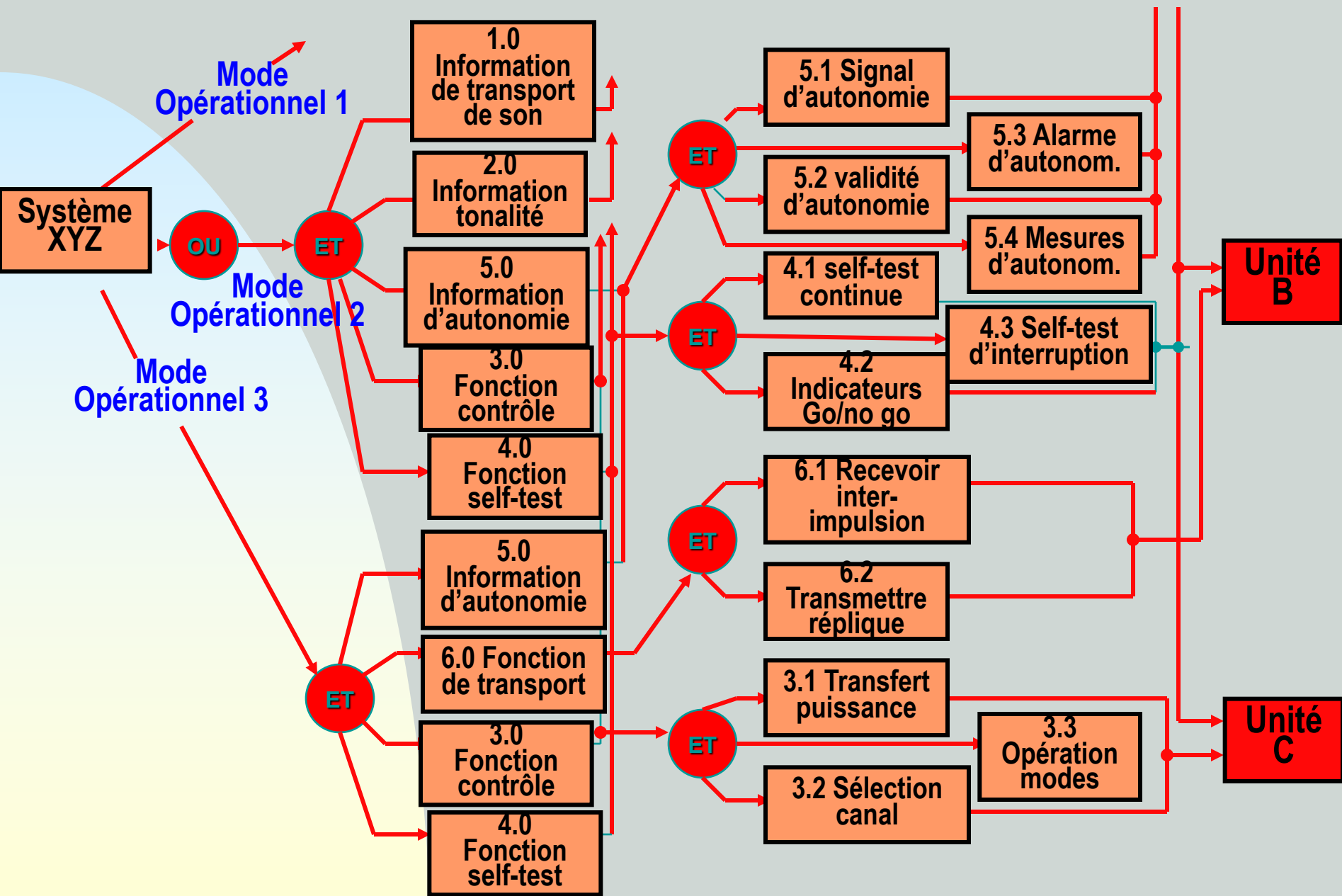
9.5.1



Allocation des Exigences (Emballage (packaging) fonctionnel)

Exigences du système	Activité Opérationnelle	Fonction Opérati.	Sous Fonctions	Packaging fonctionnel
----------------------	-------------------------	-------------------	----------------	-----------------------





Paramètres des Exigences de design

- ❖ Les outputs de l'activité de design doivent avoir un impact sur la autres phases tels que, production, opération, maintenance, mise hors service et cessation.

Design pour la capabilité fonctionnelle

- ❖ La capabilité fonctionnelle dérive des caractéristiques du design reliée à la performance technique du système. Ça inclut des facteurs comme la taille, le poids, le volume, la forme, la précision, la capacité, vitesse de parcours et toutes les caractéristiques physiques et techniques que le système (en phase opérationnelle) doit avoir pour accomplir ses missions
- ❖ La capabilité fonctionnelle concerne surtout design structurel, chimique, électrique, mécanique, aéronautique...

