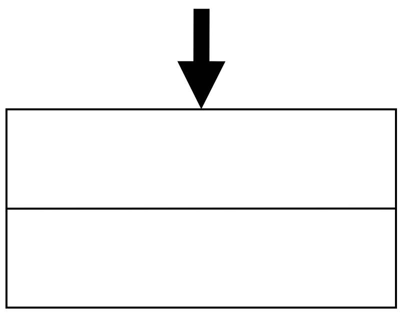
Chapitre 4

Application des méthodologies de sûreté de fonctionnement



5.1 La fiabilité

5.1.1 Définition

La fiabilité caractérise l'aptitude d'un système ou d'un matériel à accomplir une fonction requise dans des conditions données pendant un intervalle de temps donné.

La fiabilité est la science des défaillances basée sur l'expérience. Elle est indissociable de la qualité.

Plus une machine est constituée d'un nombre important de composants plus la fiabilité de cette dernière à tendance à diminuer. Lorsque les composants sont trop nombreux ou trop complexes, il arrive fréquemment un moment où la maîtrise de la fiabilité n'est plus possible et l'hypothèse d'une défaillance très probable.

La non-fiabilité d'un produit ou d'un bien augmente les coûts de l'après vente (application des garanties, frais judiciaires, etc.…). Construire plus fiable augmente les coûts de conception et de production. Le coût total du produit prendra en compte ces deux tendances.

Exemple 5.1

Ma voiture me permettra d'accomplir le trajet prévu dans les conditions prévues, compte tenu des conditions de circulation (elle n'aura pas de panne durant le trajet).

5.1.2 Indicateurs de fiabilité λ et MTBF

λ et la MTBF sont les deux principaux indicateurs de la fiabilité utilisés industriellement.

5.1.2.1 Taux de défaillance λ

λ représente le **taux de défaillance** ou le **taux d'avarie**.

Il caractérise la vitesse de variation de la fiabilité au cours du temps.
Pour une période de travail donnée, durée totale en service actif :

$$\lambda = \frac{Nombre\ total\ de\ défaillances\ pendant\ le\ service}{Durée\ total\ de\ bon\ fonctionnement}$$

Remarque 5.1 : Durée total de bon fonctionnement = la durée totale en service – la durée des défaillances. Les unités utilisées sont : le nombre de défaillances par heures, le pourcentage de défaillances pour 1000 heures,…

5.1.2.2 Temps moyen de bon fonctionnement

Le MTBF (Mean Time Between Failure) est souvent traduit comme étant la moyenne des temps de bon fonctionnement mais représente la moyenne des temps entre deux défaillances.

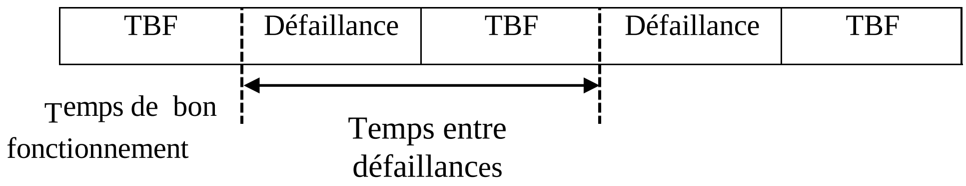


Figure 5.1 : Fonctionnement d'un équipement

Physiquement le MTBF peut etre exprimé par le rapport des temps :

$$MTBF = \frac{Somme\ des\ temps\ de\ fonctionnement\ entre\ le\ n\ défaillances}{nombre\ d'interventionde\ maintenance\ avec\ immobilisation}$$

Si λ est constant : $MTBF = \frac{1}{\lambda}$

Par définition le MTBF est la durée de vie moyenne du système.

Exemple 5.2 : Un compresseur industriel a fonctionné pendant 8000 heures en service continu avec 5 pannes dont les durées respectives sont : 7 ; 22 ; 8,5 ; 3,5 et 9 heures. Déterminer son MTBF.

$$MTBF = \frac{Durée\ total\ de\ bon\ fonctionnement}{Nombre\ total\ de\ défaillances\ pendant\ le\ service} = \frac{8000 - (7 + 22 + 8.5 + 3.5 + 9)}{5}$$

$$= \frac{7950}{5} = 1590$$

$$\boxed{MTBF = 1590\ \text{heures}}$$

5.1.2.3 Les différentes phases du cycle de vie d’un produit

L’évolution du taux de défaillance d’un produit pendant toute sa durée de vie est caractérisée par ce qu’on appelle en analyse de fiabilité la courbe en baignoire

