

# *Systems Engineering II*

**Abdellatif MEGNOUNIF**

**Chap. 2**

**Design pour la fiabilité**

**COURS 2 Mardi 27.10.2009**

© **Abdellatif MEGNOUNIF** FSI-Tlemcen

# 1. Introduction

Design et développement du système doit aboutir à un produit **opérationnellement faisable**.

Ceci implique que le système va accomplir ses fonctions effectivement et efficacement

Pour cela, il faut s'intéresser de près à des notions comme la fiabilité, la maintenabilité, l'utilisabilité, la supportabilité...

Actuellement, plusieurs systèmes (ou produits) sont très sophistiqués et répondent pleinement aux exigences opérationnelles. Mais, l'expérience montre que ces systèmes restent souvent **inopérationnels**, exigeant une maintenance extensive et des dépenses sur les éléments de support.

Lorsque les éléments de support sont **rares**, la **fiabilité** devient un paramètre important dans le **design** du système.



## 2. Définition

- ❑ C'est la probabilité qu'un système ou un produit accomplira sa mission de manière satisfaisante.
- ❑ La **probabilité** qu'un système accomplira sa mission de manière **satisfaisante** pour une **période** d'utilisation donnée sous des **conditions** opérationnelles spécifiques

# 3. Éléments de fiabilité

## **Probabilité.**

Représente un pourcentage du nombre de fois qu'un événement peut se produire pendant plusieurs essais.

**Exemple:** Un produit fonctionnant 80 heures à une probabilité de survivre de 75%. Donc il fonctionne 80 h, 75 fois sur 100.

Si plusieurs produits similaires fonctionnent sous les mêmes conditions, on peut dire que 75% des produits fonctionnent de manière satisfaisante pour la durée définie.

## **Performance satisfaisante.**

Des critères spécifiques doivent être établis pour décrire ce que c'est « satisfaisant ».

Lié donc à l'analyse des exigences du système (exigences opérationnelles, TPM, les fonctions à accomplir).

Que doit faire le système pour satisfaire les besoins du client.

# Éléments de fiabilité (suite)

## □ Temps. (plus important)

C'est une mesure contre laquelle le degré de performance du système est lié.

Il faut prédire la **probabilité** qu'un produit puisse **survivre** (sans échec) pour une **période** définie.

On parle alors de:

**MTBF**: (mean time between failure) Temps moyen entre deux échecs.

**MTTF**: (mean time to failure) Temps moyen à l'échec

## □ Conditions opérationnelles spécifiées.

Inclut les facteurs **environnementaux**, le profil opérationnel et les impacts potentiels dus aux cycles de température, humidité, vibration et chocs...

Ces facteurs sont considérés non seulement en phase opérationnelle, mais aussi pendant le **stockage**, le **transport**, le **chargement/déchargement**...ça influe sur la fiabilité.

# 4. Calcul de la fiabilité

## 1. La fonction de fiabilité

Appelée aussi la fonction de survie est déterminée de la probabilité qu' un système (ou produit) réussira sa mission au moins pour un temps spécifié.

$$R(t) = 1 - F(t)$$

Où  $F(t)$  : probabilité d'échec du système au temps «  $t$  » ou bien la fonction de distribution d'échec.

Si la variable aléatoire «  $t$  » a une fonction densité  $f(t)$ , la fiabilité devient:

$$R(t) = 1 - F(t) = \int_t^{\infty} f(t) dt$$

Supposons, une fonction densité exponentielle, alors:

$$f(t) = \frac{1}{\theta} e^{-t/\theta}$$

Où  $\theta$  : vie moyenne et « t » le temps de période d'intéret. La fiabilité à « t » devient:

$$R(t) = \int_t^{\infty} \frac{1}{\theta} e^{-t/\theta} dt = e^{-t/\theta}$$

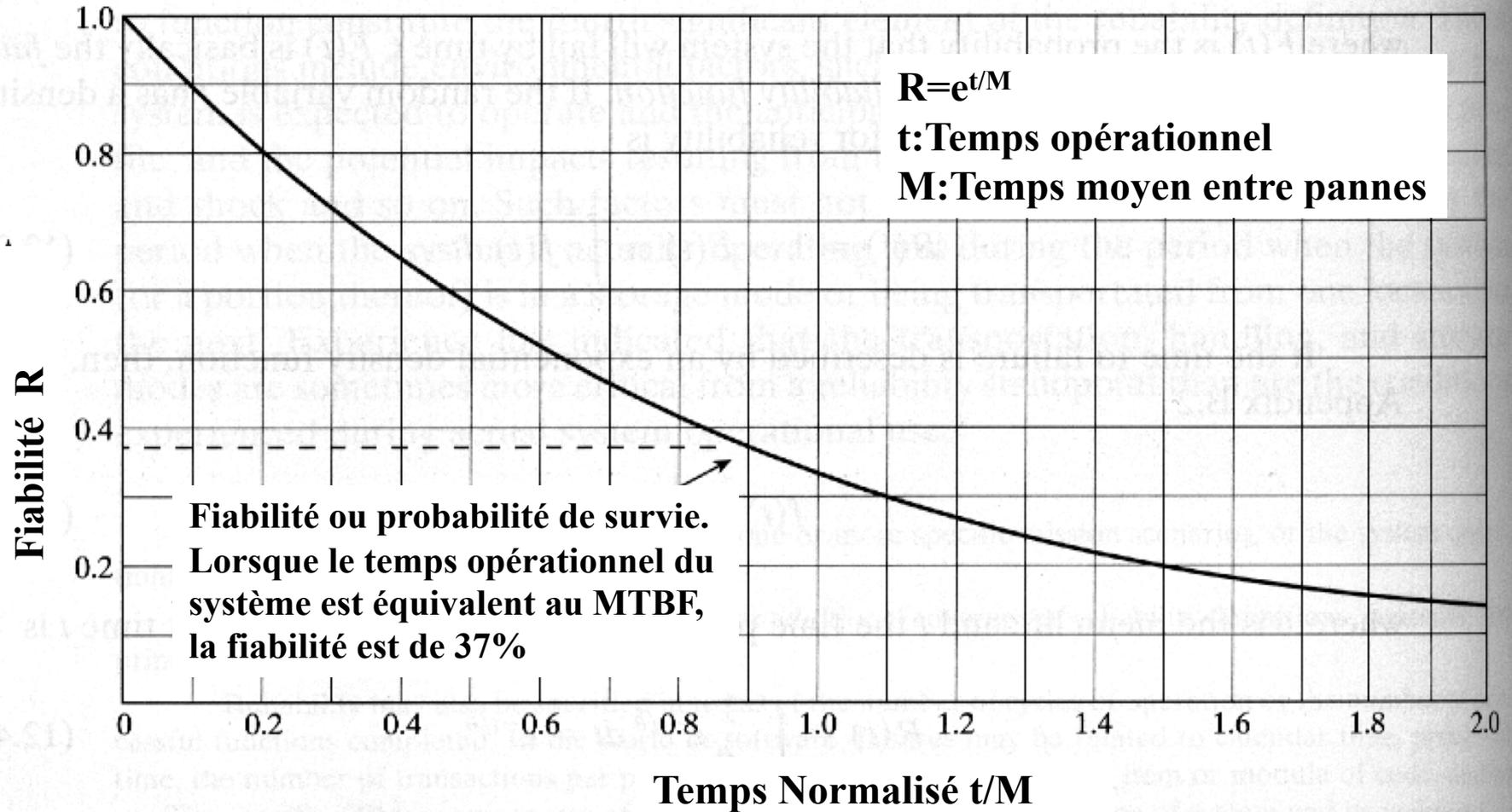
$\theta$  : moyenne arithmétique des vies de tous les articles considérés  
Qui représente pour la fonction exponentielle le **MTBF**.

Posons:

$$M \text{ (MTBF)} = \theta \text{ et } \lambda = 1/\theta \text{ (taux d'échec instantané)}$$

D'autres fonctions de distribution de probabilité peuvent être utilisées: **Binomiale, normale, poisson,  $\gamma$ , Weibull**

# Courbe de fiabilité pour une distribution exponentielle



## 2. Le taux de panne

C'est le taux où les pannes se produisent en un intervalle de temps spécifié.

Le taux de panne par heure est exprimé par:

$$\lambda = \frac{\text{Nombre de pannes}}{\text{Nbr heures Opérationnelles total}}$$

$$\theta = \text{MTBF} = 1/\lambda$$

Le taux de panne peut être exprimé en termes de pannes par heure, pourcentage de pannes par 1000 heures, ou bien pannes par million d'heures.

## Exemple 1.

**10 composantes sont testées pour 600 heures sous certaines conditions de fonctionnement. Ces composantes (non réparables) tombent en pannes comme suit:**

**Composante 1, en panne après 75 heures**

**Composante 2, après 125 heures**

**Composante 3, après 130 heures**

**Composante 4, après 325 heures**

**Composante 5, après 525 heures**

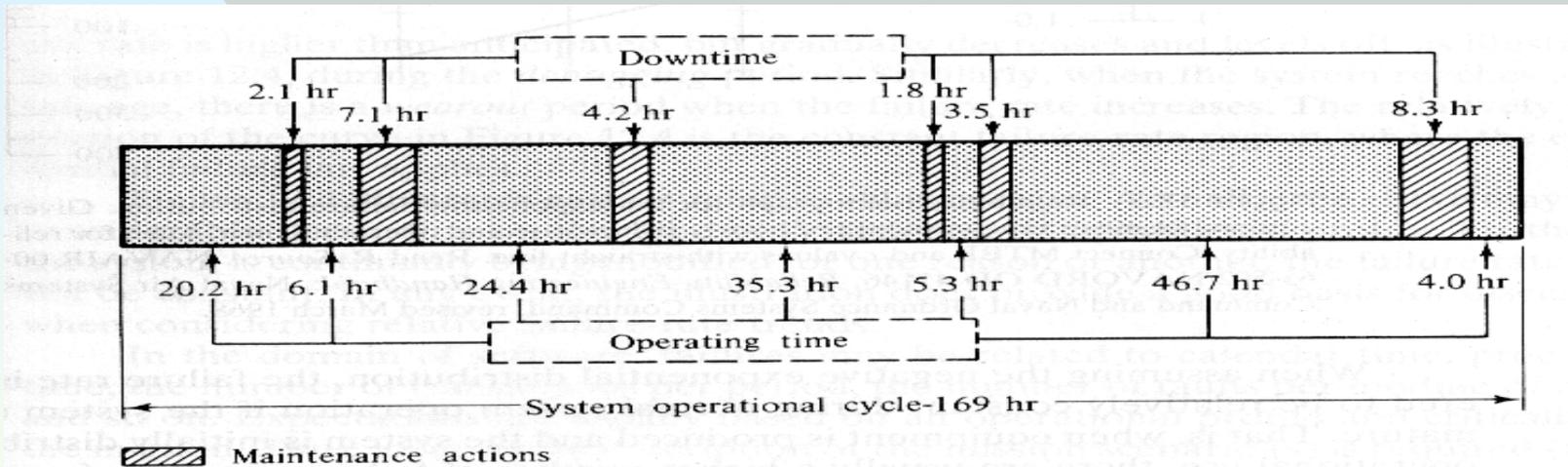
**Nbr de pannes = 5**

**Nbr d'heures opérationnelles = 75 + 125 + 130 + 325 + 525  
+ (5x600) = 4180 heures**

$$\lambda = \frac{\text{Nombre de pannes}}{\text{Nbr heures Opérationnelles total}} = \frac{5}{4180} = 0.001196$$

## Exemple 2.

Supposons que le cycle opérationnel pour un système est de 169 heures (figure). Pendant ce temps, 06 pannes se produisent aux points indiqués. Une panne est définie lorsque le système n'est pas fonctionnelle.



Nbr de pannes = 6

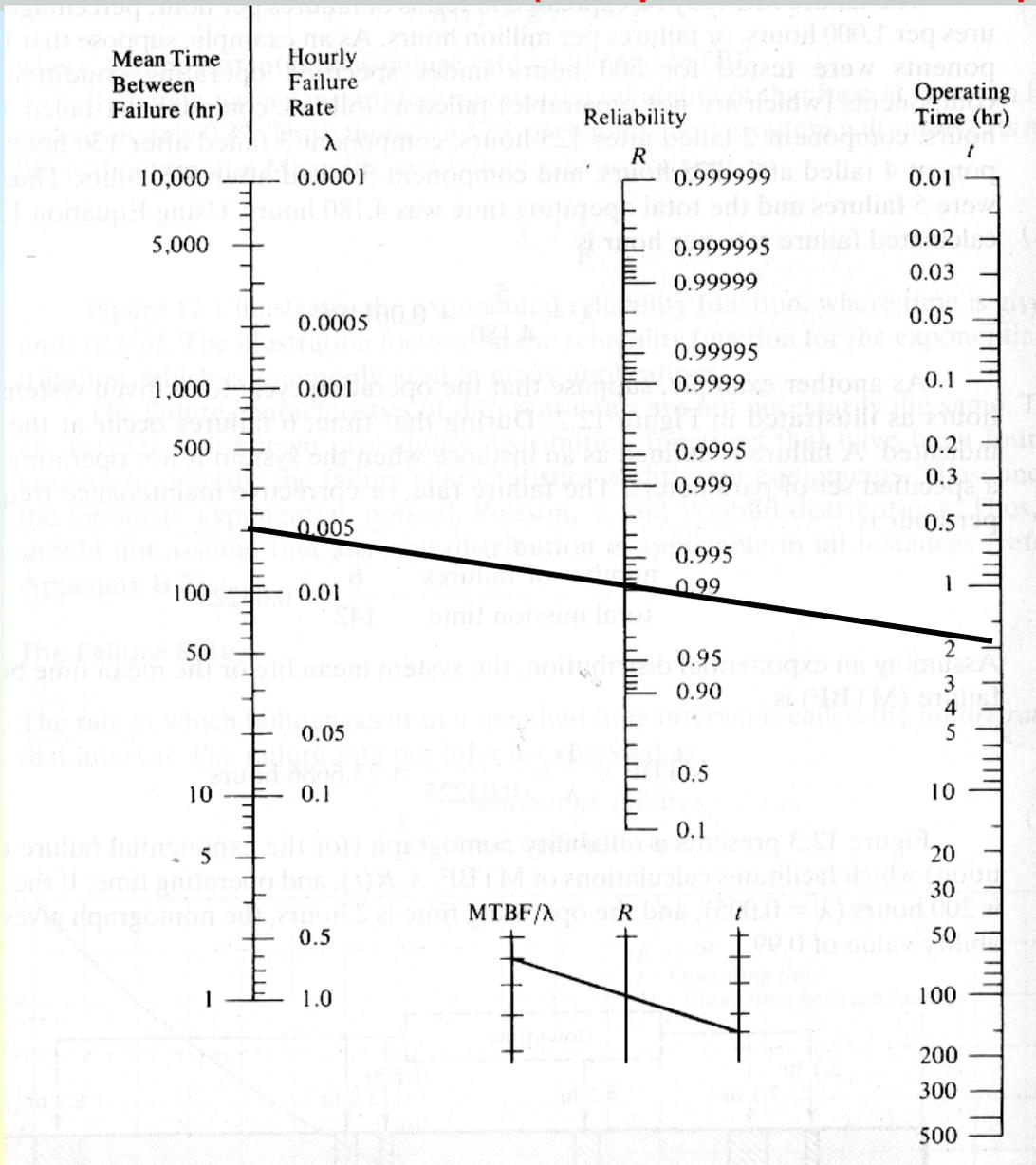
Nbr d'heures opérationnelles =  $169 - (2.1 + 7.1 + 4.2 + 1.8 + 3.5 + 8.3) = 142$  heures

$$\lambda = \frac{6}{142} = 0.04225$$

Et **MTBF** =  $1/0.04225 = 23.6686$  heures

# Nomographe

(exemple de distribution exponentielle)



## Données

MTBF et temps de fonctionnement (heure)

Tracer une droite entre MTBF et Temps et lire  $R(t)$ .

