

Systems Engineering I

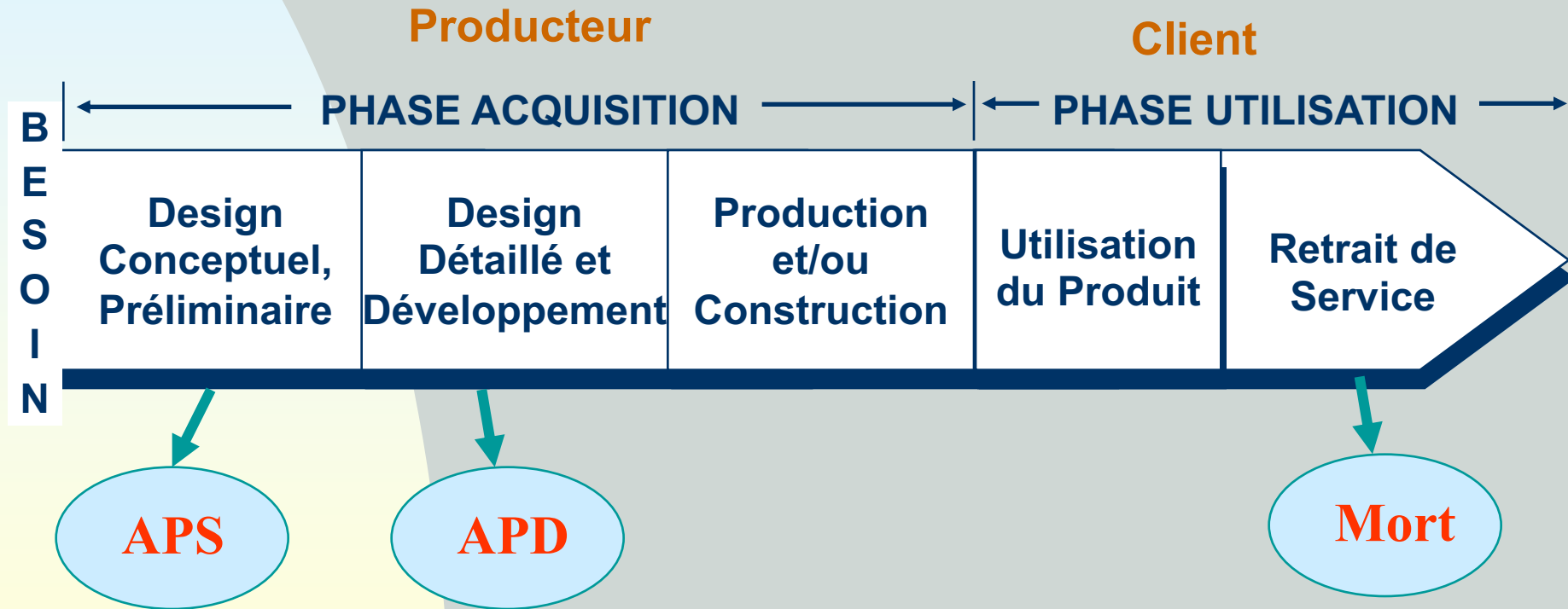
Abdellatif MEGNOUNIF

Chap. 3

Design Conceptuel (Conception du Système)

Cycle de Vie d'un Système

Exemple de cycle de vie.



Introduction

Le design conceptuel est la fondation sur laquelle reposent toutes les autres phases du cycle de vie d'un système (design préliminaire, design détaillé, développement...)

Dans cette phase conceptuelle, les besoins du client et ses exigences sont transformés en critères de design nécessaires pour la suite du design (préliminaire et détaillé)

“The beginning is the most important part of the work”

Plato, 4th Century, B.C



1. Identification du Besoin

- ❖ L'identification du besoin (j'ai besoin de, je veux, je désire) pour de nouvelles entités ou bien pour l'amélioration d'un système existant marque le début d'une analyse systémique et est la plus importante.
- ❖ L'état d'un besoin doit être présenté en termes qualitatifs et quantitatifs bien spécifiques et doit avoir suffisamment de détails pour justifier le passage à l'étape suivante.
- ❖ Bien définir les attributs clés du système .
- ❖ Inclure les limitations/capacités initiales du système.
- ❖ C'est l'étape la plus difficile.
- ❖ Doit impliquer le client.



2. Analyse de faisabilité

- ❖ Il faut identifier les approches de design possibles (**alternatives**) du sous système (béton ou acier, ...)
- ❖ Il faut évaluer chaque alternative en se basant sur
 - ◆ La performance
 - ◆ Efficacité
 - ◆ Maintenance et support logistique
 - ◆ Critères économiques
- ❖ Recommander les alternatives retenues et essayer de réduire le nombre pour mieux analyser leur faisabilité, en fonction de la disponibilité des ressources matérielles, humaines et financières.