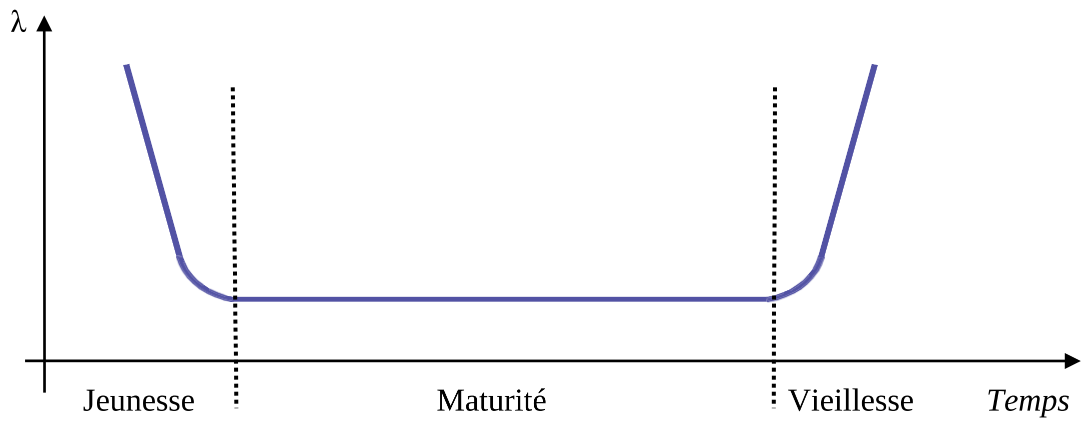


Figure 5.2 : La courbe en baignoire.

5.1.3 Fiabilité de système constitué de plusieurs composants

5.1.3.1 Système en série

R(s) représente la fiabilité d'un ensemble de "n" composants montés en série.

La fiabilité R(s) d'un ensemble de "n" composants A, B, C , …, n montés ou connectés en série est égale au produit des fiabilités respectives R_A, R_B, R_C, …, R_n de chacun des composants.

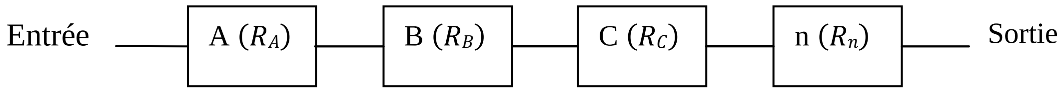


Figure 5.3 : Composants en série

Si les taux de défaillances sont constants au cours du temps la fiabilité sera calculée suivant la formule:

$$R_s = R_A \times R_B \times R_C \times \ldots \ldots .. \times R_n \Longrightarrow R_s = R_s = e^{-\lambda_A t} \times e^{-\lambda_B t} \times e^{-\lambda_C t} \times \ldots .. e^{-\lambda_n t}$$

Avec : $MTBF = \dfrac{1}{\lambda_A + \lambda_B + \lambda_C + \cdots + \lambda_n}$

Si en plus, les composants sont identiques : $\lambda_A = \lambda_B = \lambda_C = \cdots = \lambda_n$ Alors :

$$R_s = e^{-n\lambda t} \text{ et } MTBF = \frac{1}{n\lambda}$$

Exemple 5.3

Soit un poste de radio constitué de quatre composants connectés en série, une alimentation R_A=0.95, une partie récepteur R_B=0.92 ; un amplificateur R_C=0.97 et haut parleur R_D= 0.89 ; déterminer la fiabilité R_S de l'appareil.

R_S= R_A. R_B .R_C. R_D=0.95x 0.92x0.97x0.89=$\boxed{0.7545}$(soit une fiabilité de 75% environ)

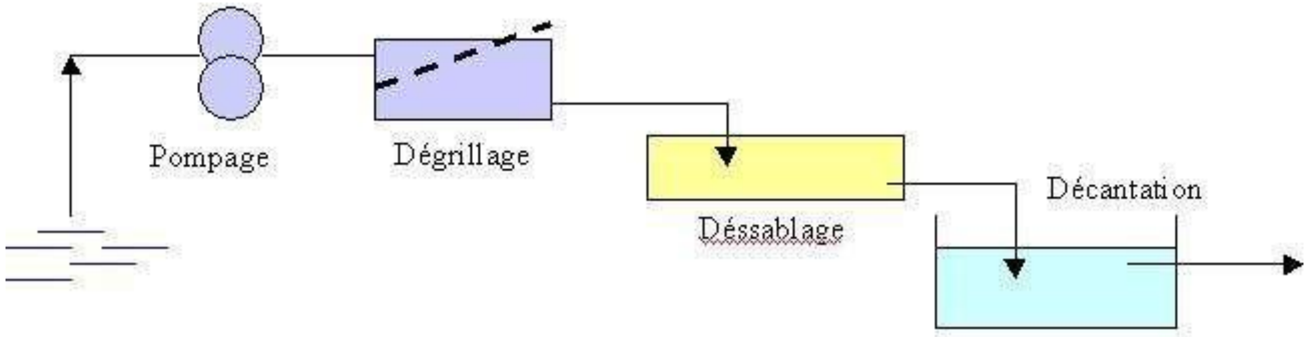
Exemple 5.4

Soit une imprimante constituée de 2000 composants montés en série supposés tous de même fiabilité, très élevée R= 0.9999, Déterminer la fiabilité de l'appareil.