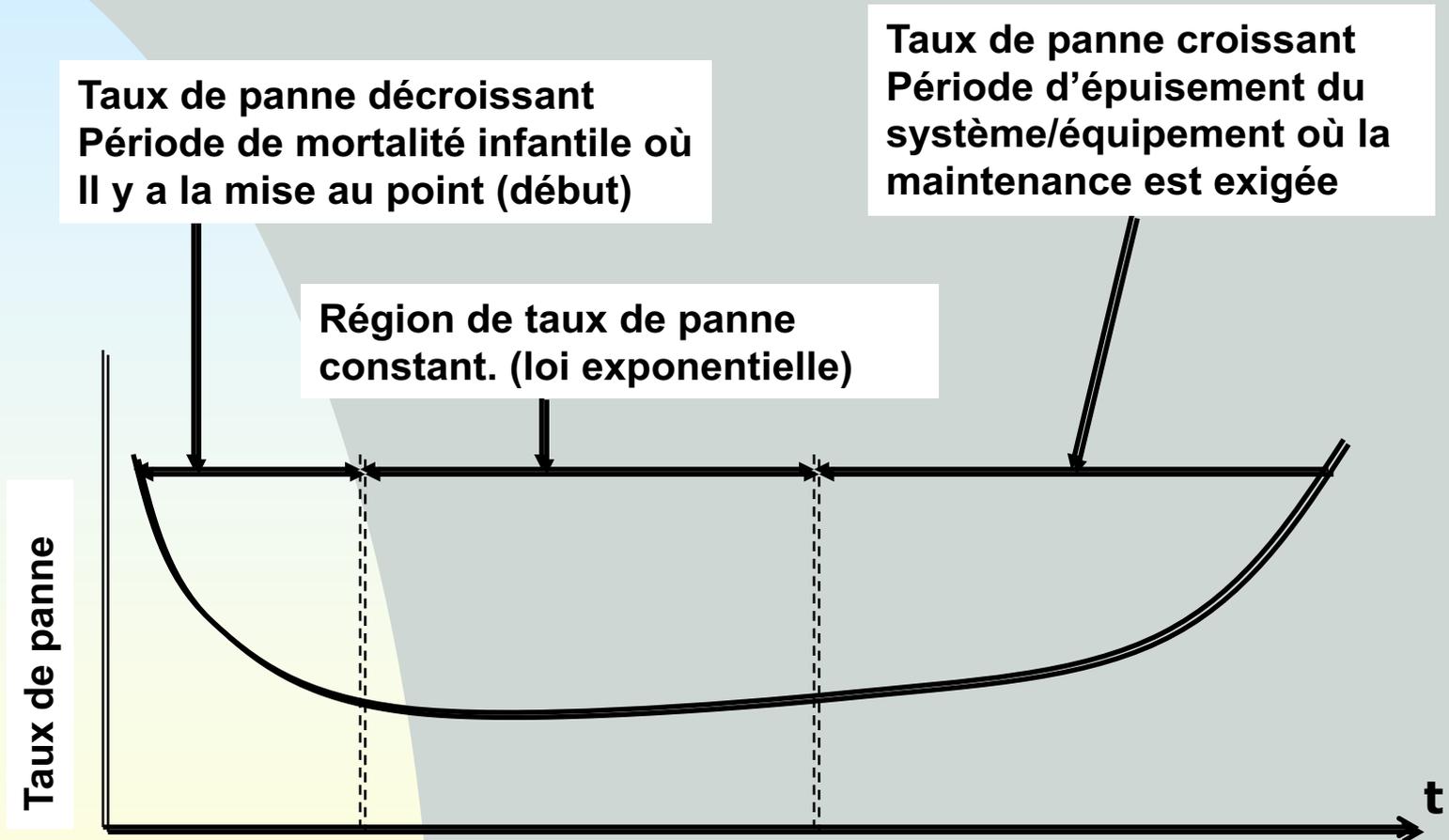
Ex:

MTBF=200 , ( $\lambda = 0.005$ ),  
t=2 heures

Donne  $R(t) = 0.99$

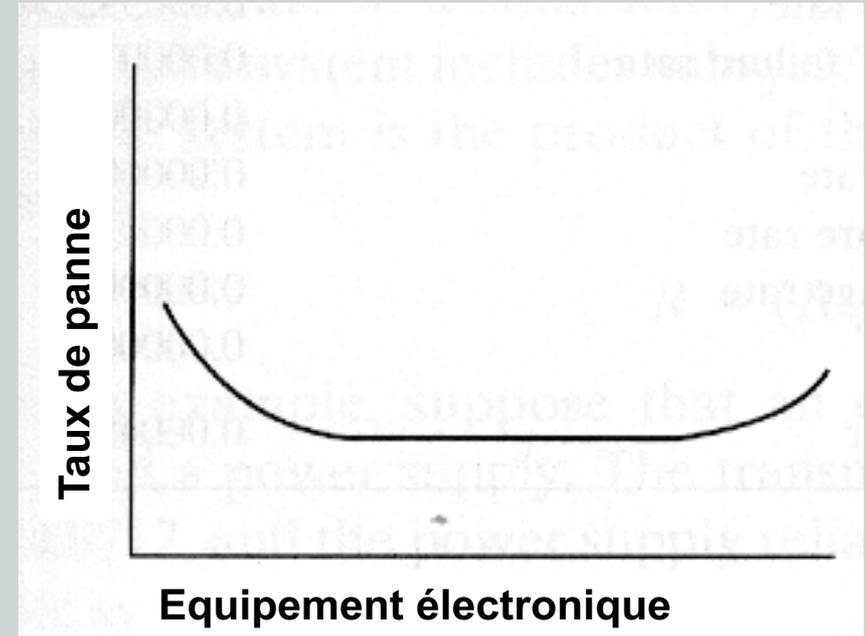
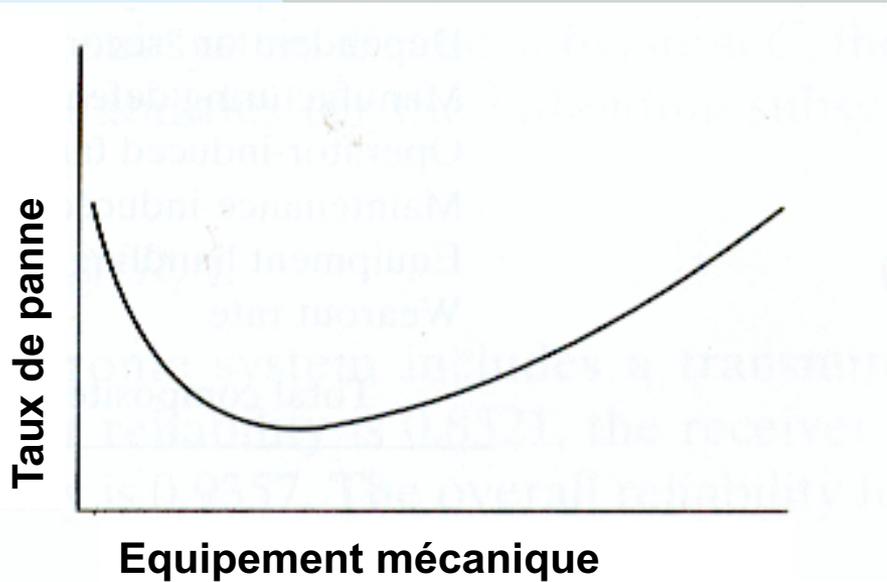
# Taux de panne typiques

Courbe en « baignoire » taux de panne en fonction du temps



Au début, il ya un nbr important de pannes (mise au point)  
A la fin, période d'épuisement, nbr de pannes augmente.

# Taux de panne typiques (suite)



### 3. Relations entre composantes

Les composantes d'un système peuvent être combinées en série, en parallèle ou bien une combinaison

#### i) Réseaux en séries



$$\begin{aligned}R_S &= R_A \cdot R_B \cdot R_C \\&= (e^{-\lambda_1 t})(e^{-\lambda_2 t})(e^{-\lambda_3 t}) \\&= e^{-(\lambda_1 + \lambda_2 + \dots + \lambda_n)t}\end{aligned}$$

Si le système fonctionne bien, toutes les composantes en série doivent fonctionner de façon satisfaisante.

## Exemple

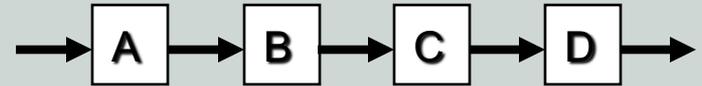
Un système formé de 04 sous systèmes en série est supposé fonctionner pour 1000 heures. Soient les données suivantes:

MTBF du s/système A = 6000 heures

MTBF du s/système B = 4500 heures

MTBF du s/système C = 10500 heures

MTBF du s/système D = 3200 heures



**Quelle est la fiabilité du système?**

$$\begin{aligned}R_S &= R_A \cdot R_B \cdot R_C \cdot R_D \\&= (e^{-\lambda_1 t})(e^{-\lambda_2 t})(e^{-\lambda_3 t})(e^{-\lambda_4 t}) \\&= e^{-(\lambda_1 + \lambda_2 + \lambda_3 + \lambda_4)t}\end{aligned}$$

$$\lambda_A = 1/6000 = 0.000167 \text{ pannes / heure}$$

$$\lambda_B = 1/4500 = 0.000222 \text{ pannes / heure}$$

$$\lambda_C = 1/10500 = 0.000095 \text{ pannes / heure}$$

$$\lambda_D = 1/3200 = 0.000313 \text{ pannes / heure}$$

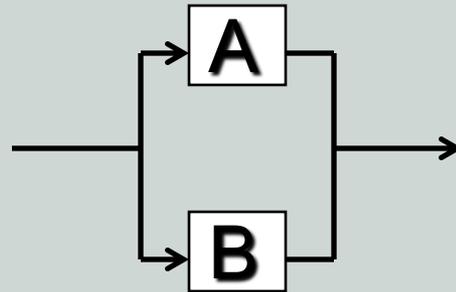
$$\begin{aligned}R_S &= e^{-(\lambda_1 + \lambda_2 + \lambda_3 + \lambda_4)t} \\&= e^{-(0.000797)1000} = 0.4507\end{aligned}$$

**45.1%** de probabilité de **survie** du système pour **1000** heures

Si le temps de fonctionnement exigé est réduit à 500 heures, la probabilité devient 67%.

## ii) Réseaux en parallèles

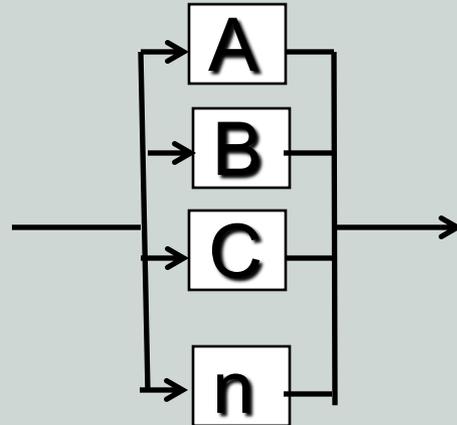
Toutes les composantes doivent tomber en panne pour que le système tombe en panne.