A cette étape, tout se décidera et les estimations peuvent être faites.

Le type de technologie à utiliser sera connu et s'implique directement dans la fiabilité et la maintenabilité. Cette technologie peut affecter tout le processus de production et affecter le coût du cycle de vie.

3. Planning avancé du système

**Il You Fail to Plan then
You're Planning to Fail.**

3. Planning avancé du système

Le planning avancé des activités établit un projet pour le design conceptuel d'un système. Il doit inclure:

- ❖ Communication avec le client pour obtenir une description profonde du besoin.
- ❖ Achèvement de l'analyse de faisabilité pour déterminer les technologies applicables au besoin (**approche technique au design**).
- ❖ Définition des exigences opérationnelles d'un système.
- ❖ Développement du concept de support et maintenance du système.
- ❖ Identification et établissement des priorités des mesures de performance techniques.
- ❖ Achèvement de l'analyse fonction du top niveau.
- ❖ Préparation de spécification du système (**Whats vs. Hows, Quoi vs. Comment**)
- ❖ Révision du design conceptuel

4. Analyse des exigences du système

- ❖ Les activités de l'analyse des exigences, de l'analyse fonctionnelle, de l'allocation des exigences... sont de nature **itérative**.
- ❖ 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

Après l'analyse des besoins et la sélection d'une technique de faisabilité, il faut utiliser ces informations pour définir des exigences opérationnelles qui peuvent être:

Distribution opérationnelle et déploiement. Nbr de sites (du client) où le système sera implanté, emploi du temps de distribution géographique, type et nbr de composantes dans chaque location...

Profile de la mission et scénario. Identification de la mission principale du système et des missions secondaires (vol d'un avion entre 02 villes, route pour voiture, nbr de produits à produire dans une usine...)

Performance et paramètres liés. Définition des caractéristiques de base opérationnelles ou bien des fonctions du système. (capacité, rang, taille, poids, puissance d'entrée,

Exigences d'utilisation. Utilisation anticipée du système. Fonctionnement d'équipement heures/jour, cycle on-off / mois...

Exigences Opérationnelles (Suite)

Exigences d'efficacité. Exigences du système en incluant l'efficacité coût/système, disponibilité opérationnelle, dépendance, temps moyen de fiabilité entre panne, taux de panne...

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. (température, choc, vibration, bruit, humidité, terrain plat ou montagneux...)

En résumé, il faut répondre à ces questions.

Quelles sont les fonctions, le système exécutera?

Quand le système sera sollicité pour exécuter ses fonctions et pour combien de temps?

Où sera utilisé le système?

Comment le système accomplira ses objectifs?

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

- ◆ Sur site (pas trop importante, ne nécessite pas un personnel très qualifié).
- ◆ Dans un lieu intermédiaire proche de l'utilisateur/consommateur (nécessite un personnel moyennement qualifié)
- ◆ En entrepôt (c'est sérieux, nécessite des moyens importants et un personnel très qualifié)

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

Exigences de Maintenance et de Support (suite)

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 (pièces détachées et de réparation, inventaires, donnée d'approvisionnement), équipement de tests et de support, personnel et formation, transport et manutention...

