

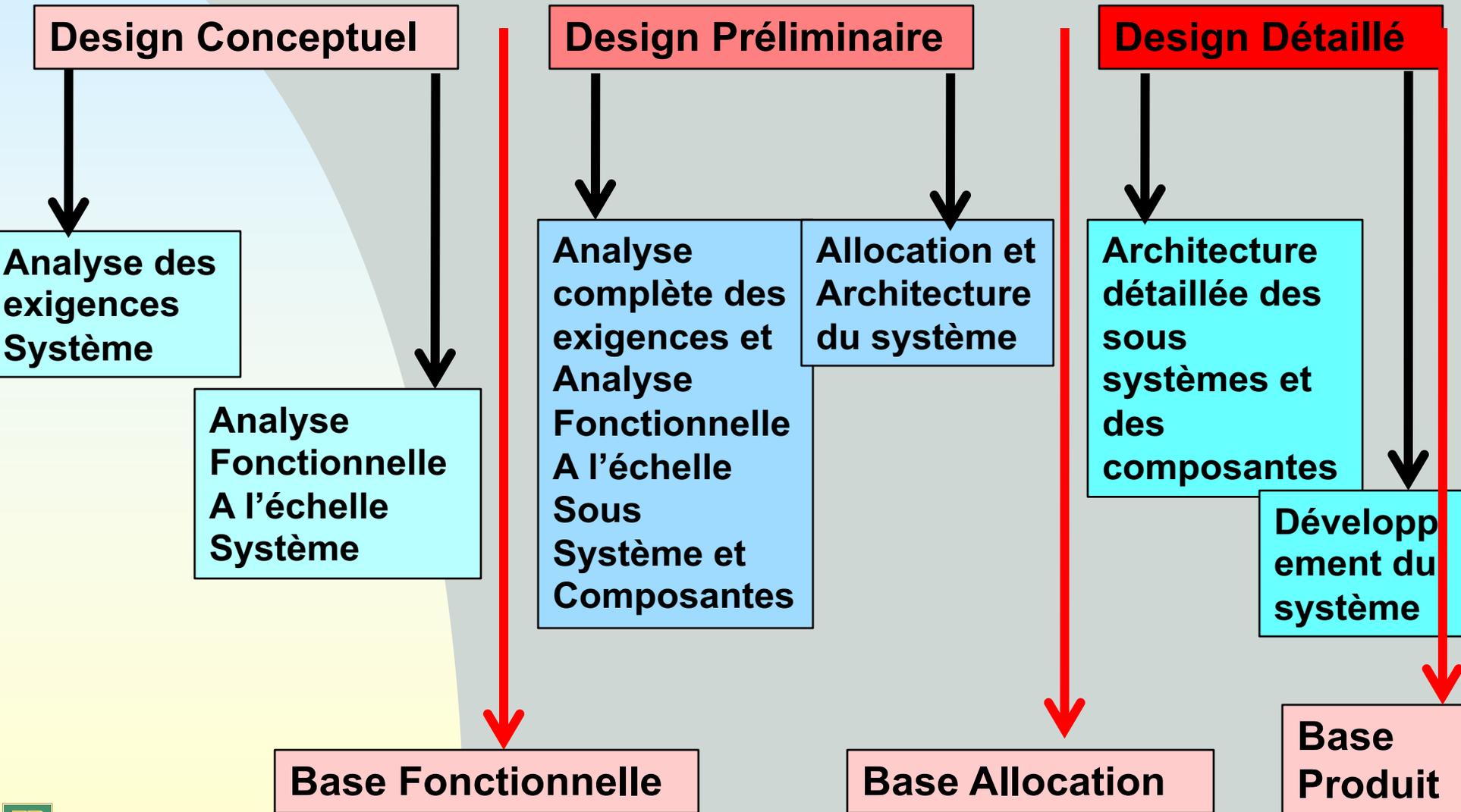
# *Systems Engineering*

**Abdellatif MEGNOUNIF**

**Chap. 5**

## **Design Détaillé et Développement**

# Introduction



# Introduction

Le design détaillé commence avec la configuration et les bases d'allocation dérivées pendant le design préliminaire.

A cette étape tout le système et ses différents sous systèmes sont connus. On va donc vers la définition des composantes en détail.

Il faut inclure les activités techniques telles que:

- 1.** Décrire les sous systèmes, les unités, les assemblages, les composantes, software, moyens humains, et les éléments de support logistique.
- 2.** Préparation des spécifications et données du design pour tous les éléments du système.

- 3. Se procurer les différents articles nécessaires ou bien faire un design détaillé de ses articles pour les produire.**
- 4. Développer un modèle ou prototype.**
- 5. Intégrer les composantes du système et tester cette intégration pour vérifier avec les exigences spécifiées.**
- 6. Re-design, re-engineering et re-tester le système.**