Le système fonctionne si **A** ou **B**, ou les **deux** fonctionnent

$$\begin{aligned} R_S &= R_A + R_B - (R_A)(R_B) \\ &= 1 - (1 - R_A)(1 - R_B) \end{aligned}$$

En général, pour « n » composantes en parallèle, on aura



$$R_S = R_1 \cdot R_2 \cdot \dots \cdot R_n$$

$$R_S = 1 - (1 - R_1)(1 - R_2) \dots (1 - R_n)$$

Si les composantes sont identiques, on aura:

$$R_S = R^n$$

$$R_S = 1 - (1 - R)^n$$

**Pour les systèmes en parallèle, on peut augmenter la fiabilité en ajoutant des composantes en parallèle.**

**Exemple:**

**Si, on a 02 sous systèmes identiques en // avec  $R=0.95$ , alors**

$$R_S = R_1 \cdot R_2 = R^2$$

$$R_S = 1 - (1 - 0.95)^2 = 0.9975$$

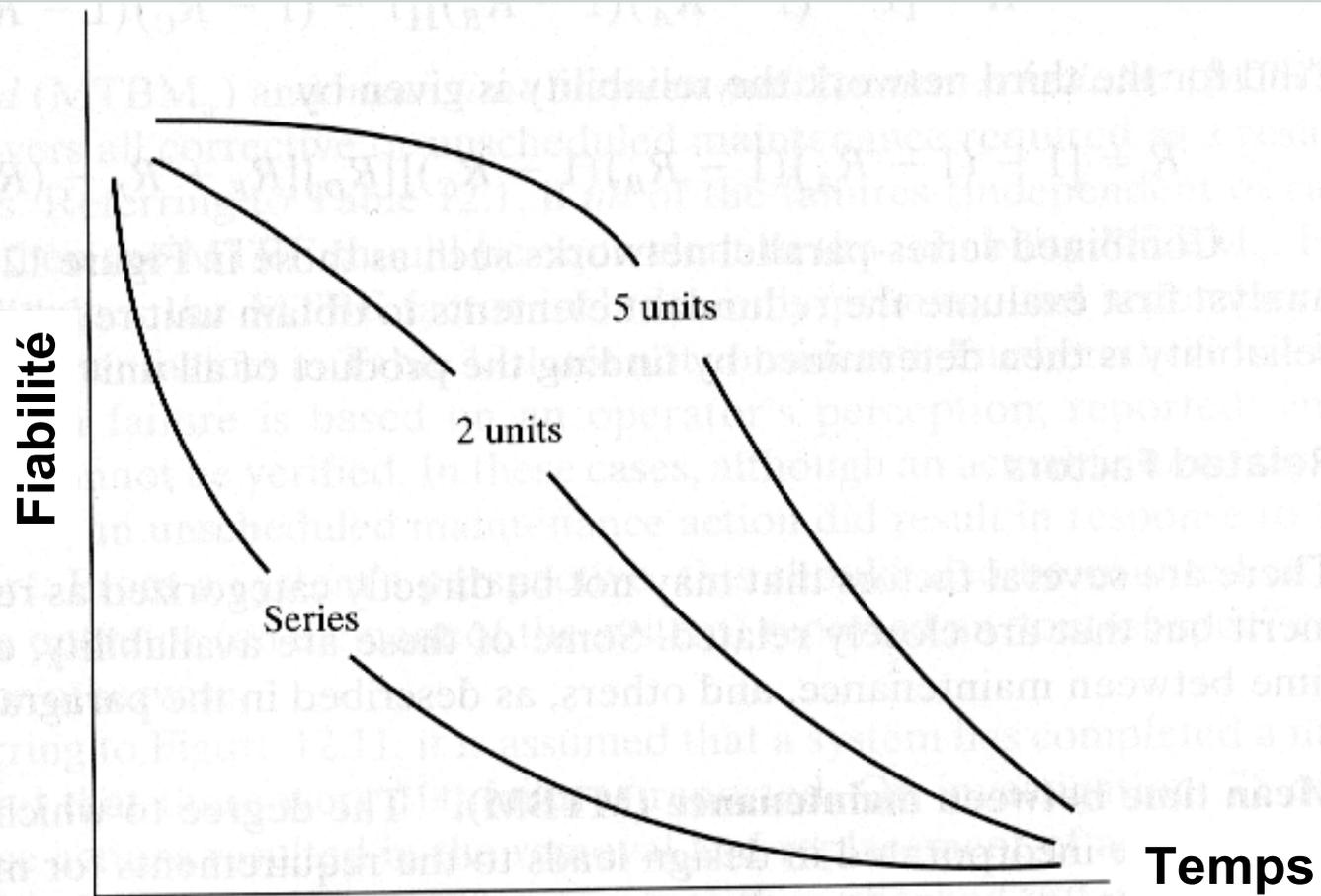
**En ajoutant, une 3<sup>ème</sup> composante identique en //, on aura:**

$$R_S = R^3$$

$$R_S = 1 - (1 - R)^3 = 0.999875$$

**Soit une amélioration de 0.002375**

## Effet de la redondance sur la fiabilité du système:

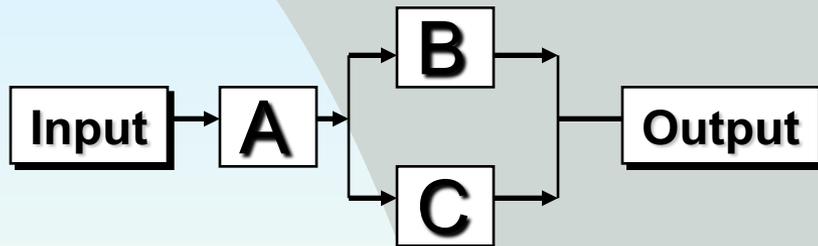


**Effet de la redondance sur la fiabilité du système**

### iii) Réseaux combinés

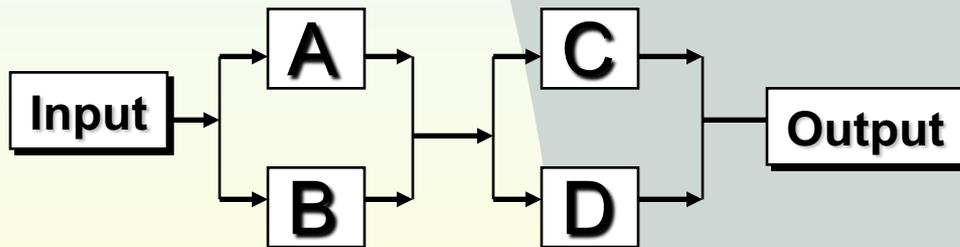
Plusieurs cas de combinaisons:

#### Cas 1



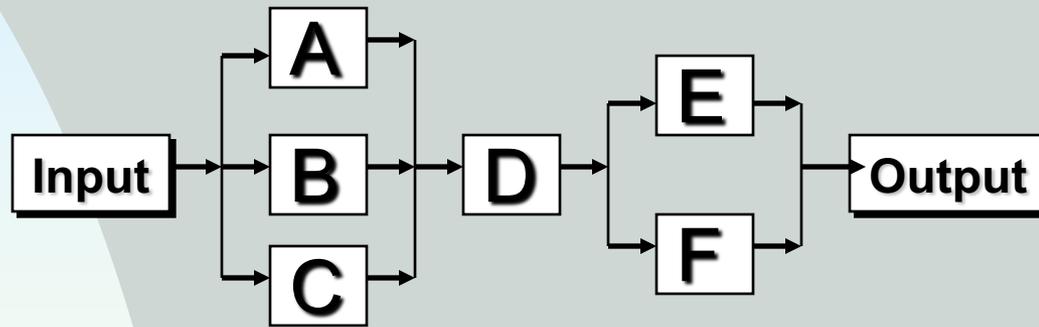
$$R = R_A (R_B + R_C - R_B R_C)$$

#### Cas 2



$$R = [1 - (1 - R_A)(1 - R_B)][1 - (1 - R_C)(1 - R_D)]$$

### Cas 3



$$R = [1 - (1 - R_A)(1 - R_B)(1 - R_C)][R_D][R_E + R_F - (R_E)(R_F)]$$

# Quelques facteurs liés à la fiabilité

Il ya certains facteurs qui ne sont pas considérés directement des facteurs de fiabilité, mais qui sont très proche .

## i) Temps moyen entre maintenance (MTBM)

02 types de temps

**MTBM<sub>u</sub>** non programmé (unscheduled) pour la maintenance corrective ou bien non programmée.

**MTBM<sub>s</sub>** programmé (scheduled)

## ii) Disponibilité (availability: A)

Probabilité qu'un système, quand il est utilisé sous des conditions données dans un support environnemental idéal (i.e., outils disponibles prêts, personnel de maintenance, pièces de rechange...) fonctionnera de façon satisfaisante à n'importe quel point du temps comme exigé.

# Quelques facteurs liés à la fiabilité (suite)

## a. Disponibilité inhérente.

Ça exclut la maintenance préventive ou programmée, le retard de logistiques et le retard administratif.

$$A_i = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR}$$

$$MTTR = \overline{Mct}$$

Temps moyen de maintenance corrective

# Quelques facteurs liés à la fiabilité (suite)

## b. Disponibilité achevée.

Inclut la maintenance préventive ou programmée mais exclut toujours le retard de logistiques et le retard administratif.

$$A_a = \frac{MTBM}{MTBM + \overline{M}}$$

$\overline{M}$

Temps moyen de maintenance active

# Quelques facteurs liés à la fiabilité (suite)

## c. Disponibilité opérationnelle.

Inclut tout

$$A_o = \frac{MTBM}{MTBM + MDT}$$

*MDT*

**Temps moyen de maintenance de non fonctionnement**

# Quelques facteurs liés à la fiabilité (suite)

## iii) Efficacité du système (system effectiveness SE)

La probabilité qu'un système peut rencontrer avec succès une exigence opérationnelle globale en un temps défini quand il fonctionnera sous des conditions spécifiées.

## iv) Efficacité du cout (cost effectiveness CE)

Liée à la mesure du système en termes d'accomplissement de mission et le cout de cycle de vie total. Il peut être exprimé en plusieurs façons en fonction de la mission spécifique ou bien les paramètres d'évaluation choisis du système. (i.e, Figure of merit (FOM))

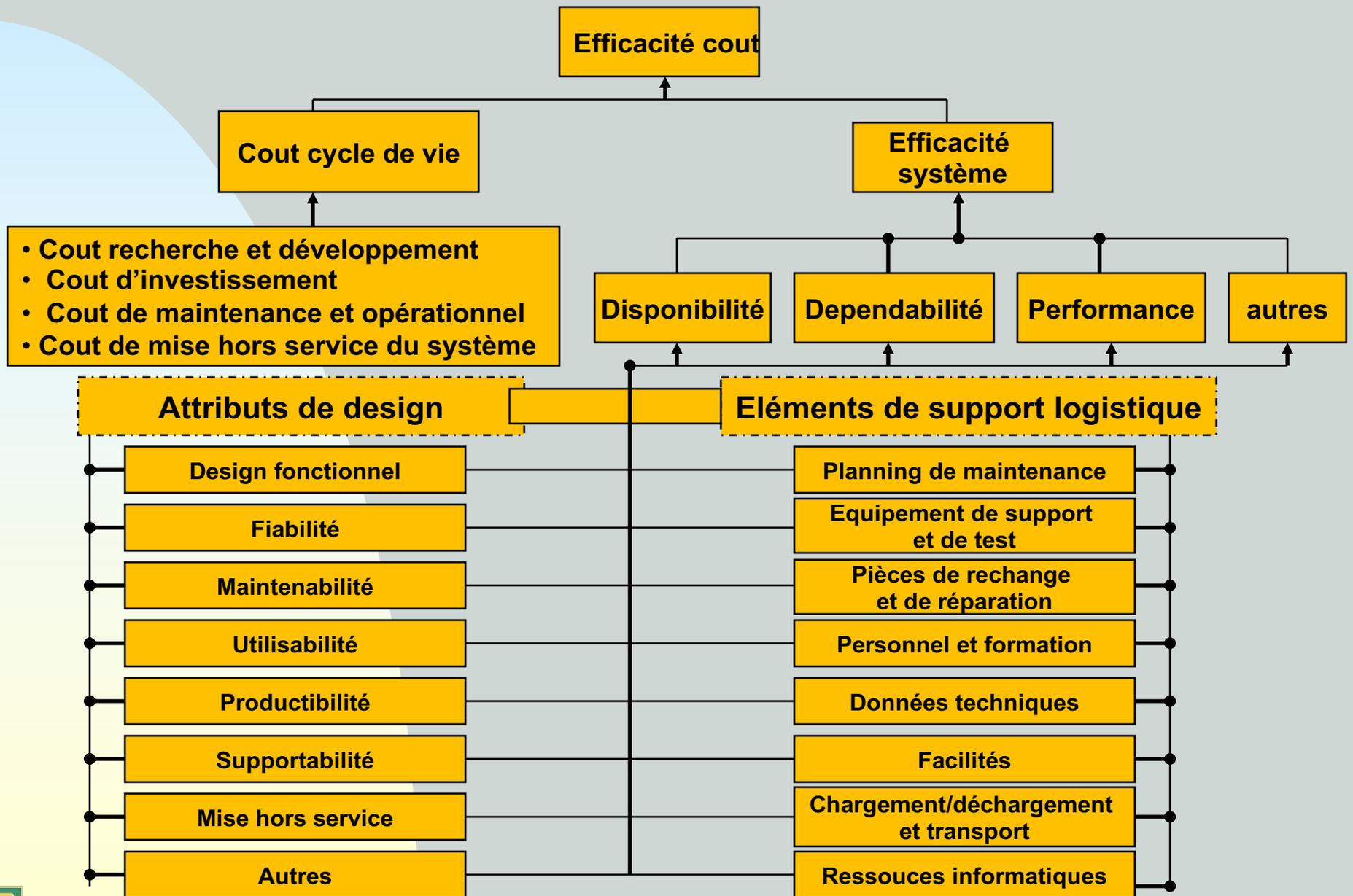
**FOM= Bénéfices du système / cout de cycle de vie**