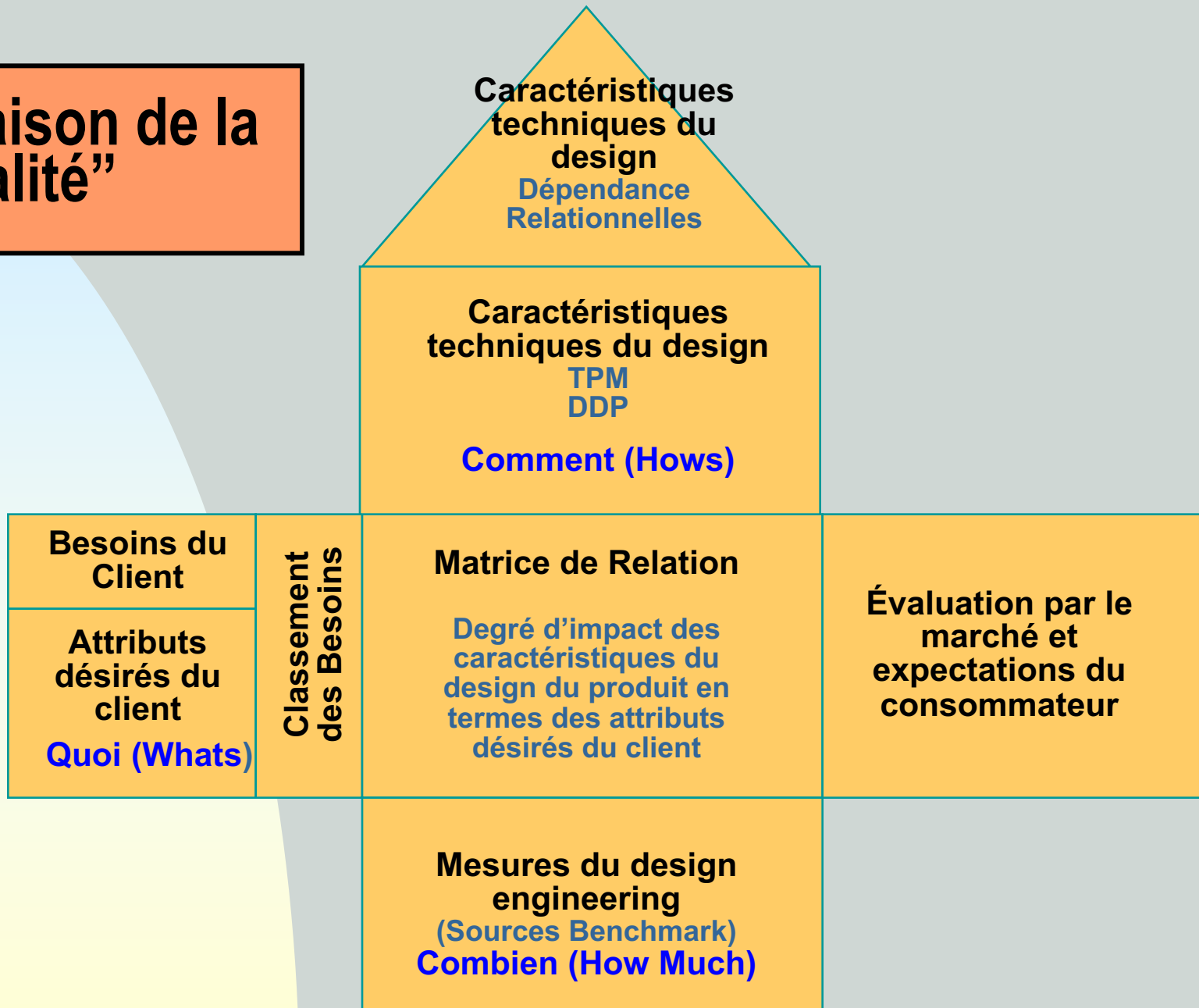
Exigences d'efficacité. Facteurs d'efficacité associés à la capacité du support. (probabilité qu'une pièce détachée soit disponible quand on a besoin, quantité de commande économique par rapport à l'inventaire...)

Environnement. Relié à la maintenance et le support (température, humidité, choc, vibration, bruit...)

5. Mesures Techniques de Performance (TPM)

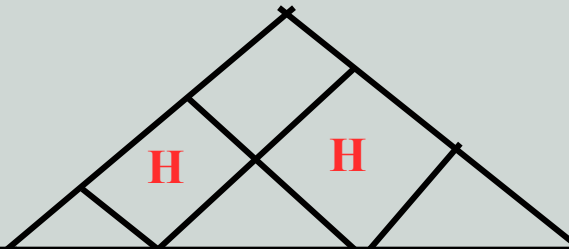
- ❖ Critères de design qualitatifs et quantitatifs seront élaborés à partir des exigences opérationnelles et de maintenance et support.
- ❖ Les facteurs quantitatifs sont mesurables (TPM). Ils conduisent généralement à l'identification des paramètres dépendant du design (DDP) et les caractéristiques désirées qui doivent être incorporées dans le design.
- ❖ Ces facteurs doivent être établis avec leurs priorités en fonction du degré d'importance comme le voit le client.
- ❖ Pour faciliter communication consommateur/producteur utiliser plutôt la technique du déploiement de la fonction qualité (**Quality function deployment QFD**) .
- ❖ Le but de la QFD est d'établir les exigences nécessaires et de les transformer en solutions techniques.
- ❖ Le processus de la QFD implique la construction de matrices, la 1^{ère} est appelée Maison de la qualité (**House of Quality HOQ**)

“Maison de la Qualité”



Exemple de la Maison de la Qualité

H: relation positive



> Notre produit est supérieur
 = même
 < notre produit est inférieur à celui du concurrent

	Degré d'importance	Vitesse	Utiliser les nouvelles technologies	Intelligence	Poids demandé	Poids demandé relatifs	Équipe A	Équipe B
Rester dans les limites du budget	20	5	1		120	16.90%	=	=
Durée	20			2	40	5.63%	=	=
Utiliser les nouvelles technologies	15		9		135	19.02%	>	=
Mobilité	25	6		5	275	38.73%	>	>
Cycle de vie	20	3		4	140	19.72%	=	=
IMPORTANCE TECHNIQUE	ABSOLUE	310	155	245	710			
	RELATIVE	43.6%	21.83%	34.50%	0			
Valeurs de la cible objectifs		Plus rapide	Composantes	Plus que les autres				