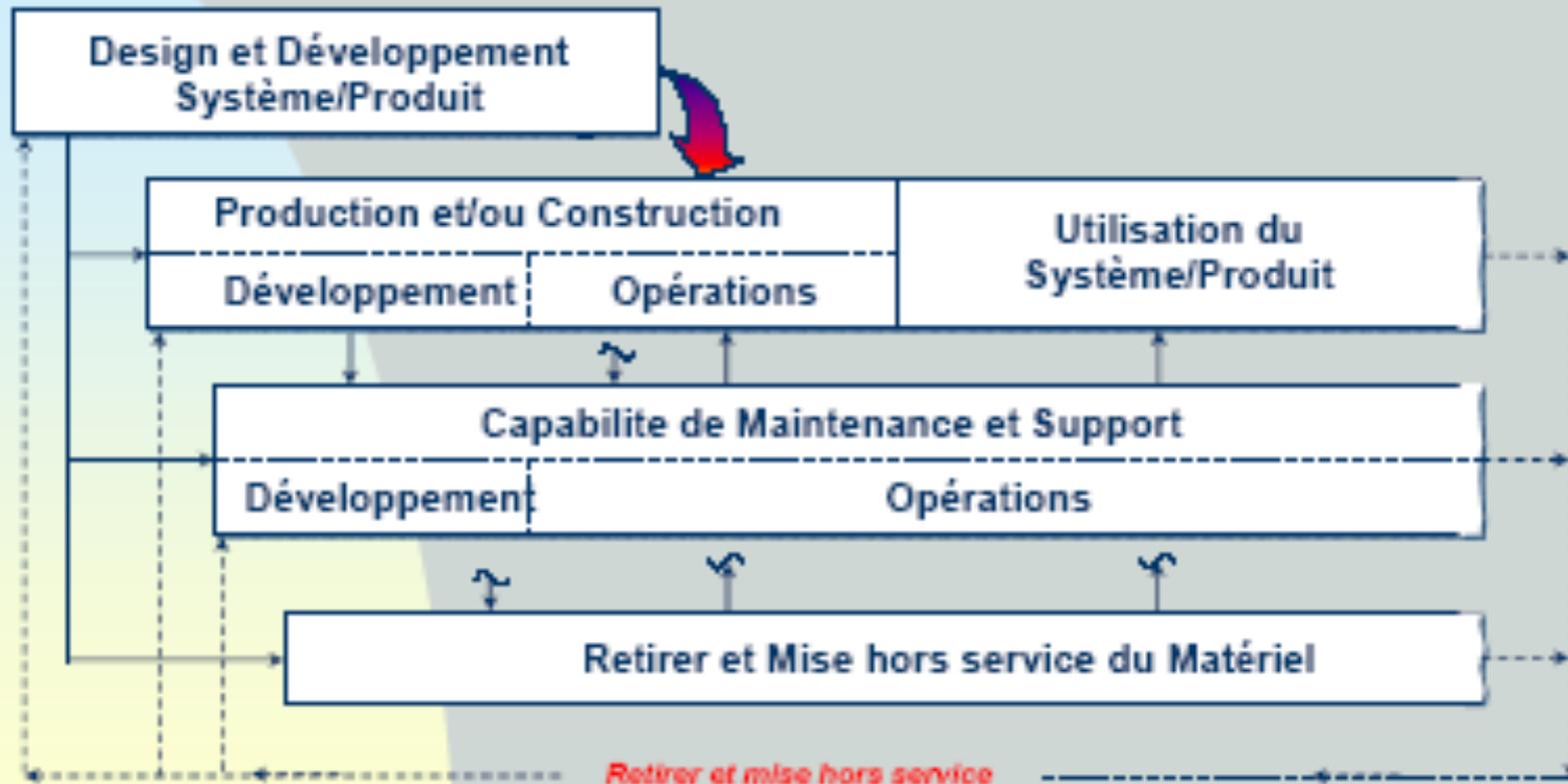
# 1. Exigences du design détaillé

- ❖ Sont déduites de l'analyse des exigences du système et de l'allocation du design conceptuel et design préliminaire.
- ❖ L'approche « **Top-Down** » établit les exigences a chaque niveau de la hiérarchie. Le processus du design comprend les étapes itératives de la synthèse, de l'analyse, de l'évaluation jusqu'à la définition des composantes du système, jusqu'au choix du produit de base.
- ❖ A cette phase l'acquisition commence. Les composantes sont combinées et intégrées a un niveau supérieur et un modèle physique est construit pour le test et l'évaluation. (**Bottom-Up**)
- ❖ La phase design détaillé doit se faire en tenant compte de l'esprit de compétition. Il faut surtout gagner du temps. Pour cela certaines activités peuvent se faire en parallèle au lieu de la série.