**FOM = Capacité du système / cout de cycle de vie**

**FOM = Efficacité du système / cout de cycle de vie**

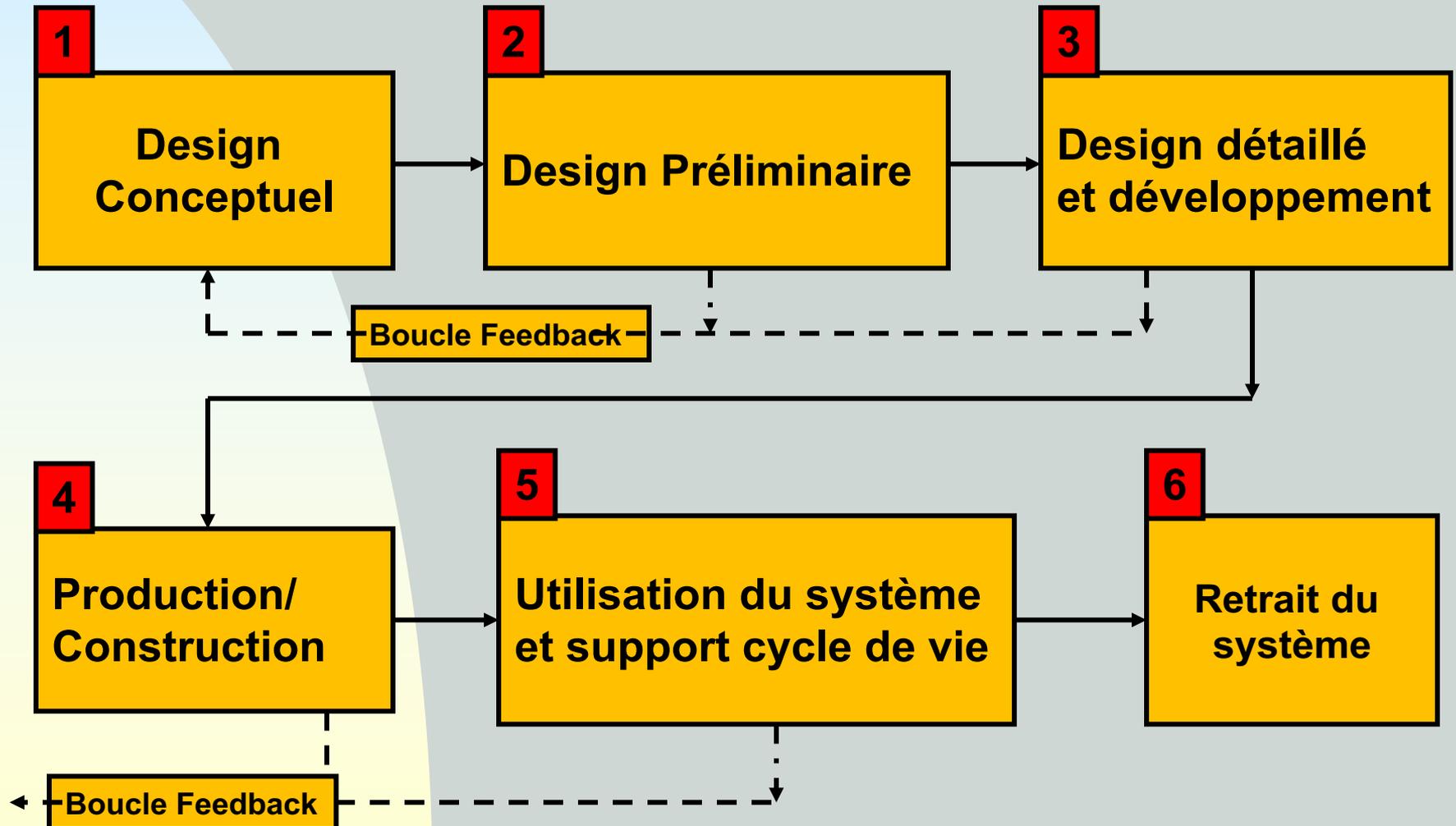
**FOM = Disponibilité / cout de cycle de vie**

# Efficacité du système/cout

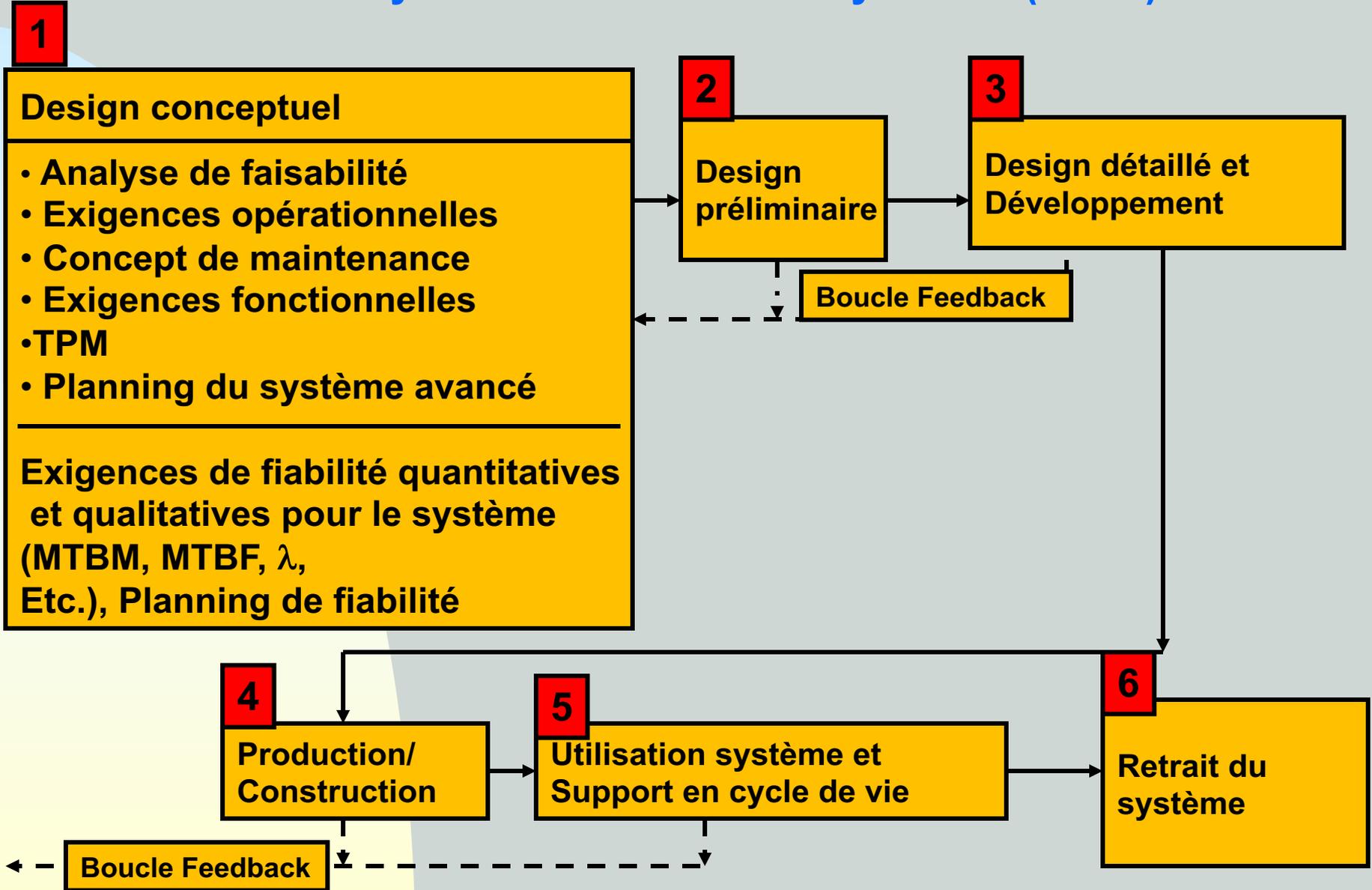


# 5. Fiabilité dans le cycle de vie dans un système

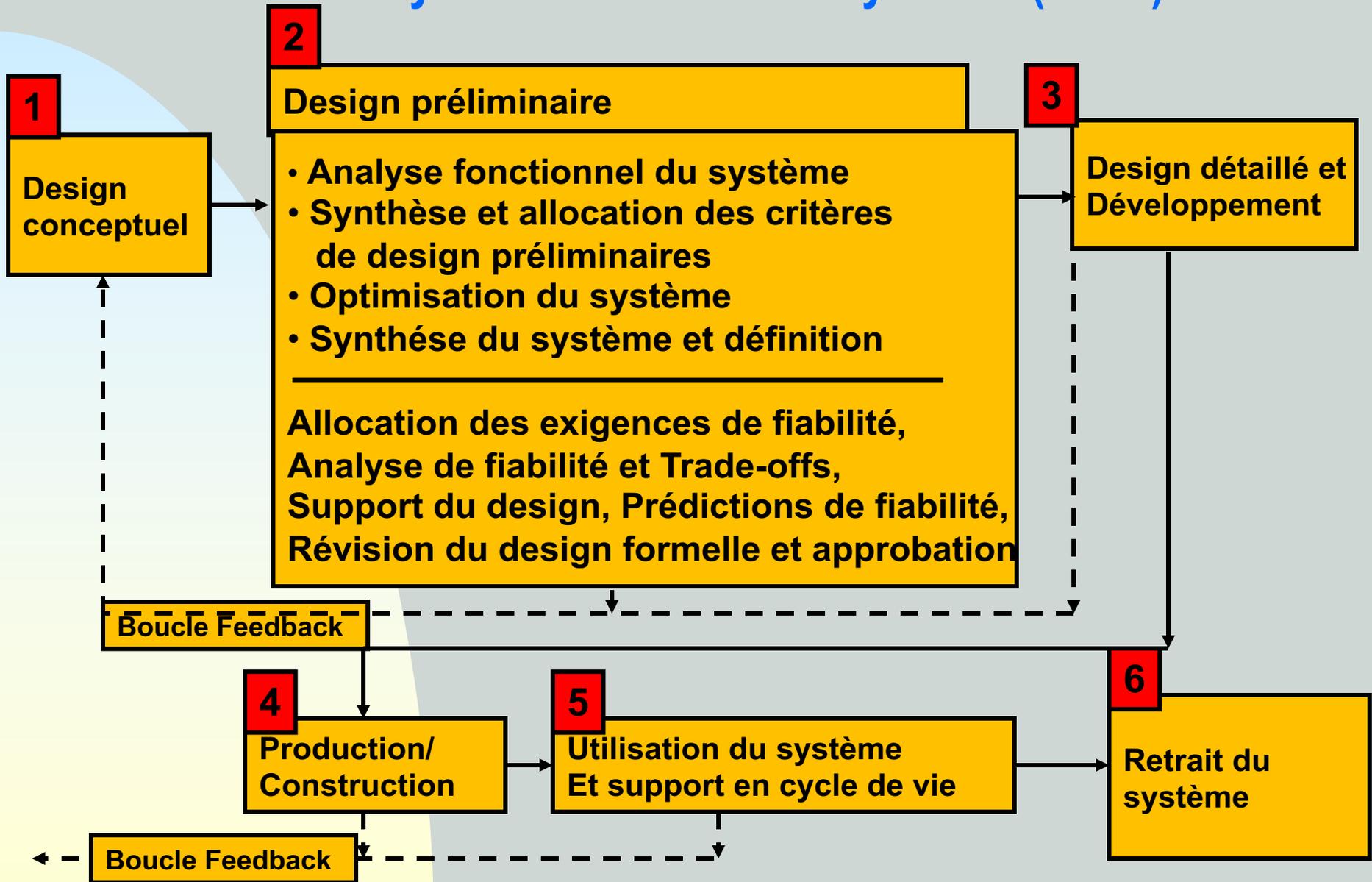
## a. Exigences du système



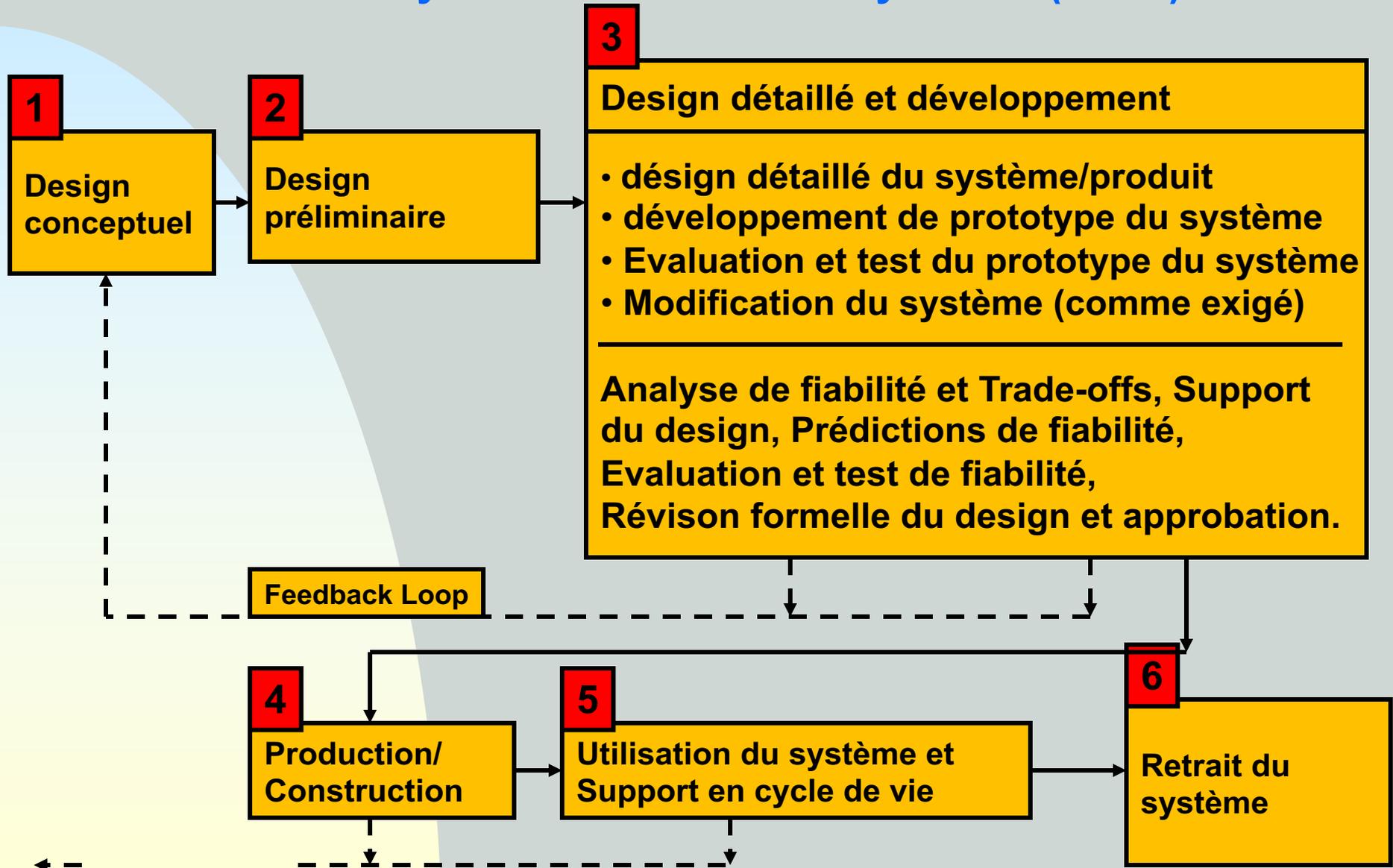
# Fiabilité dans le cycle de vie dans un système (suite)