6. Analyse fonctionnelle et Allocation

- ❖ L'analyse fonctionnelle est le processus de transformer les exigences du système en critères de design détaillés, avec les exigences spécifiques des ressources au niveau du sous système et dessous.
- ❖ Une fonction est une action spécifique ou discrète nécessaire à l'accomplissement d'un objectif donné.
- ❖ L'objectif de la fonction est de spécifier les « quoi » et non les « comment » (i.e **qu'**est ce qu'on a besoin d'accomplir versus **comment** il doit être fait)
- ❖ Aucun équipement ou élément ne pourra être identifié et acheté sans qu'il soit justifié à travers une analyse fonctionnelle.

Diagramme d'une Activité de l'analyse fonctionnelle

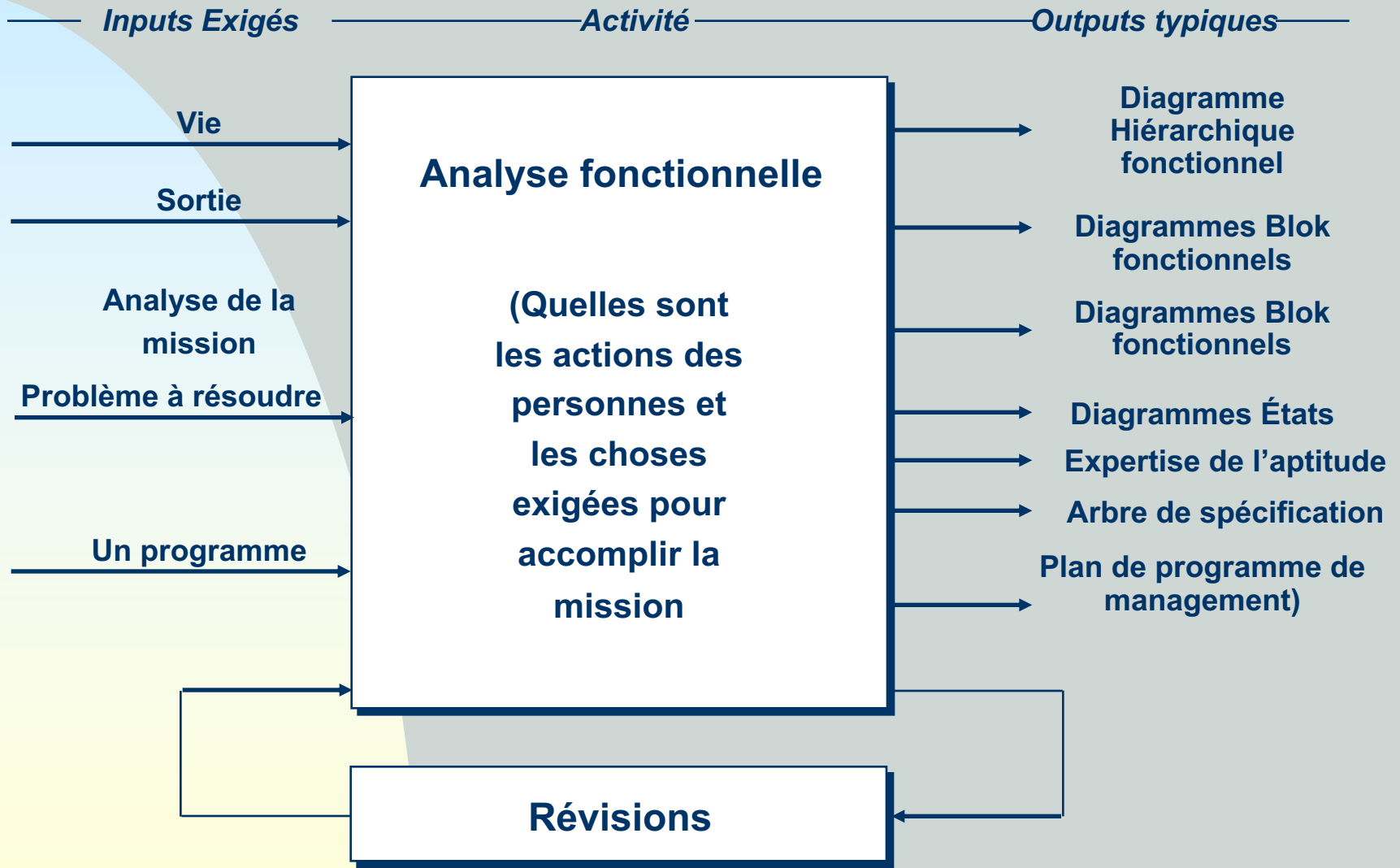
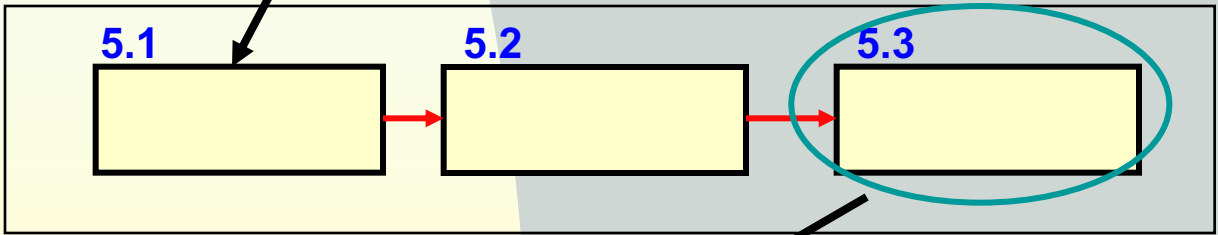
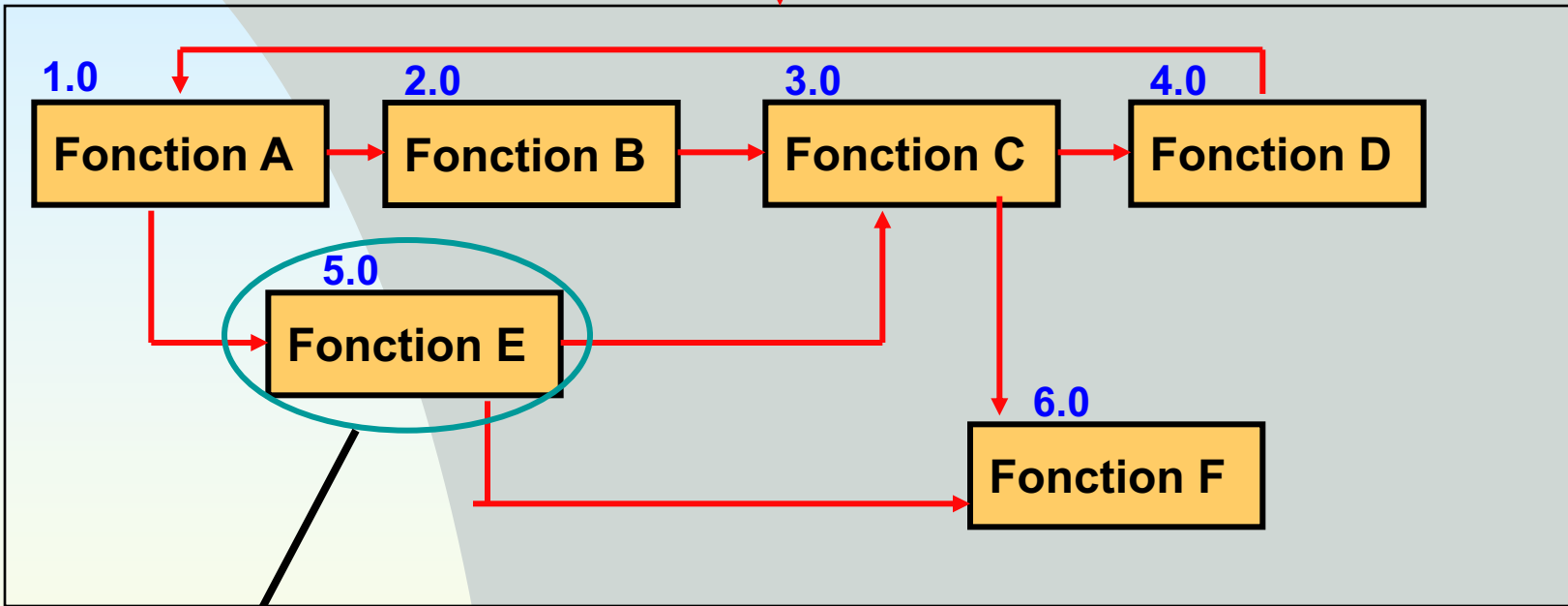