### A. Le Cycle de Vie Système/Produit – Approche en Série



### B. Le Cycle de Vie Système/Produit – Approche Concurrentiel

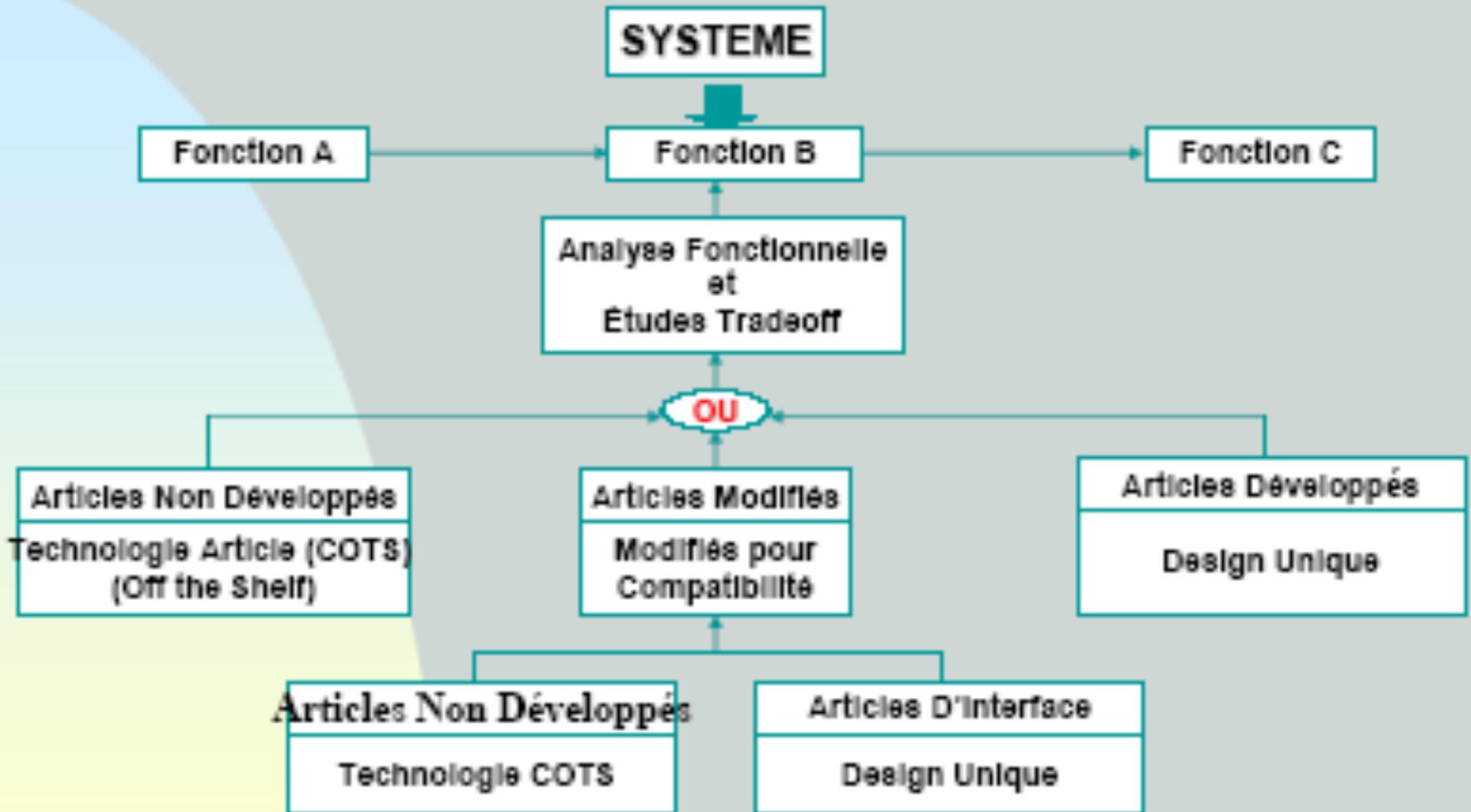


## 2. Intégration des éléments du système

- ❖ L'output de l'analyse fonctionnelle et de l'allocation est l'identification des différents éléments du système et des différents besoins (software, agents, données...)
- ❖ L'objectif est de faire des analyses de trade-off pour déterminer le meilleur moyen pour répondre aux « **comments** » (hows).
- ❖ Est-ce que cette fonction est accomplie de la meilleure façon en utilisant les données, les moyens, le software...?
- ❖ Pour chaque élément du système il faut allouer et identifier les paramètres détaillés de l'efficacité et de la performance. Avec cette information le designer doit décider de quelle meilleure façon il faut répondre au besoin du client. 03 possibilités.

- ❖ **Sélectionner un article disponible commercialement et pour qui il y a plusieurs fournisseurs. L'objectif est de s'assurer de la disponibilité pour la maintenance et le support dans le futur et le long du cycle de vie du système.**
- ❖ **Modifier un article existant sur le marché en ajoutant des adaptateurs par exemple... Les modifications ne doivent pas prendre beaucoup de temps et beaucoup d'argent.**
- ❖ **Design, développer et produire un article unique ou nouveau pour les besoins spécifiques. (voir organigramme suivant)**

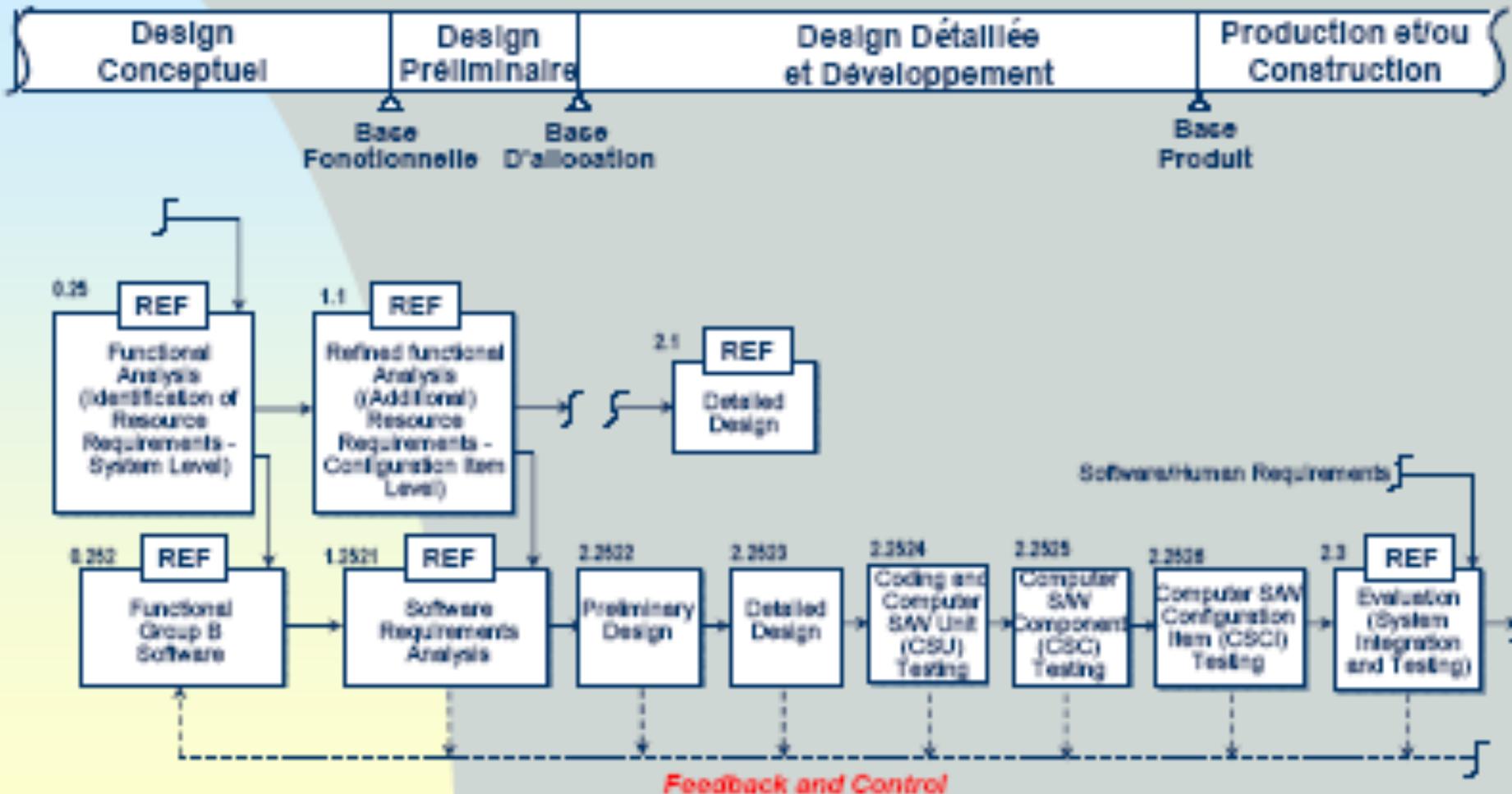
# Sélection des ressources



COTS: Commercial off the shelf Item

- ❖ **L'approche la plus classique est de favoriser l'utilisation d'articles disponibles.**
- ❖ **Mais généralement les décisions qui se prennent à une étape très avancée du design et à des niveaux très inférieurs, dépendent de plusieurs paramètres tels que la disponibilité et la stabilité de la technologie courante, la taille du marché, la supportabilité, coût...**