Paramètres des Exigences de design (suite)

Design pour la fiabilité

- ❖ Fiabilité est la caractéristiques du design et installation concernée avec l'opération réussi du système durant sa mission planifiée.
- ❖ La fiabilité (R « reliability ») est généralement exprimée en termes de probabilité de succès et est généralement mesurée en utilisant le temps moyen entre panne (MTBF), temps moyen à la panne (MTTF) et le taux de panne (rate of failure λ) ou bien une combinaison.
- ❖ Un objectif est de maximiser la fiabilité opérationnelle en minimisant la panne du système.

Paramètres des Exigences de design (suite)

Design pour la maintenabilité (maintenance)

- ❖ C'est la caractéristique du design et installation qui reflète la facilité, la précision, la sécurité et l'économie de l'action maintenance.
- ❖ Elle peut être mesurée en utilisant le temps de maintenance (temps moyen entre 02 maintenances MTBM, temps de maintenance correctif moye, ...), et/ou le coût de la maintenance
- ❖ L'objectif est de minimiser les temps de maintenance et heures de travail en maximisant les caractéristiques de supportabilité du système (i.e accessibilité, provisions du diagnostic, standardisation, interchangeabilité) et en minimisant les ressources utilisées pour la maintenance (pièces de rechanges...) et en minimisant le coût de la maintenance..

Paramètres des Exigences de design (suite)

Design pour la l'utilisation et la sécurité

- ❖ C'est la caractéristique du design concernée avec les interfaces entre l'homme et le hardware, l'homme et le software... (i.e assurer la compatibilité entre, et la sécurité des, caractéristiques du design fonctionnelles et physiques du système et l'homme de maintenance, opérationnel et de support).
- ❖ Elle peut être estimée en en tenant des facteurs psychologique, sociologique, de sensibilité
- ❖ L'objectif est de minimiser le nombre de personne et les exigences de niveau de compétence, minimiser les exigences de formation, et minimiser les erreurs humaines en maximisant la productivité et la sécurité.

Paramètres des Exigences de design (suite)

Design pour la supportabilité et le service

- ❖ Ce sont les caractéristiques du design qui assure que le système peut être supporté et servit de façon efficace durant son cycle de vie.

Paramètres des Exigences de design (suite)

Design pour la production et la mise hors service

- ❖ Pour la production, c'est la facilité et l'économie de produire un système/produit sans sacrifier la fonction, la performance, l'efficacité et la qualité.
- ❖ Peut inclure l'utilisation d'éléments standards, la construction et l'emballage pour faciliter l'assemblage (et de désassemblage)...
- ❖ Mise hors service permet le désassemblage des éléments du système facilement, rapidement et économiquement sans causer de dégradation environnementale.

Paramètres des Exigences de design (suite)

Design pour la faisabilité économique(abordabilité)

- ❖ C'est la faisabilité économique qui a un impact sur les contraintes du budget.
- ❖ Un objectif est de baser les décisions de design sur le cout du cycle de vie, et pas juste le coût d'acquisition du système.
- ❖ La faisabilité économique est dépendante de la fiabilité, la maintenance, les facteurs humains, ...

Technologies de design d'ingénierie

- ❖ Design assisté par ordinateur (CAD) et fabrication assistée par ordinateur (CAM)
- ❖ Modèles analytiques et outils
 - Modèles économiques
 - Modèles d'optimisation (prescriptifs)
 - Modèles descriptifs
 - Systèmes de contrôle
- ❖ Simulation

Synthèse et définition du design

- ❖ **Synthèse : Combinaison et la structuration des composantes de pour obtenir une configuration d'un système faisable.**
- ❖ **La synthèse d'un système est accomplie lorsque le design préliminaire progresse suffisamment et les études de compromis (trade-off) sont faites.**
- ❖ **La synthèse est faite pour confirmer et assurer la complétude des exigences de la performance du système et d'autres exigences de design.**
- ❖ **Une configuration de base allouée est développée pour pouvoir aller vers le design détaillé et le développement.**

Révision du design Préliminaire

Doit être planifiée avec le client

- ❖ Lorsque la majorité des sous systèmes sont définis durant le design préliminaire, une ou 02 révisions formelles du design peuvent être programmées pour vérifier que les exigences sont globalement vérifiées.
- ❖ Les résultats de l'analyse fonctionnelle et le processus d'allocation, les études de compromis accomplies, l'approche de design sélectionné... sont examinés pour se conformer aux exigences spécifiées initialement.
- ❖ Les déviations seront notées et des corrections nécessaires doivent être prises.

Systems Engineering

Abdellatif MEGNOUNIF

Semaine Prochaine

Design Détaillé et Développement

Merci. Fin du Chapitre 4