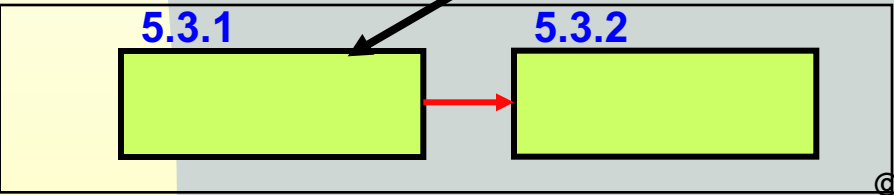
Diagramme en Block

Exigences du système

Fonctions Top-niveau du système



Fonctions second niveau

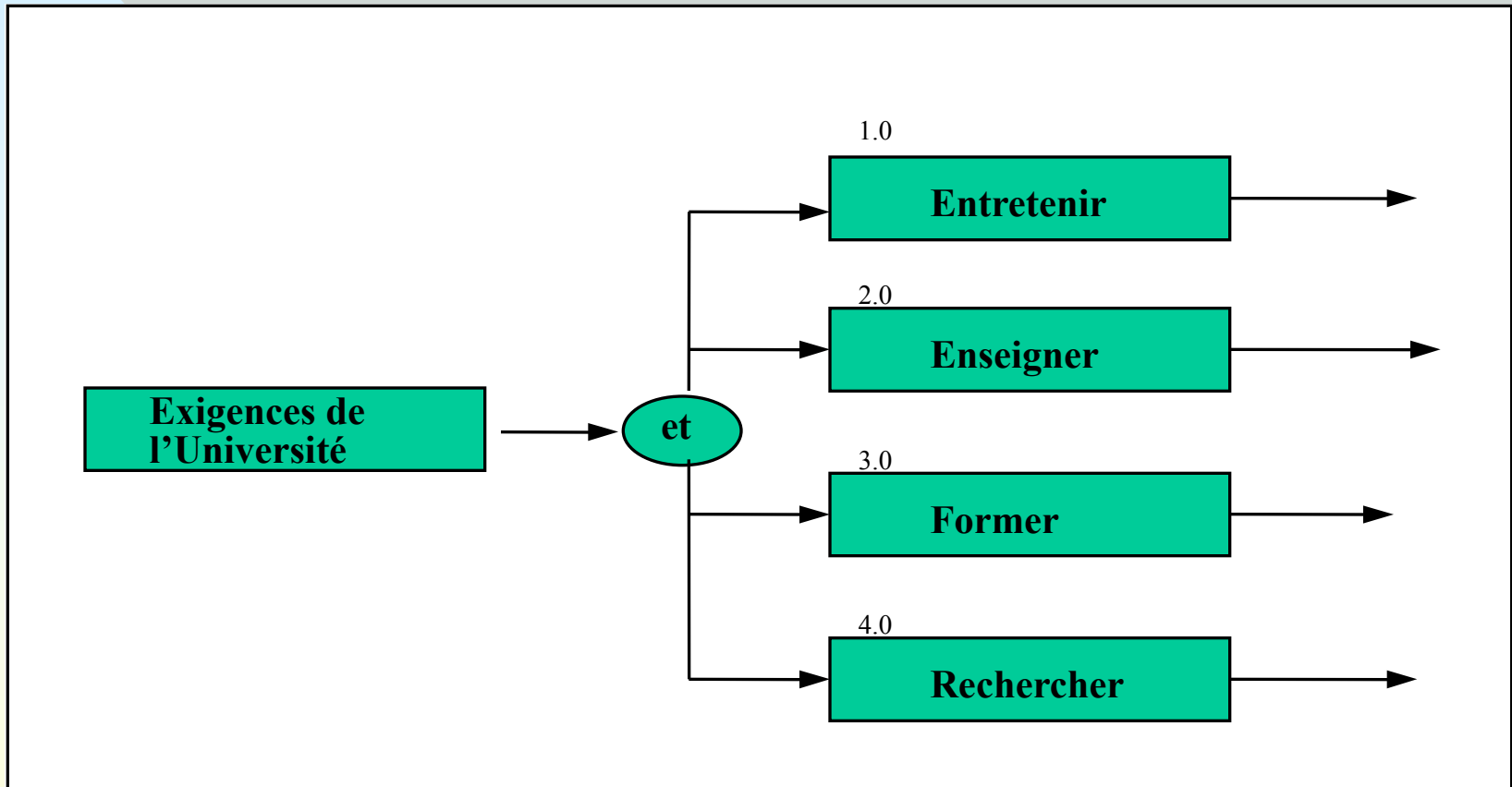


Fonctions 3^{ème} niveau

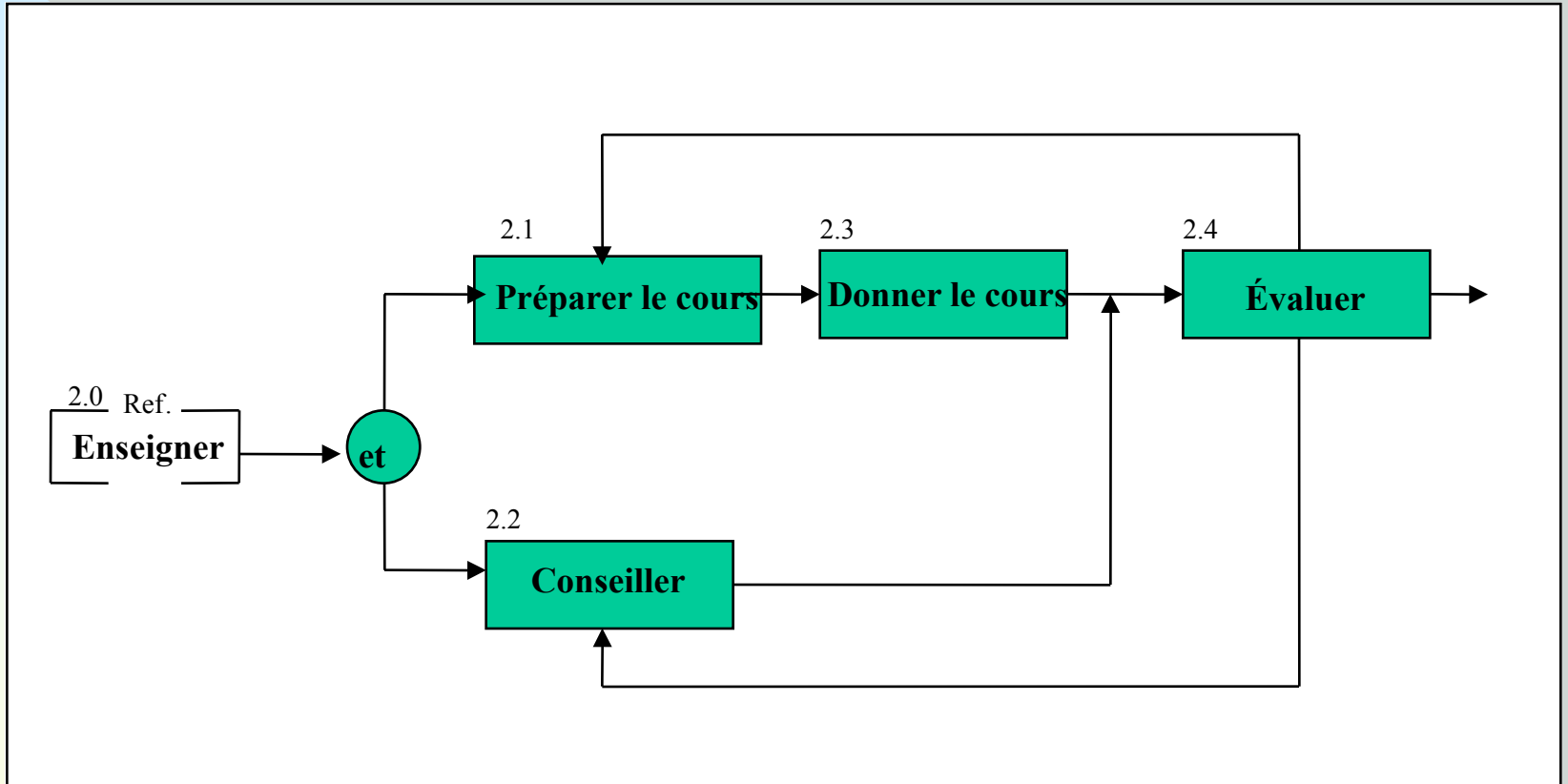


Exemple de diagramme Fonctionnel

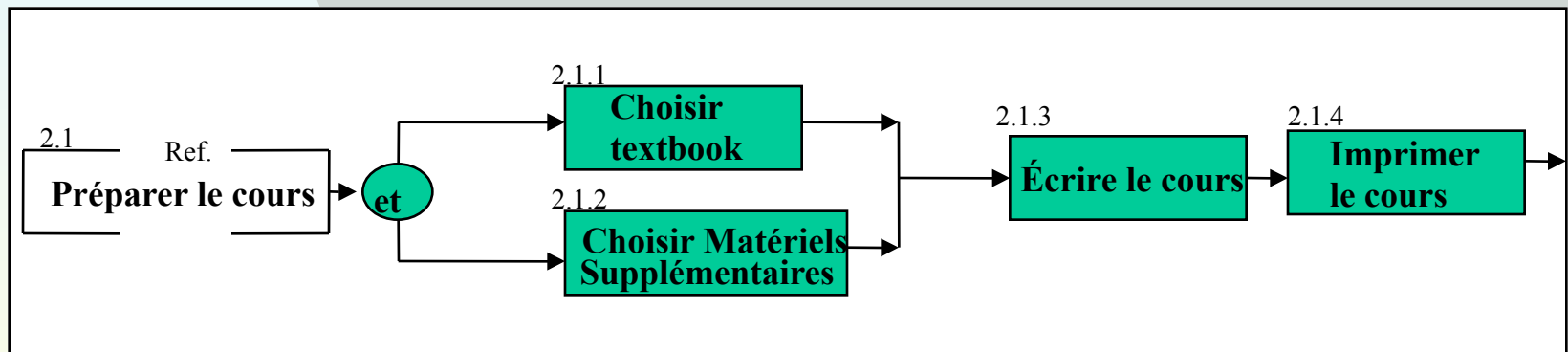
1^{er} Niveau



2^{ème} Niveau



3^{ème} Niveau



Allocation Fonctionnelle

- ❖ **Au top-niveau, connaissant la description du système en termes fonctionnels, l'étape suivante est de combiner des fonctions similaires suivant des subdivisions logiques, identifier les sous systèmes majeurs et les éléments de niveau inférieur.**
- ❖ **En même temps les « quoi » sont transformés en « comment » et le système est divisé en composantes.**

7. Synthèse, Analyse et Évaluation

Pour **évaluer** il faut:

- ❖ définir les critères et les mesures contre lesquelles on va évaluer notre système. (TPM, DDP applicables)
- ❖ Sélectionner une technique d'évaluation.
- ❖ Sélectionner ou développer le modèle pour faciliter le processus d'évaluation.
- ❖ Acquérir les données input nécessaires
- ❖ Évaluer chaque candidat considéré.
- ❖ Faire une analyse de sensibilité et identifier les zones à risque
- ❖ Recommander une action.

Analyse trade-off conduit généralement à la **synthèse**.

La **synthèse** est la combinaison et la structuration des composantes dans la manière telle qu'elle représente une configuration d'un système faisable.



8. Spécification du système

Spécification du système comprend