# Processus d'acquisition de software



# 3. Activités de l'engineering Design

Activités de jour-en-jour. Commencent par l'implémentation d'un planning approprié dans la phase conceptuelle (i.e Programme de management et SEMP plan de management de l'engineering du système)

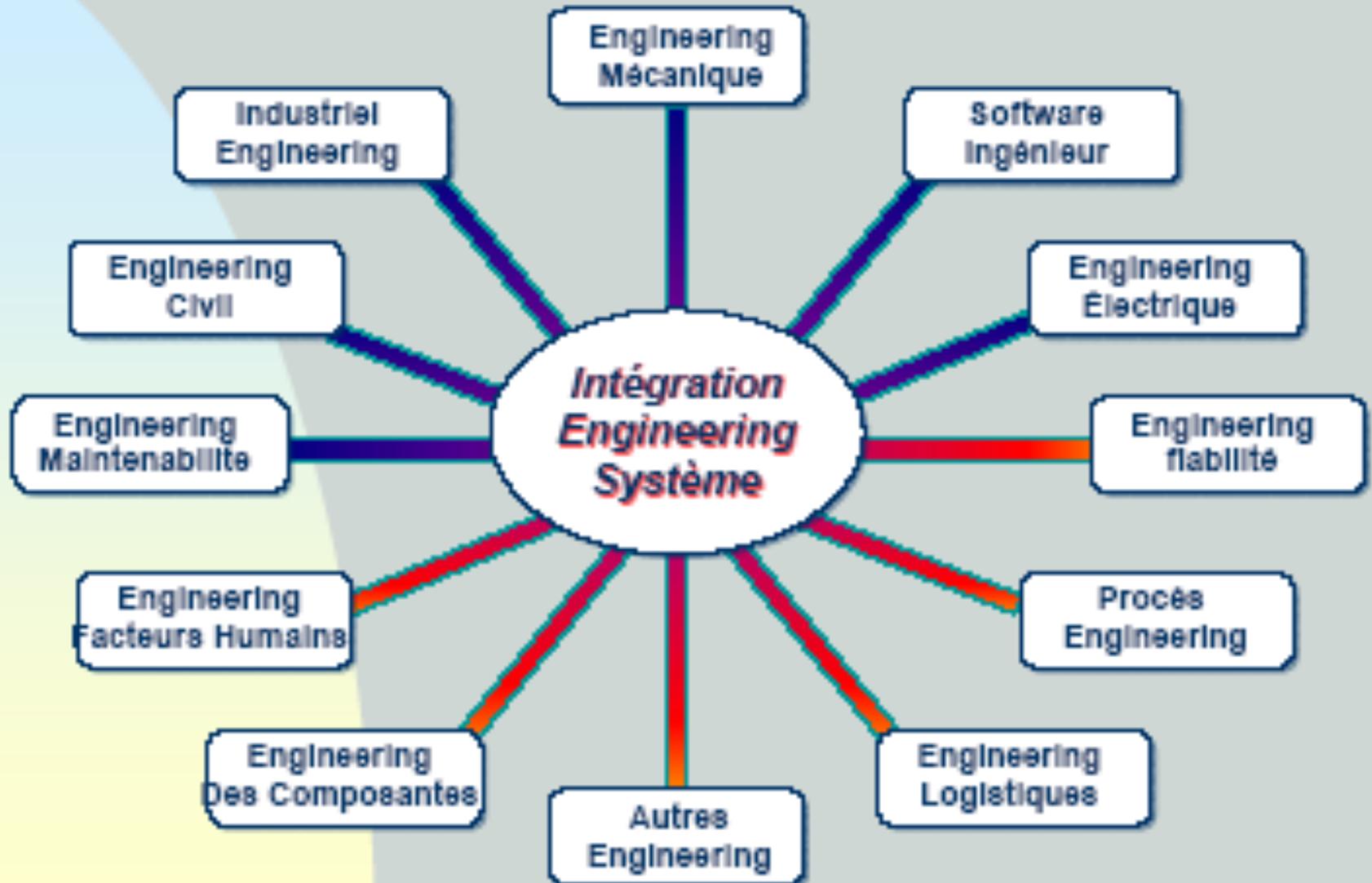
Ça inclut généralement,

1. l'établissement de l'équipe de management et l'initiation des taches spécifiques du design,
2. Développement des données du design
3. La conduite des révisions du design
4. Initiation des actions correctives si nécessaires