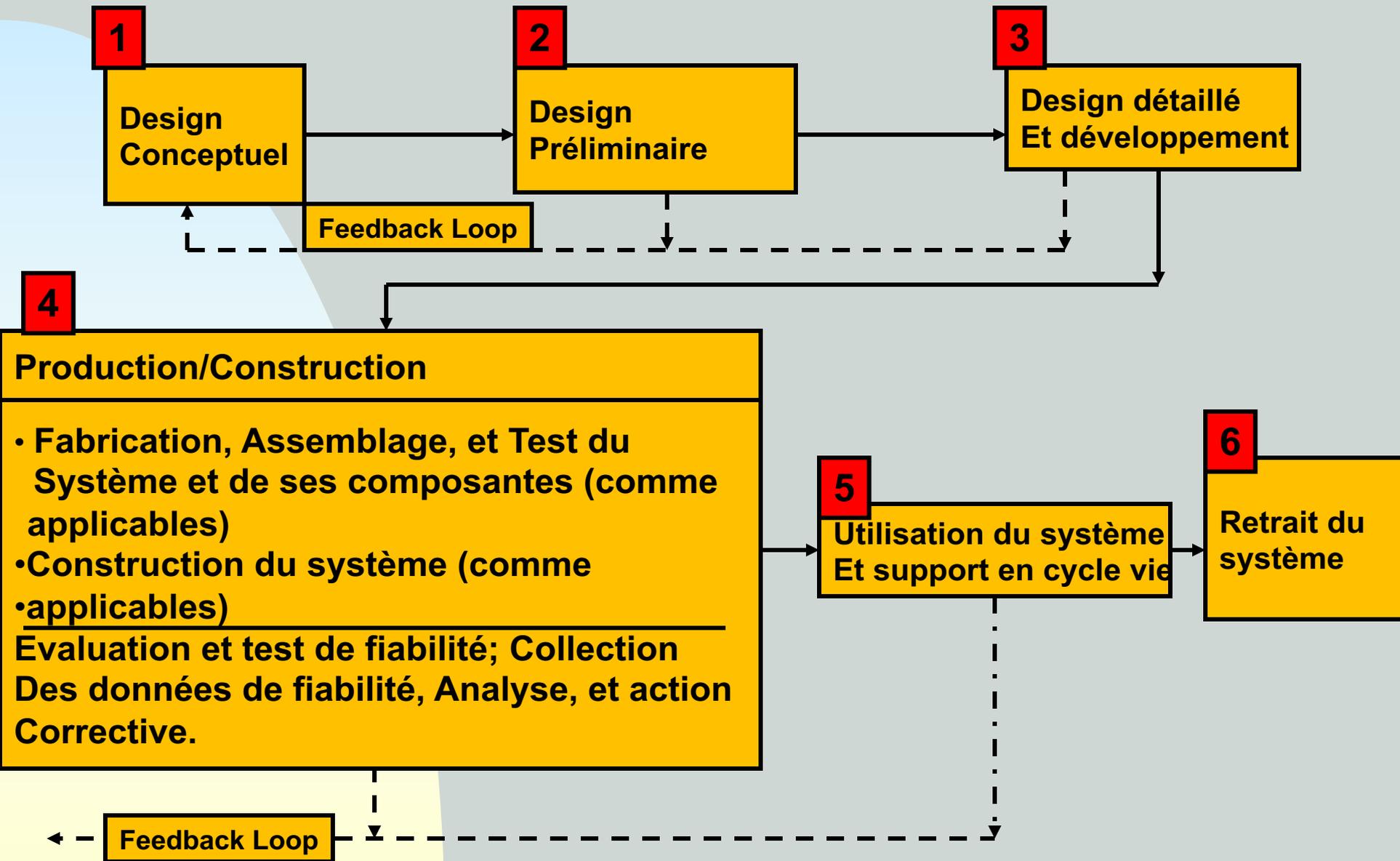
# Fiabilité dans le cycle de vie dans un système (suite)



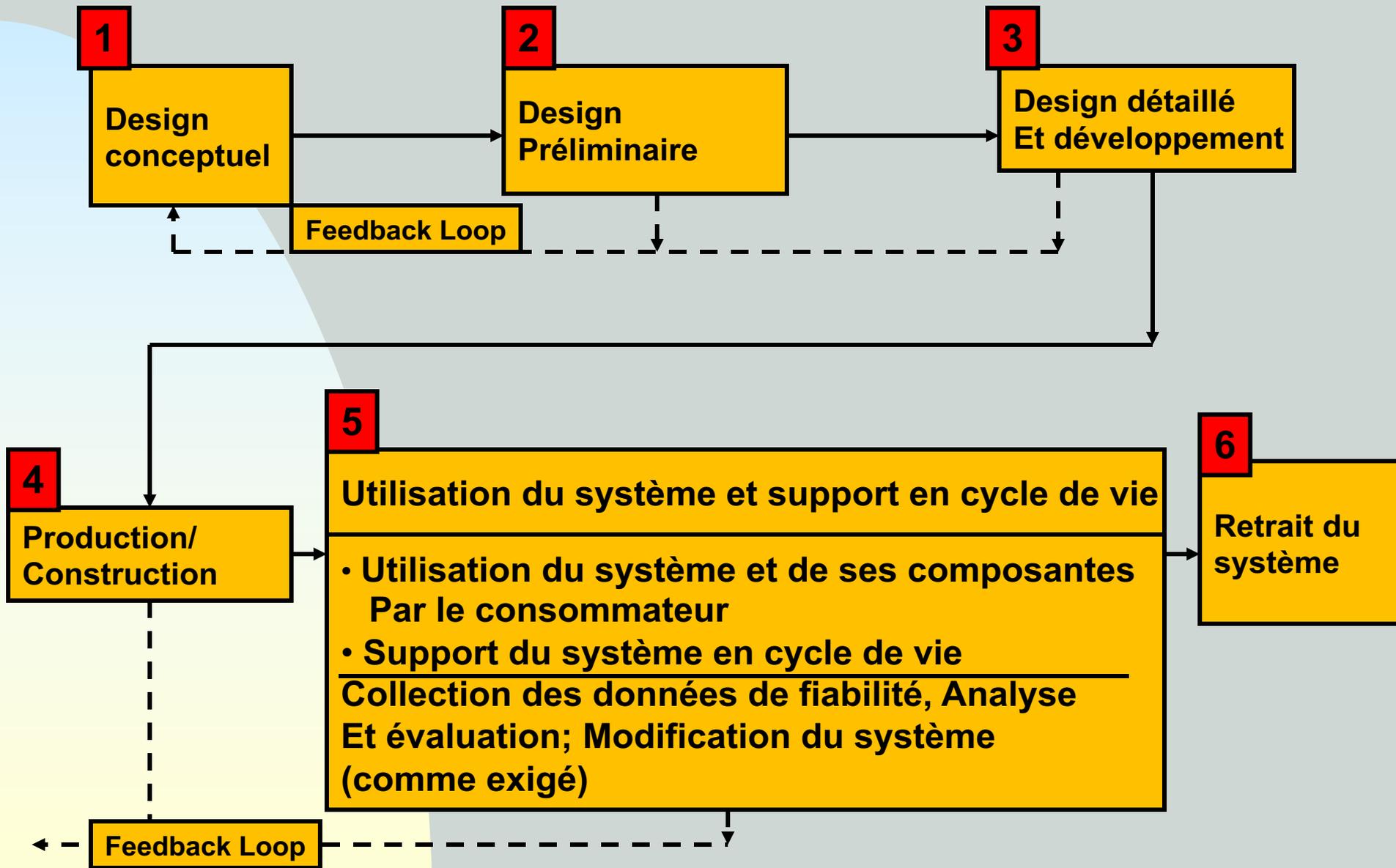
# Fiabilité dans le cycle de vie dans un système (suite)



# Fiabilité dans le cycle de vie dans un système (suite)



# Fiabilité dans le cycle de vie dans un système (suite)

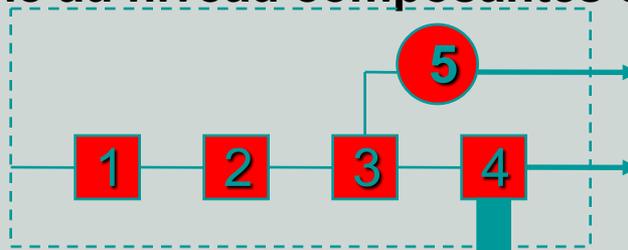


# Fiabilité dans le cycle de vie (suite)

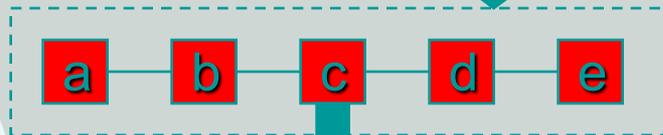
## 2. Modèles de fiabilité

Du niveau système au niveau composants en passant par les sous systèmes

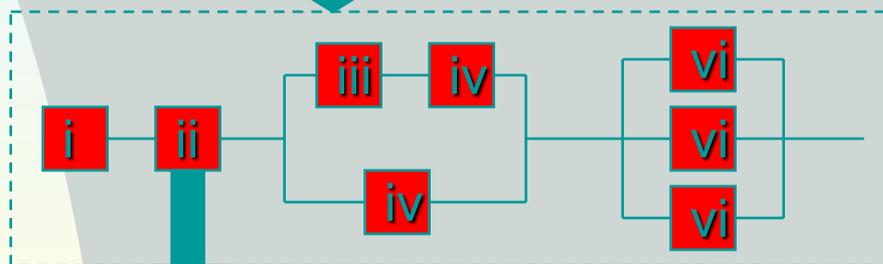
Niveau I



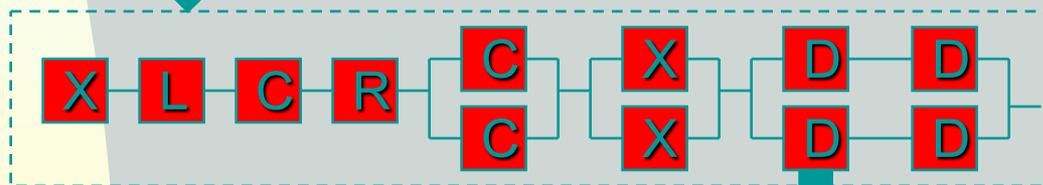
Niveau II



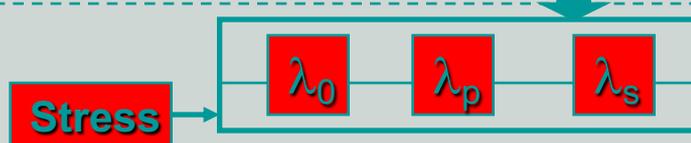
Niveau III



Niveau IV



Niveau V

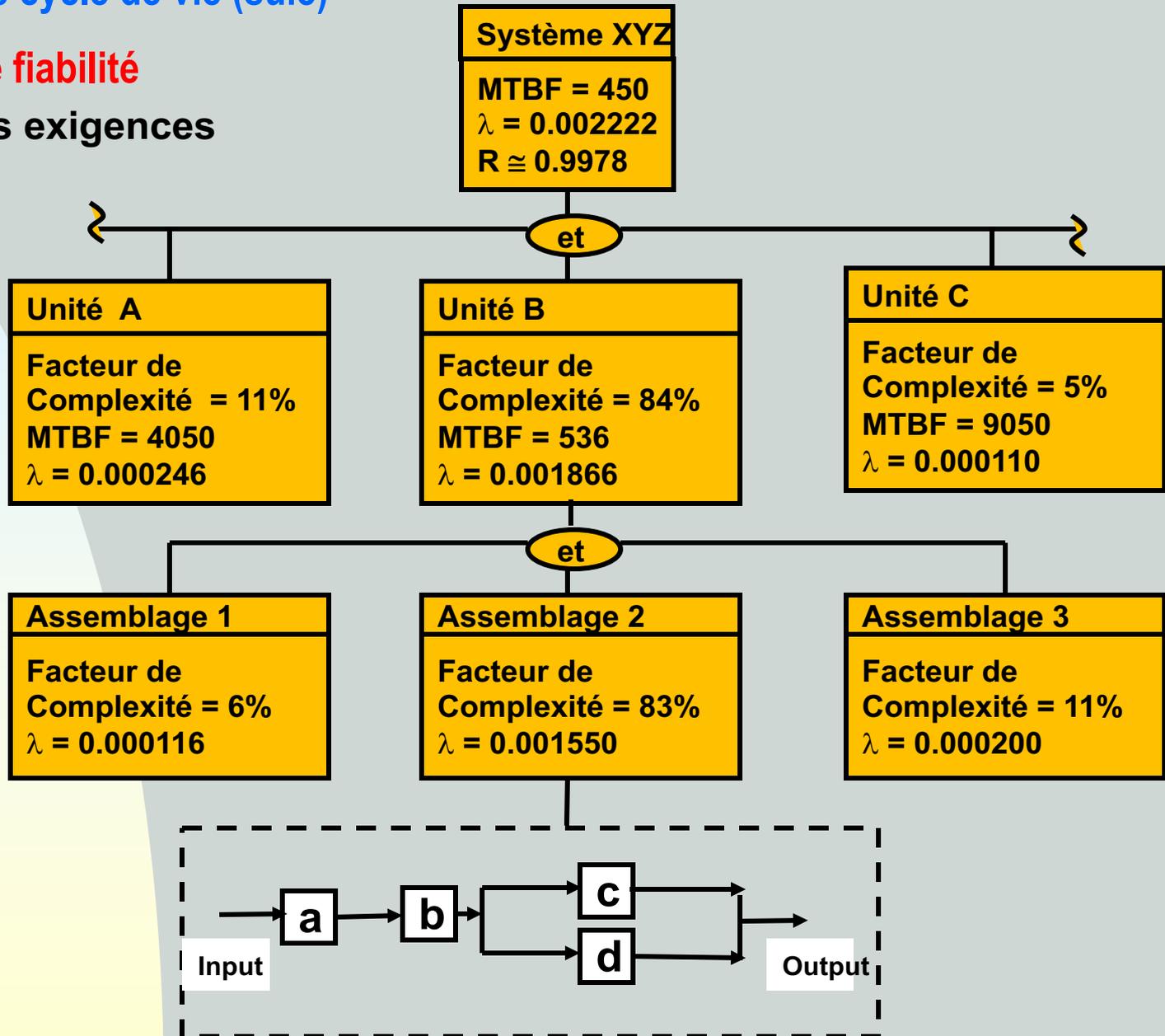


Le diagramme suivra l'organigramme défini dans l'analyse fonctionnelle)

# Fiabilité dans le cycle de vie (suite)

## 3. Allocation de fiabilité

### Allocation des exigences de fiabilité



### 4. Sélection des composantes et application

La fiabilité du système dépend largement de la fiabilité de ses composantes et leur sélection doit être compatible avec les exigences de l'application de ses composantes (fatigue du matériau, tolérances...).