- ❖ **Information sur l'analyse de faisabilité**
- ❖ **Information sur les exigences opérationnelles**
- ❖ **Information sur les concepts de maintenance et de support**
- ❖ **Information sur l'analyse fonctionnelle et allocation**
- ❖ **Performance technique**
- ❖ **Caractéristiques opérationnelles et de support du système comme un tout.**
- ❖ **L'allocation des exigences des zones fonctionnelles.**
- ❖ **Définition des différentes interfaces entre les zones fonctionnelles.**

9. Révision du design conceptuel

Doit être planifiée avec le client

La révision sert généralement un certains nombres de résolutions:

- ❖ **Audit (vérification formelle) du système/sous systèmes proposés en respect des exigences de spécifications. Points importants sont discutés et des actions correctives sont menées.**
- ❖ **Une base pour tout le personnel du projet. Elle sert comme une bonne communication et crée une bonne compréhension entre les différents membres.**
- ❖ **Des possibilités de résoudre des problèmes d'interfaces et assurent la bonne compatibilité des éléments du système.**
- ❖ **Donne une grande probabilité de maturité du design et l'introduction des toutes dernières technologies.**

Pour le design conceptuel de préférence 4 à 8 semaines après le début du programme

Outils d'un designer

Ingénieur

- ❖ S'Approcher de leurs problèmes de design en utilisant l'analyse et l'optimisation, des outils puissants et précis dérivés de méthodes scientifiques.

Concepteur (Architecte)