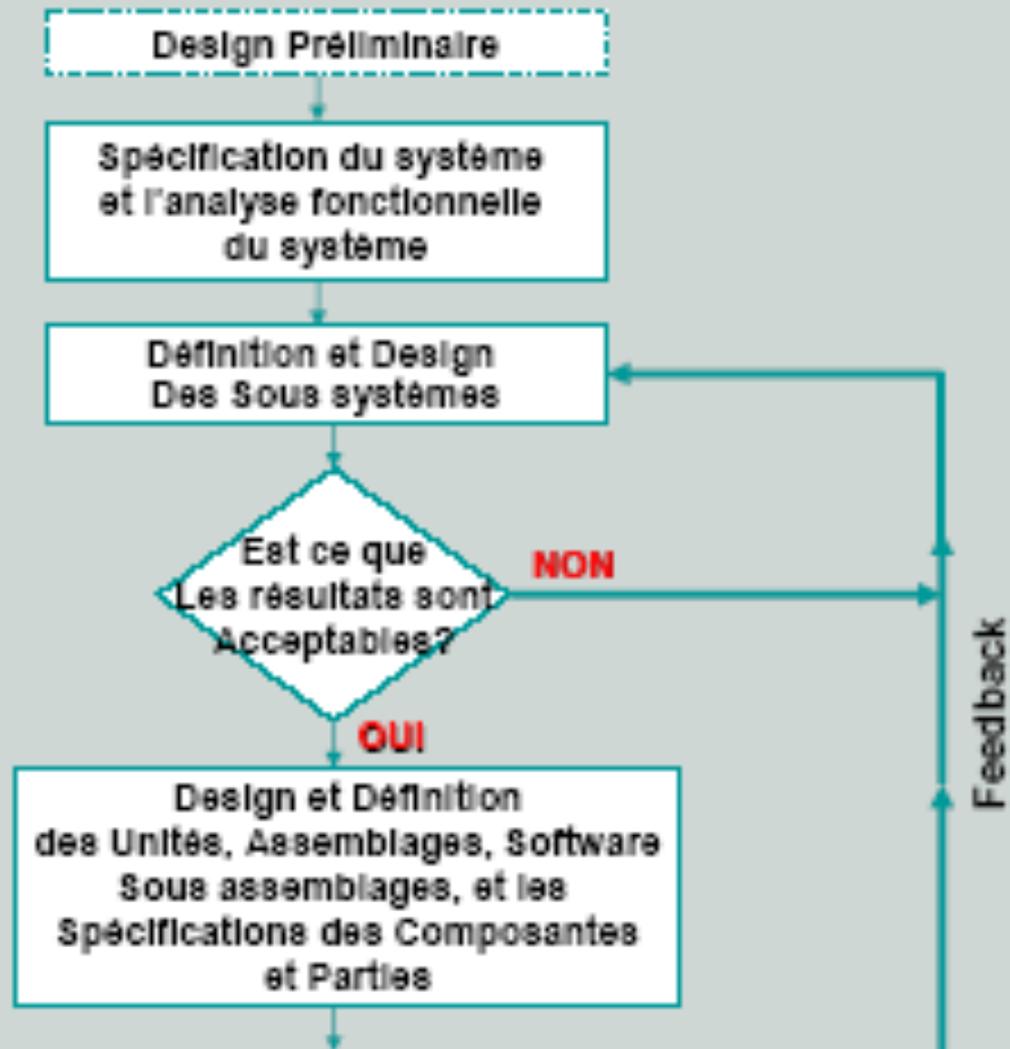
# Design team (Équipe du design)

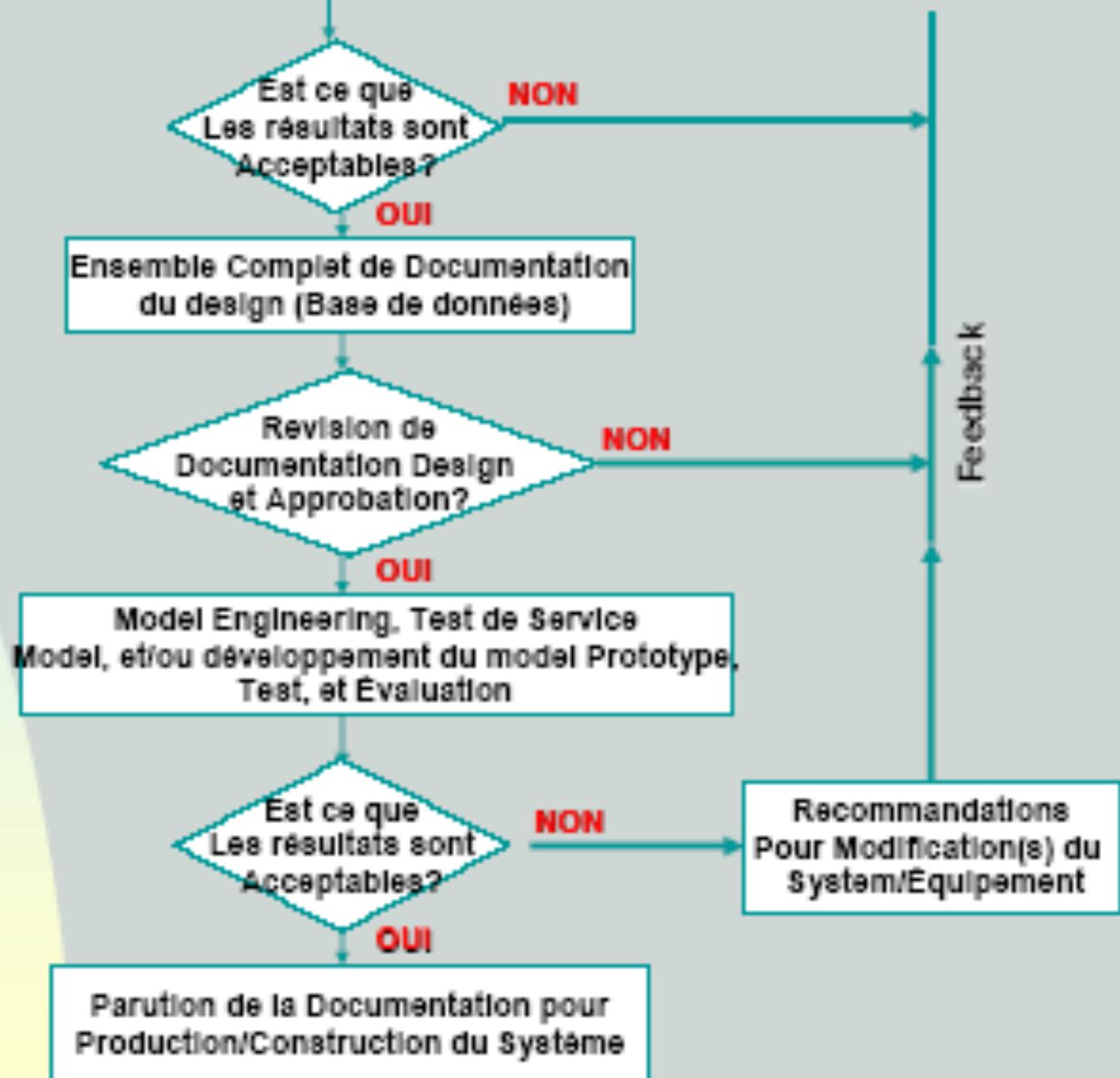
- ❖ L'activité de design nécessite « **Team Approach** »
- ❖ Pendant les phases conceptuelles et préliminaires, on a besoin de peu de gens très qualifiés. (highly qualified). On a surtout besoin de gens qui croient et comprennent **l'approche système**.
- ❖ Plus on avance, plus on a besoin de gens qualifiées.
- ❖ L'objectif est de placer la bonne personne et le bon matériel au moment opportun. Ça peut inclure la combinaison de:
  1. **Expertise Technique** en engineering (Ingénieurs mécaniciens, ingénieurs électronique, ingénieurs informatiques...)
  2. **Support technique** en engineering (Techniciens, modélistes, programmeurs, techniciens de test...)
  3. **Support non technique** (marketing, Contrats, Budgétisation, comptabilité...)