En design pour la fiabilité, il faut surtout s'intéresser:

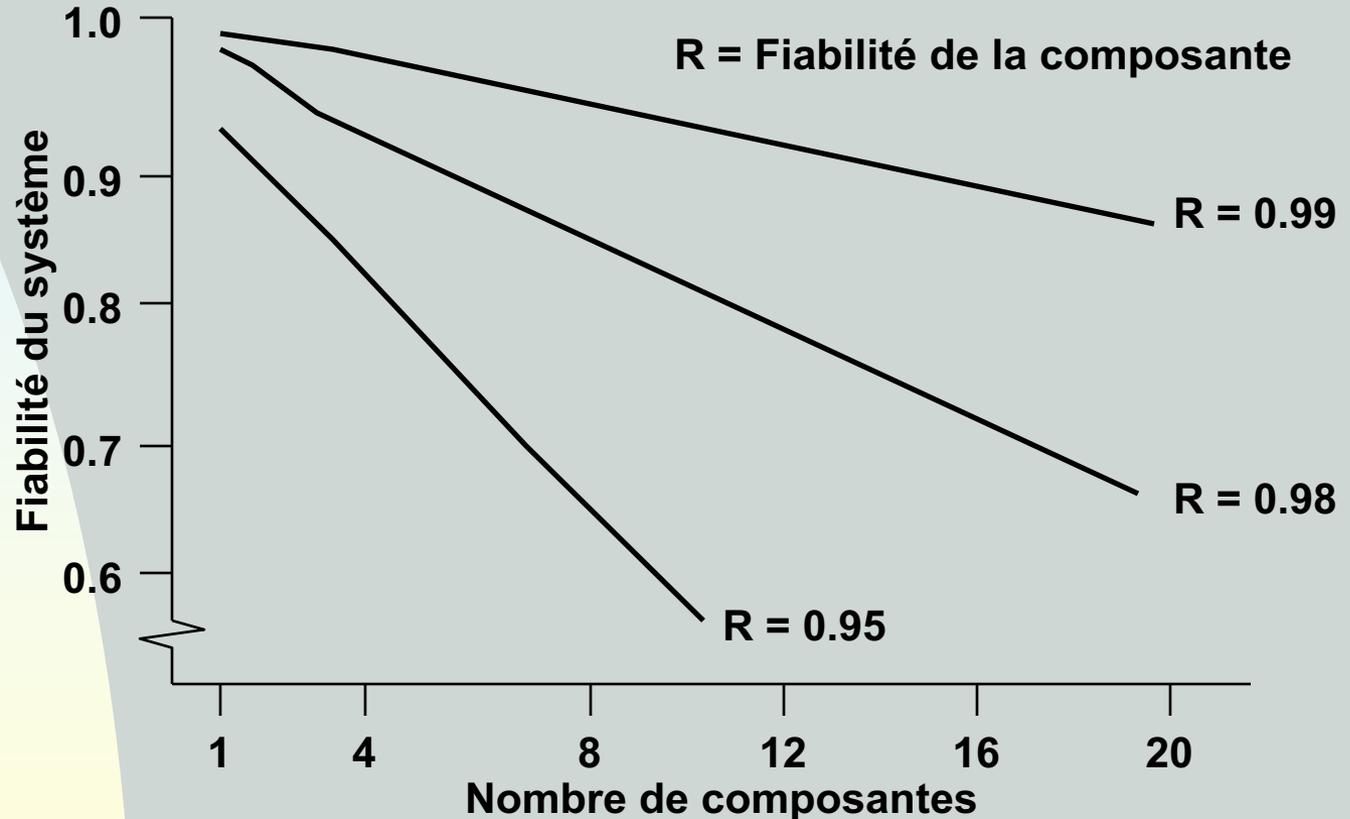
- ❑ La sélection de composantes et de matériaux standards à une faisabilité extensible.
- ❑ L'évaluation de toutes les composantes et matériaux juste avant leur acceptation en design. Ça inclut, les caractéristiques des composantes (particularités fonctionnelles, tolérances, contraintes...) dans son application prévue.
- ❑ L'utilisation des seules composantes qui sont capables d'atteindre les objectifs de fiabilité

## Fiabilité dans le cycle de vie (suie) (4. Sélection des composantes et application)

L'application des composantes dans le design du système, il ya des trade-offs impliquant une utilisation en série, parallèle (ou bien combinaison) qui satisferont les exigences de fiabilité du système.

### 1. Cas en série

Pour améliorer la fiabilité, on diminue le nbr de composantes ou bien on augmente la fiabilité des composantes

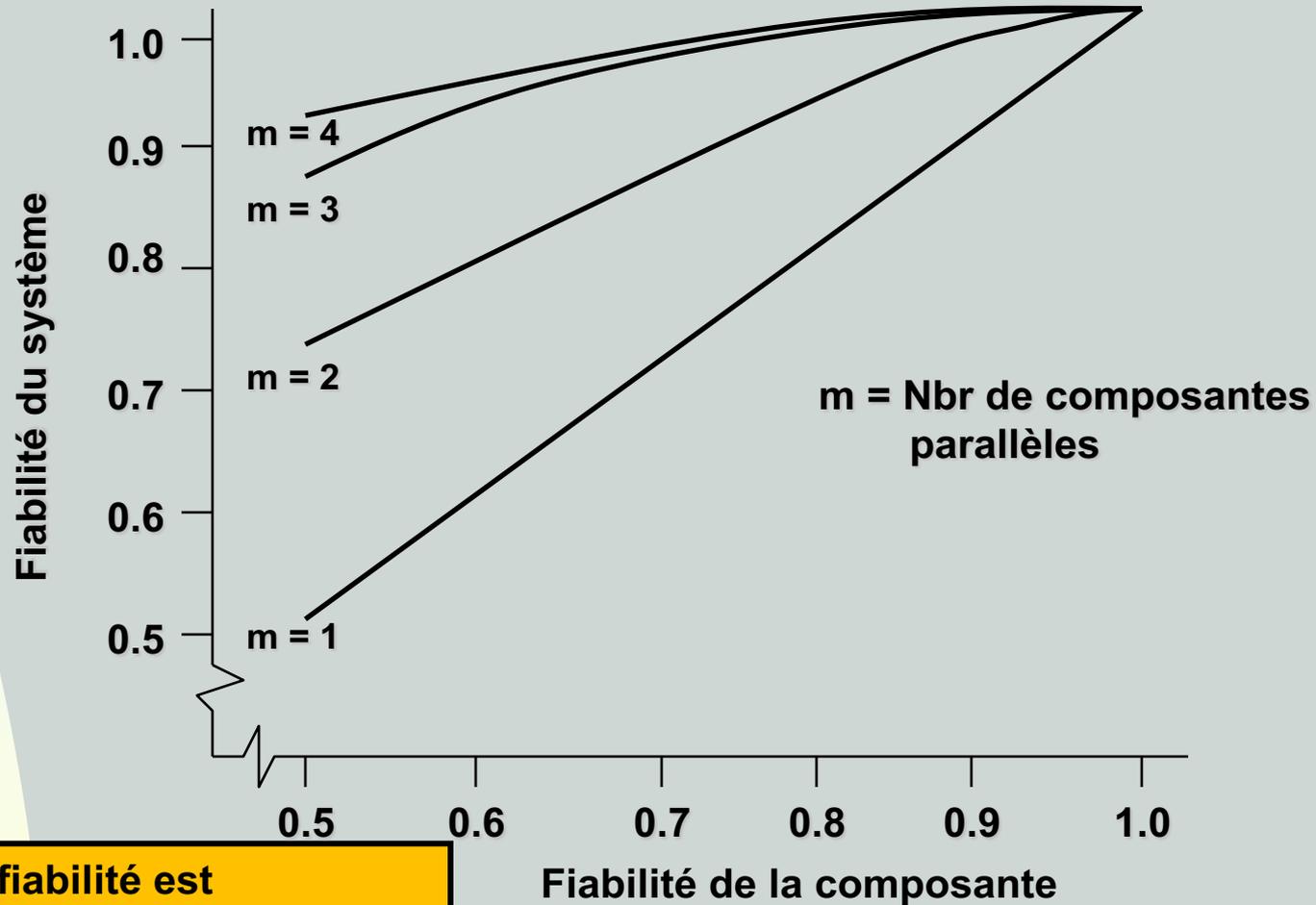


La chute de la fiabilité est rapide lorsque le nbr de composantes augmente

# Fiabilité dans le cycle de vie (suie) (4. Sélection des composantes et application)

## 2. Cas en parallèle

Le parallélisme est considéré comme un moyen pour améliorer la fiabilité du système



Cependant, le gain en fiabilité est insignifiant devant le cout généré par l'ajout de composantes

Penser plutôt à des combinaisons (série et parallèle)

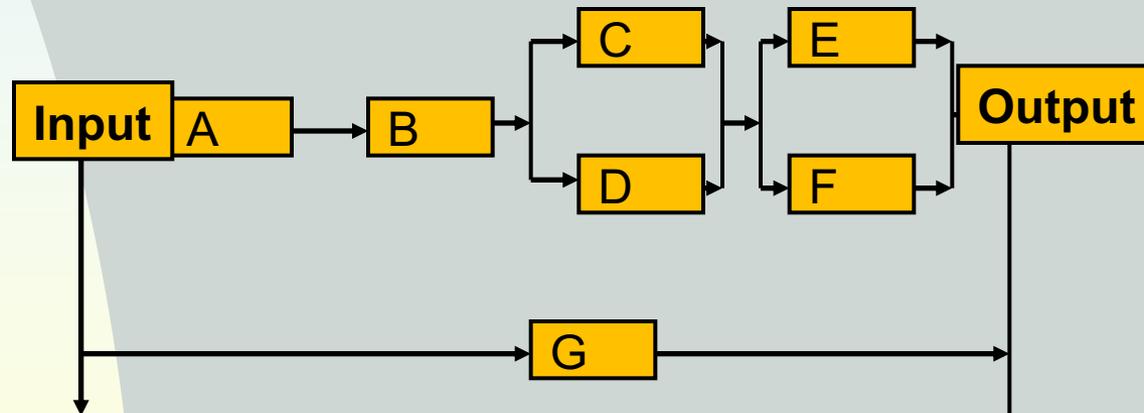
## Fiabilité dans le cycle de vie (suite)

### 5. La redondance dans le design

Sous certaines conditions, on peut utiliser la redondance pour améliorer la fiabilité du système en ajoutant deux ou plus de chemins fonctionnels là où c'est critique d'accomplir la mission.

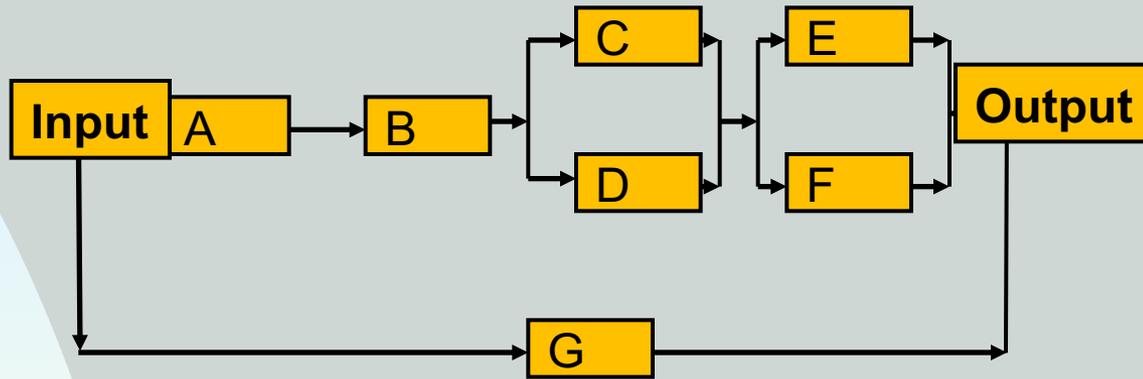
Mais, attention, redondance  Augmentation de poids, d'espace, cout...

La redondance peut être appliquée à plusieurs niveaux. Exemple:



## Fiabilité dans le cycle de vie (suite) (redondance)

### Exemple de redondance



**G** redondance avec les autres

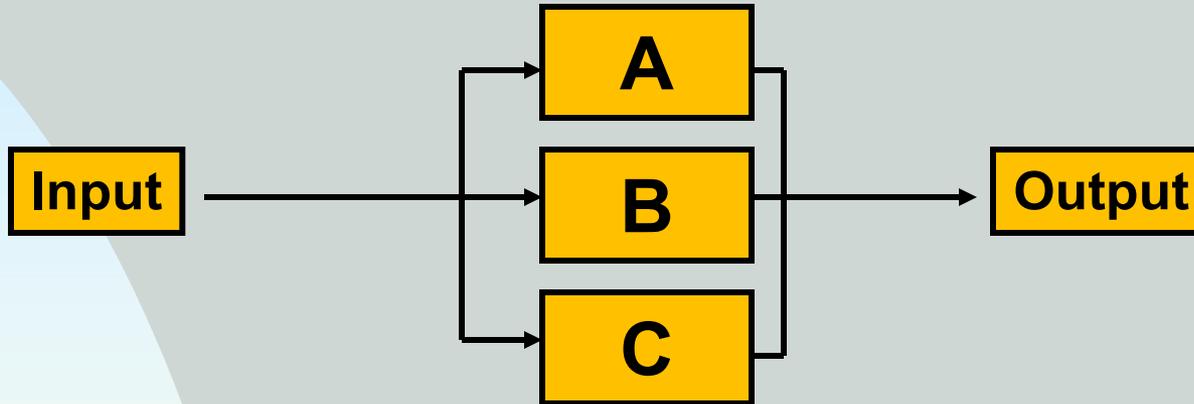
**C** redondance avec D etc...