- ❖ S'approcher leurs problèmes qualitatives en utilisant des directives, des abstractions, des pragmatiques générées par des leçons apprises de l'expérience (i.e heuristique)

Heuristique

- ❖ **Abstractions d'expérience, confiantes, directives non analytique pour traiter des problèmes mal structurés.**
- ❖ **Elle est utilisée pour une prise de décision, un jugement de valeur et estimation**

Outils Heuristiques

- ❖ **Ne pas supposer que l'état original est le meilleur, ni même le bon.**
- ❖ **En partitionnant, choisir les éléments ayant le maximum d'indépendance.**
- ❖ **Simplifier, simplifier, simplifier.**
- ❖ **Performance, coût et durée ne peuvent pas être spécifiés indépendamment. Au moins un des trois doit dépendre des autres.**
- ❖ **Pour peu d'exceptions, le retard dans le délai pourra être accepté, le surcoût par contre ne l'est.**
- ❖ **Une architecture d'une personne est le détail d'une autre personne.**



Outils Heuristiques (Suite)

- ❖ **En introduisant des changements technologiques et sociaux, comment vous le faites est plus important de qu'est ce que vous faites.**
- ❖ **Le succès est défini par une autre personne qui regarde.**
- ❖ **Aucun système complexe n'est optimal à toutes les parties concernées.**
- ❖ **Les plus dangereuses hypothèses sont les inexprimées.**
- ❖ **Si vous ne pouvez pas analyser votre modèle, ne le construit pas.**
- ❖ **L'œil est un architecte fin.**
- ❖ **Si les résultats de comparaison ne peuvent rien conclure, c'est que tu as choisi les mauvais critères.**



Systems Engineering I

Abdellatif MEGNOUNIF

Semaine Prochaine

Design Préliminaire

Merci. Fin du Chapitre 3