# Intégration des disciplines d'engineering



# Évolution du design détaillé





# Évolution du design détaillé (suite)

- ❖ Le processus est **itératif**, du niveau système à la configuration du produit.
- ❖ Il y a des « **vérifications et balances** » dans la forme de révisions à chaque étape du design, et la boucle de feedback permet des actions correctives.
- ❖ Lorsque le niveau de détail augmente, il y a développement de données décrivant l'article qui peuvent être présentées comme une **description digitale** de l'article dans une base de données électronique, en dessins, listes

## 4. Les Aides du design Détaillé

- ❖ L'achèvement du design avec succès dépend généralement de la disponibilité d'outils appropriés qui va aider l'équipe de design pour accomplir ses objectifs d'une manière effective et efficace.
- ❖ L'application de **CAD/CAE (CAO/IAO)** permet la projection et l'évaluation de plusieurs alternatives de design très tôt dans le cycle de vie.
- ❖ A travers une bonne utilisation des technologies de design, le designer est capable de produire un design robuste très rapidement, tout en réduisant le risque global.
- ❖ De plus, l'utilisation de modèles analytiques (computer-based) peut faciliter la synthèse, l'analyse et l'évaluation à chaque niveau de la hiérarchie du système. (la **simulation numérique**)
- ❖ CAO permet aussi de construire le **modèle en 3D**, de n'importe quel élément du système ce qui permet de gagner beaucoup.

## 4. Les Aides du design Détaillé (suite)

- ❖ Des maquettes peuvent être construites à n'importe quelle échelle voulue et à n'importe quel détails en fonction de ce qu'on veut comme résultat. Des personnes qualifiées pour ça et les matériaux doivent être utilisées pour optimiser le temps de maquettes.
- ❖ Enfin pour la cas de développement de software, il est préférable de créer des prototypes rapidement. (**rapid prototyping**). C'est une pratique qui est souvent implémentée et devient nécessaire dans le processus de l'engineering du système.

## 5. Documentation du design détaillé

- ❖ Vu l'avancement rapide des technologies des systèmes d'information, les méthodes pour décrire de façon détaillée le design changent rapidement.
- ❖ L'information peut être stockée sous forme de représentations en 3D, sous forme d'un dessin linéaire 2D, sous forme digital, ou bien une combinaison de tout ceci.
- ❖ En utilisant les outils numériques, le design peut être rapidement présenté dans le détail et dans un format facilement modifiable.

## 5. Documentation du design détaillé (suite)

- ❖ Avec toute cette technologie numérique, des fois on a besoin de **moyens classiques** pour décrire notre design, à savoir:
  1. **Les plans de design (dessins)**. Dessins d'assemblage, Dessins de control, Diagrammes logiques, dessins d'installation...
  2. **Listes de matériels et de pièces de rechanges**
  3. **Analyses et rapports**. Rapports des études de trade-off, analyses de maintenabilité et de fiabilité, les rapports de sécurité...

## 6. Développement d'un prototype du système

- ❖ Jusqu'ici tout a été fait de façon théorique et analytique. Il y a comme même un besoin de vérifier tout ça en utilisant les différentes composantes du système.
- ❖ i.e Un objectif du design détaillé est de développer le software, le hardware, et les éléments appropriés de maintenance et de support logistique; combiner et intégrer ces éléments dans une configuration propre; et d'accomplir le test et l'évaluation pour **démontrer physiquement** que les exigences du système sont respectées.
- ❖ Ainsi le design peut être évalué à partir de la construction et l'utilisation d'un **modèle physique**.

# Types de modèles

## Modèle engineering

- ❖ Représente un système fonctionnel, ou un élément du système qui montrera les caractéristiques de performance du système définies dans les spécifications.
- ❖ Il peut être développé dans la phase préliminaire ou la phase détaillée. Il est utilisé principalement pour vérifier la faisabilité technique d'un article ou élément.
- ❖ Ce n'est pas nécessaire qu'il représente le système en termes de dimensions physiques (forme, ...)

## Modèle de test de service

- ❖ Représente un système fonctionnel ou bien un élément de système qui peut refléter le produit final en termes de performance fonctionnelle et de dimensions physiques.
- ❖ Des composantes de substitut peuvent être utilisées tant que le système fonctionne proprement.
- ❖ Il peut être développé dans la phase de design détaillé pour vérifier l'interface performance fonctionnelle – configuration physique.

## Modèle Prototype

- ❖ C'est la configuration production du système dans tous ses aspects de forme, d'adaptation, et de fonction sauf qu'il n'est pas qualifié en termes de tests opérationnel et environnemental
- ❖ Le modèle peut être obtenu à travers une série de configuration hardware comme un modèle engineering et un modèle test de service, ou bien directement d'une maquette.
- ❖ Le prototype de l'équipement principal, software et des éléments de support logistiques associées est produit à la phase détaillée pour accomplir le test et l'évaluation final du système/équipement avant d'entrer dans la production ou bien la construction.

# Classification des modèles

## Modèles Physiques

- ❖ Ce sont des équivalents géométriques, que ça soit en miniatures, en largement ou bien des duplicata de même échelle.
- ❖ Certains modèles physiques sont utilisés dans la simulation. Exemple On peut tester un design d'un assemblage de queue d'avion avec juste un modèle d'avion dans le tunnel au vent.