**Plusieurs chemins possibles:**

**A, B, C, E    A, B, C, F    A, B, D, E    A, B, D, F    G**

# Fiabilité dans le cycle de vie (suite) (redondance)

## Exemple de redondance



08 possibilités :

**A, B et C sont fonctionnels**

**A, B fonctionnels, C en panne**

**A, C fonctionnels, B en panne**

**B, C fonctionnels, A en panne**

**A fonctionnel, B et C en pannes**

**B fonctionnel, A et C en pannes**

**C fonctionnel, A et B en pannes**

**A, B et C en pannes**

Possibilité	Probabilité
A,B,C	$R^3$
A,B,C'	$R^2(1-R)$
A,B',C	$R^2(1-R)$
A',B',C	$R^2(1-R)$
A,B',C'	$R(1-R)^2$
A',B,C'	$R(1-R)^2$
A',B',C	$R(1-R)^2$
A',B',C'	$(1-R)^3$

## Fiabilité dans le cycle de vie (suite) (redondance)

### Exemple de redondance

Soit  $Q = 1 - R$

$$R^3 + 3R^2Q + 3RQ^2 + Q^3 = 1 \quad (\text{Somme des probabilités égale 1})$$

Suppose  $R = .95$  (pour chaque bloc, A, B et C)

D'où la fiabilité du réseau, sera:

$$R^3 + 3R^2Q + 3RQ^2 = .999875 = 1 - Q^3$$

On peut appliquer le même principe pour tous les types de réseaux.

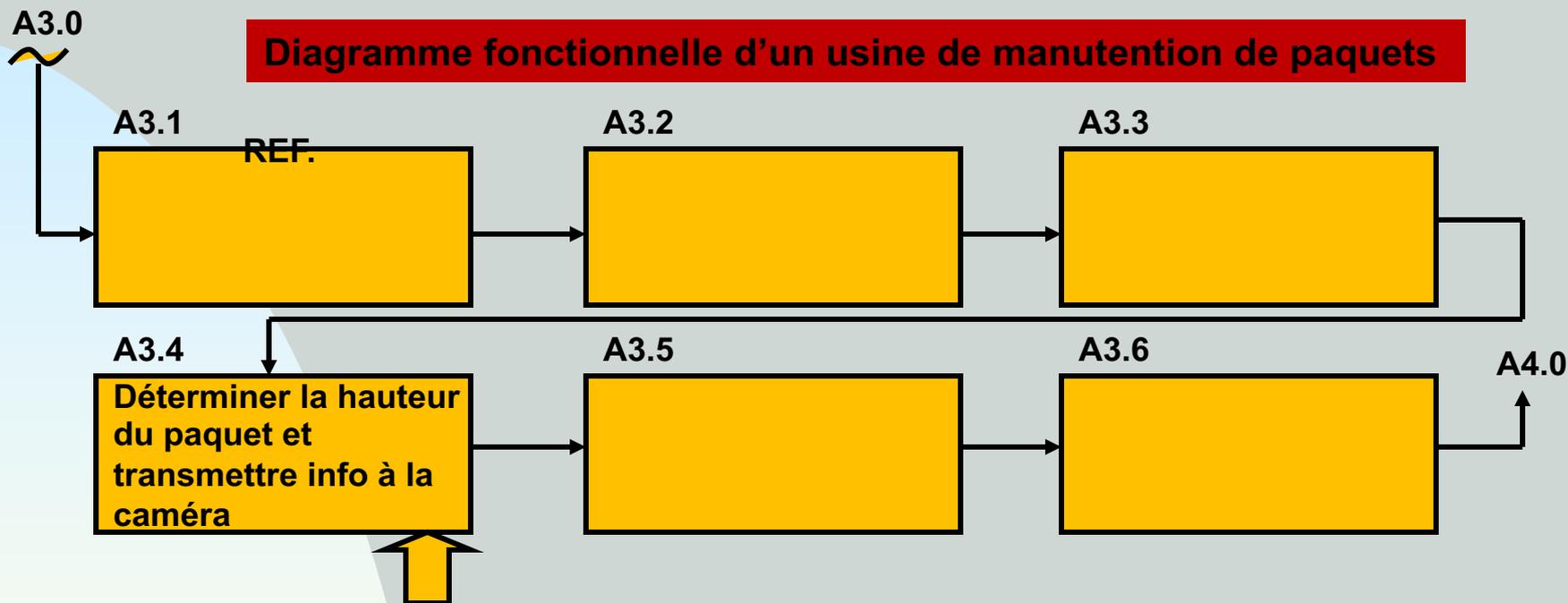
# 6. Méthodes d'analyse de Fiabilité

Plusieurs outils pour déterminer la fiabilité: **FMECA**, analyse par **l'arbre des défauts** (FTA fault tree analysis), analyse de la **vie utile critique** (critical useful life analysis), analyse **contrainte-résistance** (stress-strength) et l'analyse de la **croissance de la fiabilité** (reliability growth analysis)

## a. **FMECA: Failure Mode, Effects, and Criticality Analysis** **Analyse de la criticité, effets et mode de panne.**

- ✓ C'est une technique pour identifier et investiguer les faiblesses du système (produit ou procès) potentielles.
- ✓ Ça inclut les étapes nécessaires pour examiner
  - ❑ les différentes façons où la panne peut se produire dans le système
  - ❑ les effets potentiels de la panne sur la performance et la sécurité du système
  - ❑ et le sérieux de ces effets.
- ✓ Peut être utilisée au début pendant le conceptuel et le préliminaire, puis étendue au détail et développement du système.
- ✓ Utilisée avant pour améliorer ou après les faits pour évaluer et améliorer des systèmes existants.
- ✓ Peut être utilisée sur une entité fonctionnelle ou bien une entité physique.

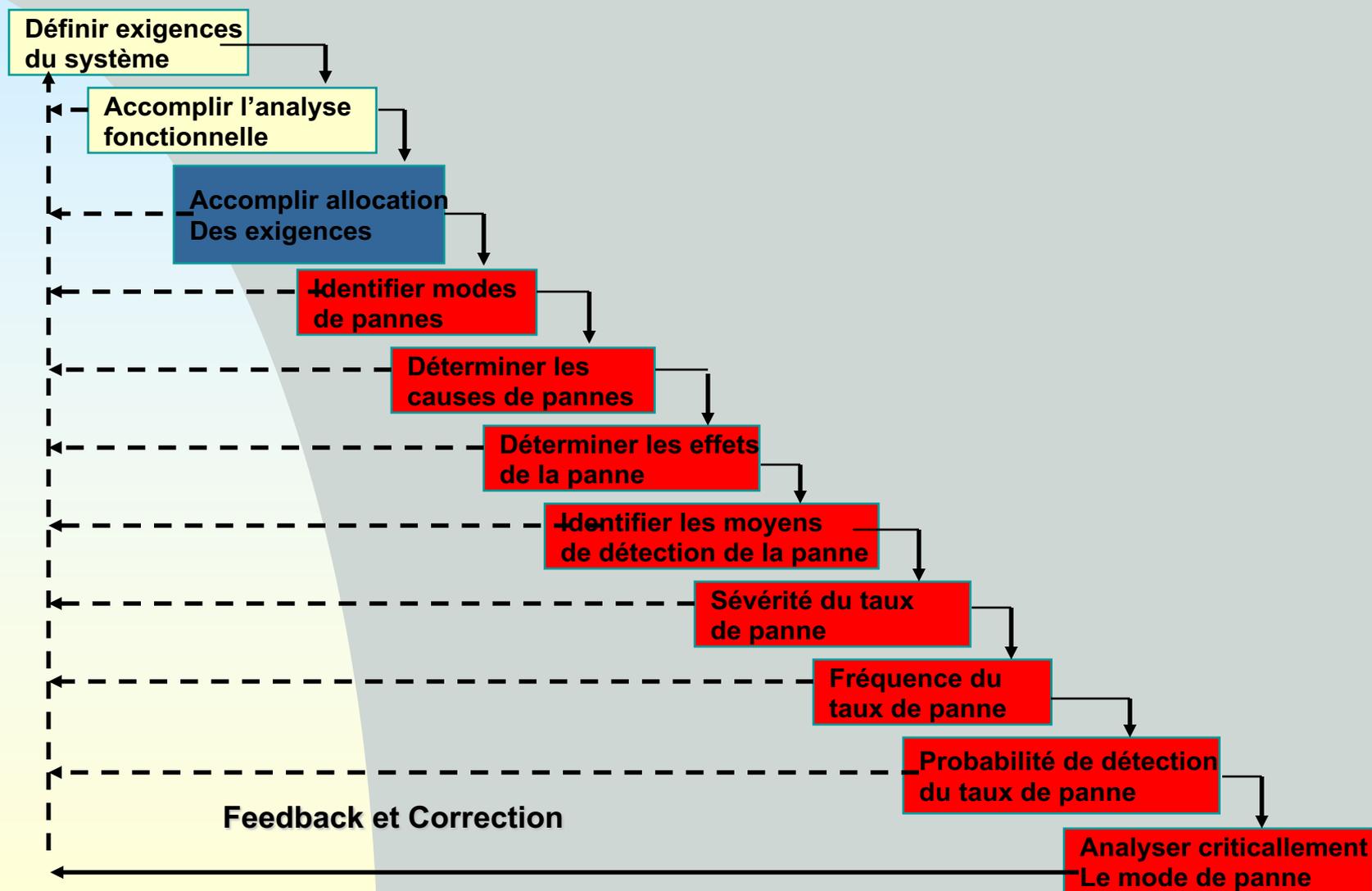
# Méthodes d'analyse de Fiabilité (suite)



- Qu'est ce qui va se passer si cette fonction tombe en panne?
- Comment elle va tomber en panne (modes de la panne)?
- Quels seront les impacts sur les autres fonctions ou éléments du système?
- Combien sera critique cette panne en termes d'impact sur la mission ultime du système?
- Combien de fois, elle va tomber en panne?
- Qu'est ce qu'on peut faire pour prédire cette panne?

# Méthodes d'analyse de Fiabilité (suite)

## L'approche par la FMECA



## Identifier le mode de la panne.

Un mode de panne représente la **manière** avec laquelle un élément du système **échoue** dans l'accomplissement de sa **fonction**.

## Déterminer les causes de la panne.

- C'est **analyser** le procès ou le produit pour déterminer la(es) cause(s) actuelle(s) responsable(s) de la panne.
- **Causes typiques**: Contraintes anormales pendant le fonctionnement, Age et fatigue, erreur de codage du logiciel, main d'œuvre non qualifiée, dégâts du matériels dus au transport et manutention...
- Dans ce cas l'utilisation du diagramme d'**Ishikawa** (causes-effets) (arête de poisson) est nécessaire pour déterminer les causes

## Déterminer les effets de la panne.

- Les pannes influent non seulement sur la fonction de l'élément mais aussi sur le système entier.
- C'est nécessaire de considérer l'effet sur les éléments dans la même **hiérarchie**, puis sur ceux du **niveau supérieur** et ainsi de suite jusqu'au **système** entier et même sur le **client**.

## Identifier les moyens de détection de la panne.

Ça réfère à l'existence des caractéristiques du design, aides, jauges ou des procédures d'évaluation... qui peuvent aider à la détection de pannes potentielles.

## Sévérité du taux de panne.

- Réfère au sérieux de l'effet ou impact d'une certaine panne. S'il ya panne, est ce ça va causer la mort de l'opérateur et la destruction du système, ou bien juste une petite dégradation de la performance.
- Le degré de sévérité peut être exprimé sur une échelle de 1 à 10 liée à la sécurité ou au degré d'insatisfaction du client.

## Fréquence du taux de panne.

- C'est la fréquence d'événement du mode de panne de chaque élément individuellement.
- La somme des fréquences de tous les modes de pannes d'un élément du système doit être égale à son taux de panne.
- La fréquence peut être exprimée sur une échelle de 1 (panne improbable) à 10 (panne inévitable). Echelle est définie en fonction du nombre prévu de pannes par unité de temps ou équivalent.

## Probabilité de détection du taux de panne..

- Probabilité qu'un control de procès, aides de design, procédures de vérification...pourra détecter des pannes potentielles à temps afin d'éviter une catastrophe majeure.
- La probabilité peut être exprimée sur une échelle de 1 (détection presque sure) à 10 (sure non détectable).