# Modèles Analogues

- ❖ Dans ce cas on s'intéresse à la similitude dans les relations.
- ❖ Ils peuvent être de nature physique, on utilise par exemple des circuits électriques pour représenter un système mécanique, un système hydraulique ou bien même un système économique.
- ❖ En utilisant un computer digital comme modèle du système l'analogue est plutôt abstrait. Il est représenté par des symboles dans le programme et non par la structure physique des composantes du computer.
- ❖ L'analogue peut être un sous système partiel ou bien presque une représentation complète du système.

# Modèles Schématiques

- ❖ Ce sont les cartes et diagrammes.
- ❖ Une représentation d'un jeu de foot consiste à le représenter sur un tableau avec des codes tout simplement.
- ❖ Une carte organisationnelle est un modèle schématique courant. C'est une représentation de relations formelles existantes entre différents membres de l'organisation.
- ❖ La valeur du modèle schématique dépend de son aptitude à décrire les aspects essentiels de la situation existante.
- ❖ Après que le modèle soit analysé , une solution proposée peut être définie, testée et implémentée.

# Modèles Mathématiques

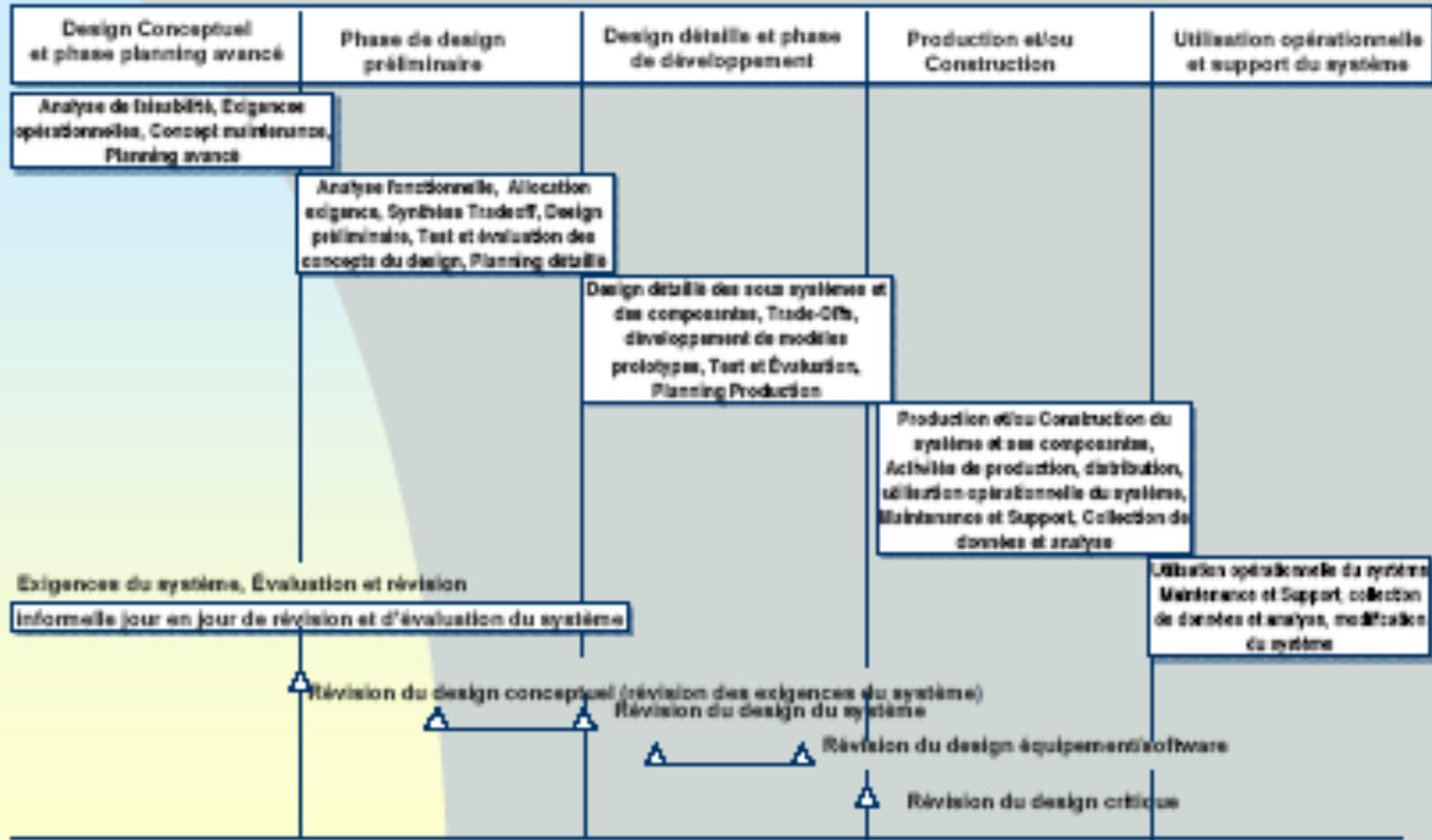
- ❖ Un très haut degré d'abstraction mais il est très utile.
- ❖ Il peut être une description puis une explication du système qu'il représente.
- ❖ Le modèle mathématique peut être **descriptif** ou bien **prescriptif**.
- ❖ **Descriptif** pour prédire un résultat. Lois de mouvement de newton, lois d'ohm sont formulées mathématiquement et peuvent être utilisées pour prédire certains résultats lorsqu'il s'agit de phénomènes physiques.
- ❖ **Prescriptif** pour contrôler (optimiser) un résultat. En control de qualité, un modèle mathématique peut être utilisé pour contrôler la proportion de défauts que peut accepter un fournisseur...

# 7. Révision du design détaillé

Doit être planifiée avec le client

- ❖ Ils existent pour chaque système **04 révisions formelles**: révision en phase **conceptuelle**, révision en phase **préliminaire** et 02 révisions en phase détaillée révision de l'équipement/software et révision du design critique.
- ❖ La figure ci-dessous montre les différentes révisions le long du cycle de vie.

# 04 types de révisions formelles



# Révision du design équipement/software

- ❖ Ces révisions sont programmées pour couvrir les équipements, software et autres éléments du système au dessous des sous systèmes et qui ne sont pas couverts dans la partie préliminaire.
- ❖ Dessins mécaniques et électriques, diagrammes fonctionnels et logiques, programmes (Soft) matériels et composantes sont nécessaires pour supporter la révision du design d'équipement/software.

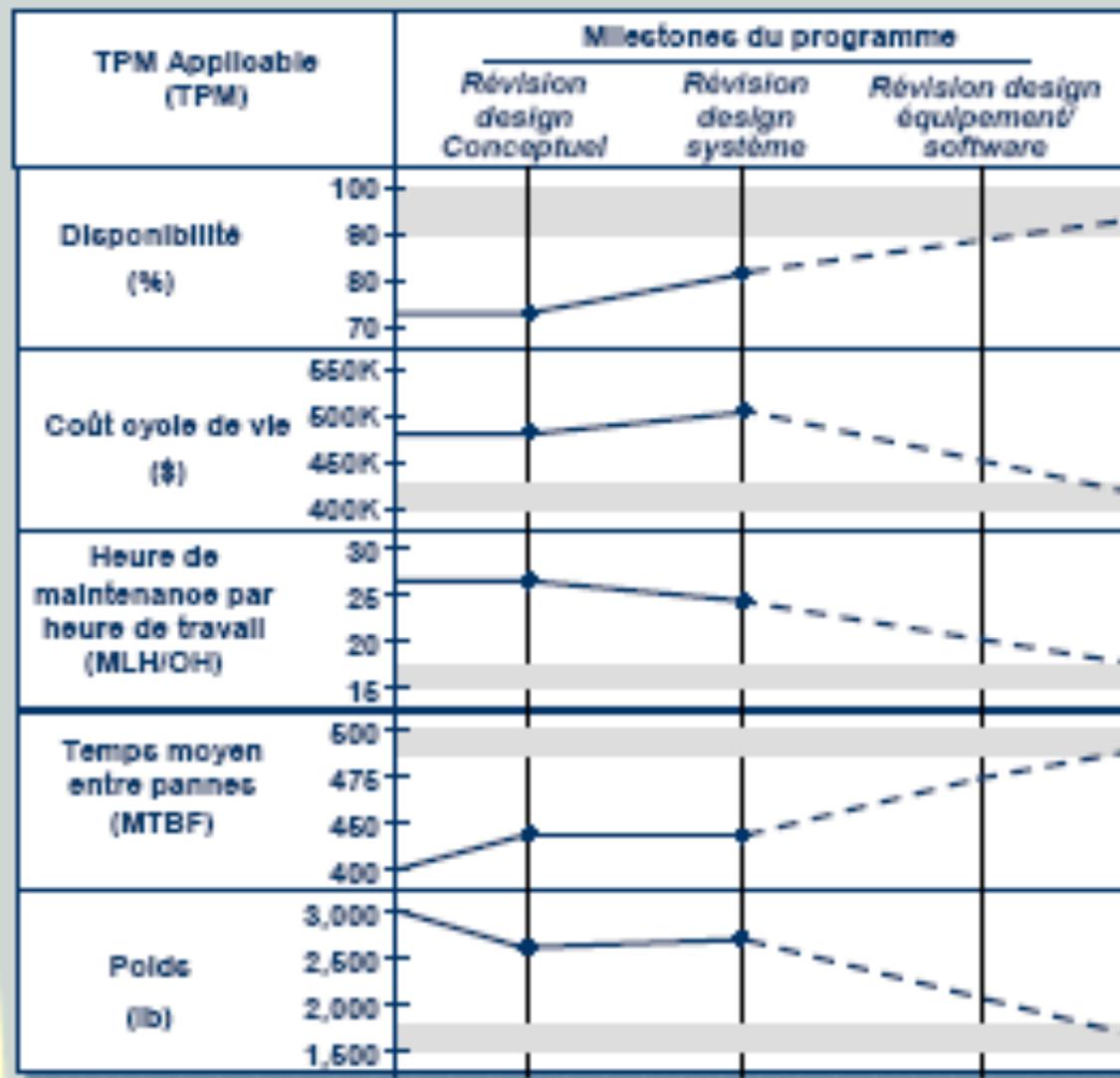
# Révision du design critique

- ❖ La révision de design critique est généralement programmée après l'achèvement du design détaillé, mais avant la production et/ou construction.
- ❖ L'objectif est d'établir une ligne de base du produit.
- ❖ A ce point il n'y a plus de design et les méthodes de production construction, les coûts et les programmations sont re-évaluées pour approbation finale.
- ❖ Ce type de révision couvre tous les efforts de design accomplis après l'achèvement de révision de l'équipement/software. Ça inclut tous les changements résultants des recommandations pour des actions correctives dues aux révisions d'équipement/software.
- ❖ Avant la production, il faut évaluer le produit en termes d'impact environnemental, acceptation sociale et aussi facteurs politiques

# But de la révision du design

- ❖ L'objectif de la révision est de définir comment est la configuration du design vis-à-vis des caractéristiques désirées du produit.
- ❖ Les TPM établies et priorisées dans la phase conceptuelle doivent être mesurées au fur et à mesure qu'on avance dans le design pour les comparer.
- ❖ La figure suivante montre 05 types de paramètres, les mesures associées les limites maxi et mini. S'il y a une tendance de s'éloigner il faut prendre des actions correctives. Sinon, si on converge aucune action n'est prise.

# TPM et évaluation aux révisions



--- Evolution projetée  
 Rang de la cible design

# Planning pour la révision du design

1. Identification de l'article pour révision
2. Sélectionner une date pour la révision
3. Le lieu de la révision
4. Un agenda pour la révision
5. Un tableau de révision de design représentant les éléments organisationnels et les disciplines
6. Exigences des équipement et/ou software pour révisions
7. Exigences de données et de design pour révisions
8. Suivre les responsabilités et le respect des délais.

# *Systems Engineering*

**Abdellatif MEGNOUNIF**

**Semaine Prochaine**

# **Évaluation et Test du Système**

**Merci. Fin du Chapitre 5**