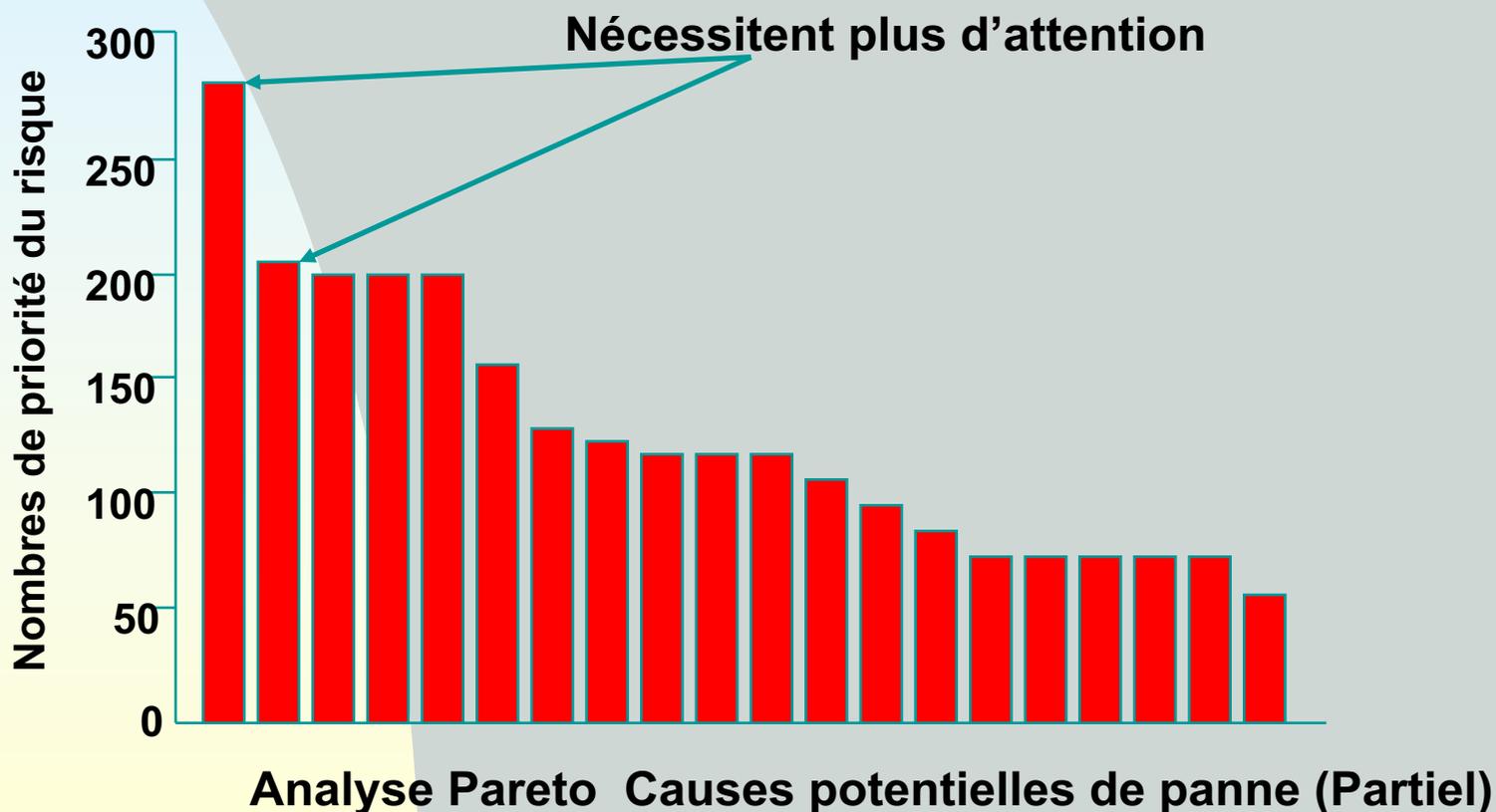
## Analyser critiquelement le mode de panne

- L'objectif est de consolider les informations ci-dessus afin de décrire les aspects les plus critiques du design du système.
- La **criticité** est alors fonction de la **sévérité**, de la **fréquence** et de la **probabilité de détection** et peut même être exprimée en termes du numéro de priorité du risk (RPN: risk priority number)

**RPN** = (taux de sévérité) (taux de fréquence) (taux de probabilité de détection)

## Faire des recommandations pour amélioration du produit/procès

- C'est le processus itératif pour identifier les zones à grande valeur du RPN, évaluer les causes et initier des recommandations pour améliorer le processus/produit.
- Utiliser l'analyse Pareto pour rendre visible les zones à pbs.

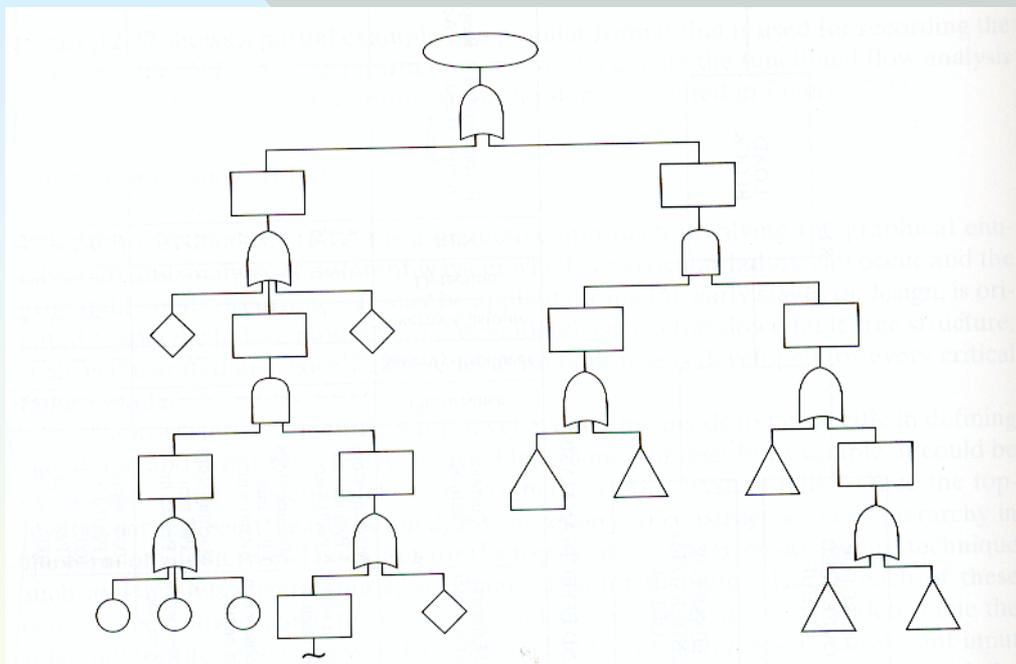


### **b. FTA: Fault Tree analysis** **Arbre des défauts.**

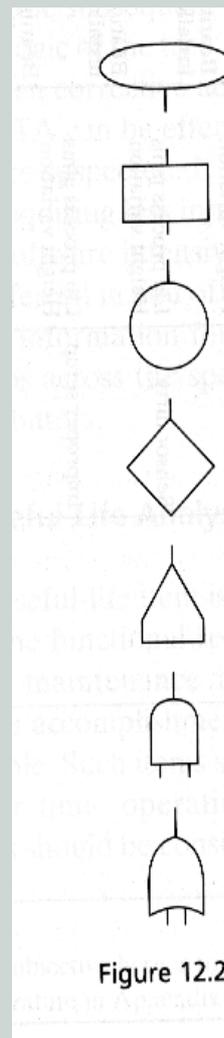
- ✓ C'est une approche déductive impliquant une énumération graphique et une analyse des différentes façons dans lesquelles une certaine panne peut se produire et la probabilité de son occurrence.
- ✓ Peut être appliquée très tôt dans le design et est orientée vers des modes de panne spécifiques.
- ✓ Pour chaque mode de panne critique, un arbre des défauts est développé.
- ✓ D'abord identifier un événement au top-level, puis construire une hiérarchie de causale sous la forme d'un arbre de défauts.
- ✓ L'étape suivante est de déterminer la fiabilité de l'événement top-level en déterminant les probabilités de tous les événements input et les consolidations de ces probabilités en accordance avec la logique de l'arbre.
- ✓ Si cette fiabilité est inacceptable, des actions correctives sont nécessaires

# Méthodes d'analyse de Fiabilité (suite)

## b. FTA: Fault Tree analysis Arbre des défauts.



Exemple d'arbre de défauts



Représente l'événement top-level.  
Toujours au sommet

Représente un événement défaut intermédiaire. N'importe où, sauf en bas de l'organigramme

Événement de panne le plus bas. Événement de base. Toujours en bas

Événement non développé. Peuvent aussi être divisés

Événement input. Réfère à à un signal ou input qui peut causer la panne du système

Portail du AND logique. Output réalisée seulement après la réception de toutes les inputs associées

Portail du OU logique. Output réalisée après réception d'une ou plus d'inputs.

Figure 12.28

### D'autres méthodes

**Analyse contraintes-résistances** (si l'élément est soumis à une contrainte supplémentaire que celle prévue)

**Prédiction de la fiabilité** (les valeurs prédits du MTBM et/ou MTBF sont comparés par rapport aux exigences et les zones d'incompatibilité sont évaluées pour une possible amélioration du design).

**Modélisation de l'évolution de la fiabilité** (l'idée est de développer un plan d'évolution de la fiabilité en utilisant les données du passé).

# 7. Évaluation et révision du design

- ✓ **La révision de la fiabilité est nécessaire pour le design du système.**
- ✓ **Les caractéristiques du système (et ses éléments) sont évaluées en termes de conformité avec les exigences de fiabilité initiales du système.**
- ✓ **Si les exigences sont respectées le design est accepté sinon, des actions correctives sont nécessaires.**

# 8. Évaluation et test de la fiabilité

- ✓ **Test de la fiabilité fait partie du test et évaluation du système. Généralement sous la catégorie Type II et Type III.**
- ✓ **Comme chaque catégorie de test, il ya: phase du planning, phase de la préparation du test, phase du test et d'évaluation lui-même, phase de la collection des données d'analyse et la phase du rapport du test.**
- ✓ **L'objectif primordial du test de la fiabilité est de déterminer si le test en test vérifie les exigences MTBF spécifiées.**
- ✓ **Pour cela, le système fonctionne en certaine manière pour une certaine période et les pannes sont enregistrées et évaluées le long du test. Le système sera accepté pour une vie acceptable minimale.**
- ✓ **Plusieurs méthodes de test existent pour mesurer la fiabilité du système:**

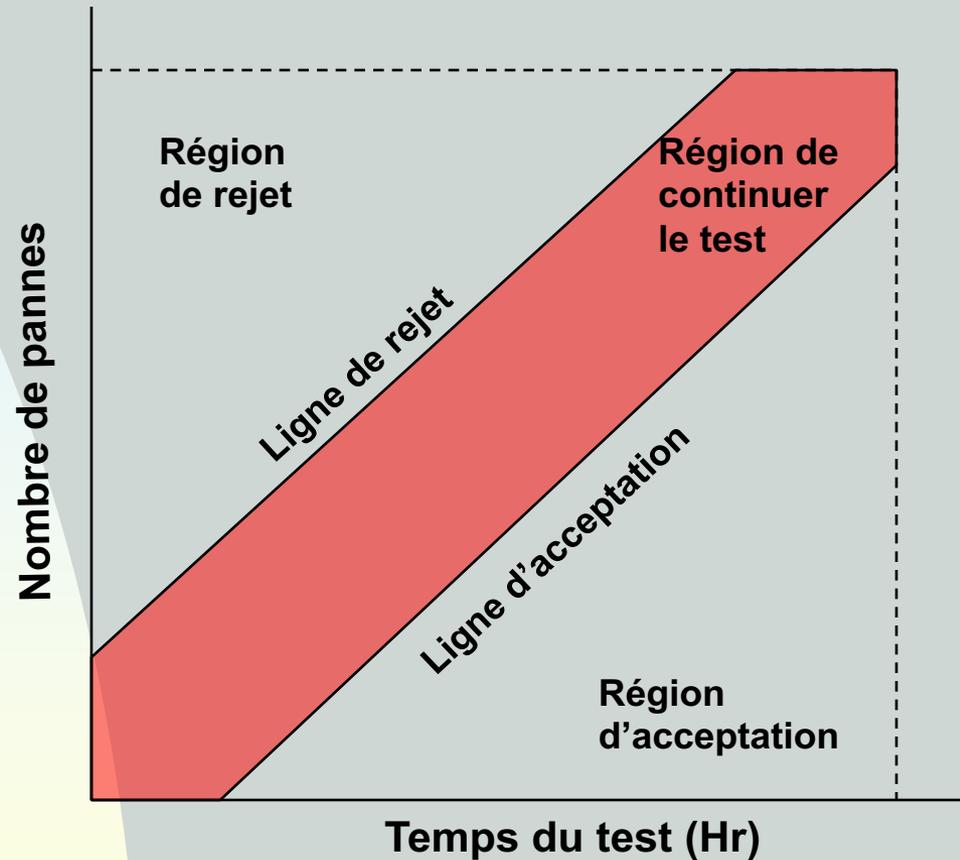
# Évaluation et test de la fiabilité (suite)

## 1. Test de qualification séquentielle de la fiabilité

- ✓ Initialement, MTBF est établi pour le système suivi de l'allocation et de la définition des critères de design. Les analyses de fiabilité et les prédictions sont ensuite faites pour évaluer la configuration du design par rapport aux exigences du système.
- ✓ Si les prédictions sont conformes, le design continue (construction de prototype ou de modèles) et les tests de qualification peuvent commencer.
- ✓ Lorsque un test séquentiel de fiabilité est conduit, il ya 03 décisions possibles: (1) accepter le système, (2) rejeter le système ou (3) continuer le test. (voir figure)

# Évaluation et test de la fiabilité (suite)

## 1. Test de qualification séquentielle de la fiabilité



# Évaluation et test de la fiabilité (suite)

## 1. Test de qualification séquentielle de la fiabilité

- ✓ Plans de test séquentiel sont hautement influencés par les risques pour le producteur et le consommateur avec les décisions prises lors des tests. Ces risques sont définis comme:
  - ✓ **Risque du producteur:** ( $\alpha$ ) la probabilité de rejeter un système lorsque le MTBF mesuré est égal ou mieux que le MTBF spécifié. Ça réfère à la probabilité de rejeter le système quand il faut l'accepter, qui constitue un risque au fabricant ou producteur du système (connu en erreur Type I).
  - ✓ **Risque de l'utilisateur ou du consommateur:** ( $\beta$ ) La probabilité d'accepter le système quand le MTBF mesuré est moins que le MTBF spécifié. Ça réfère à la probabilité d'acceptation du système qui doit être rejeté, et constitue un risque à l'utilisateur (connu en erreur Type II)

# Évaluation et test de la fiabilité (suite)

## D'autres méthodes

- ✓ **Test d'acceptation de la fiabilité**
- ✓ **Test de la vie de fiabilité**
- ✓ **Estimation de la fiabilité opérationnelle**

**Merci. Fin du chapitre 2**

# *Systems Engineering*

**Abdellatif MEGNOUNIF**

**Semaine Prochaine**

## **Design pour la maintenabilité**