$R_S = 0.9999^{2000} = 0.82$ (fiabilité de 82 %)

Exemple 5.5

La figure ci-dessous représente une installation série d'une installation d'épuration des eaux usagées.



Le relevé de pannes de cette installation est illustré dans le tableau comme suit :

	Pannes exprimées en heures (Temps de référence : 1500 heurs)							
Station de pompage	3	2.5	5	1				
Dégrilleur	4	4	2	3	1.5	0.5		
Déssableur	0.5	0.5	2	1.5	4	6	8.5	8
Décanteur	3	1.5	2					

1- Calculer le MTBF de chaque élément
2- Calculer le Taux de défaillance λ de chaque élément
3- Déterminer la fiabilité R de la station
   a) par heure de fonctionnement
   b) pour une semaine de fonctionnement
   c) pour 4 semaines de fonctionnement

Solution

1) Calculer le MTBF de chaque élément

<u>MTBF station de pompage</u> = [5000 - (3 + 2,5 + 5 + 1) / 4]= 3747

<u>MTBF dégrilleur</u> = [5000 - (4 + 4 + 2 + 3 + 1,5 + 0,5) / 6]= 2497

<u>MTBF déssableur</u> = [5000 - (0,5 + 0,5 + 2 + 1,5 + 4 + 6 + 8,5 + 8) / 8]= 1871

<u>MTBF décanteur</u> = [5000 - (3 + 1,5 + 2) / 3]= 4998

2) Calculer le Taux de défaillance λ de chaque élément

Si λ est supposé constant:

λstation de pompage = 1 / 3747 = 0,000267

λ dégrilleur = 1 / 2497 = 0,000400

λ Déssableur = 1 / 1871 = 0,000534

λ décanteur = 1 / 4998 = 0,000200

3) Déterminer la fiabilité R de la station

a) par heure de fonctionnement

λ_s = 0,00140 (par heure de marche)

$$Rs = e^{-0,0014.t}$$

b) pour une semaine de fonctionnement

Sur une semaine de fonctionnement, soit 168 heures:

$$Rs(168) = e^{-0,0014.168} = e^{-0,2352} = 0,79$$

La probabilité pour que la station fonctionne sans panne pendant 1 semaine est de 79 %.

c) pour 4 semaines de fonctionnement

Sur 4 semaines, soit 672 heures:

$$Rs(672) = e^{-0,0014.672} = e^{-0,2352} = 0,39 = 39\ \%$$

Exemple 5.6

Une machine de production dont la durée totale de fonctionnement est de 15000heures, se compose de quatre sous-systèmes A, B, C et D montés en série et ayant les MTBF respectifs suivants : MTBFA = 4500 heures MTBFB= 3200 heures MTBFC= 6000 heures MTBFD= 10500 heures. Déterminons les taux de pannes et le MTBF global (MTBFS)

a) Taux de pannes de l'ensemble
b) Quelle est la probabilité que le système parvienne sans pannes jusqu'à 5000 heures

Solution

$MTBFA = \frac{1}{\lambda_A} \Longrightarrow \lambda_A = \frac{1}{MTBFA} = \frac{1}{4500} = 2.22 \times 10^{-4}$ défaillance par heure

$MTBFB = \frac{1}{\lambda_B} \Longrightarrow \lambda_B = \frac{1}{MTBFB} = \frac{1}{3200} = 3.12 \times 10^{-4}$ défaillance par heure

$MTBFC = \frac{1}{\lambda_C} \Longrightarrow \lambda_C = \frac{1}{MTBFC} = \frac{1}{6000} = 1.66 \times 10^{-4}$ défaillance par heure

$MTBFD = \frac{1}{\lambda_D} \Longrightarrow \lambda_D = \frac{1}{MTBFD} = \frac{1}{10500} = 9.52 \times 10^{-5}$ défaillance par heure

Le taux de défaillance global est :

$\boxed{\lambda_S = \lambda_A + \lambda_B + \lambda_C + \lambda_D = 7.95 \times 10^{-4}}$ défaillance par heure

La fiabilité (5000 heurs)= $R_s(5000\text{ heurs}) = e^{-7.95\times 10^{-4}\times 5000} = 0.0187$ (environ 2 %)

5.1.3.2 Système en parallèle

- **Redondance active**

La fiabilité d'un système peut être augmentée en plaçant des composants (identiques ou non) en parallèle. Un dispositif, constitué de "n" composants en parallèle, ne peut tomber en panne que si les "n" composants tombent tous en panne au même moment.

Soit les "n" composants de la figure ci-dessous montés en parallèle. Si la probabilité de panne pour chaque composant repéré (i) est notée Fi, alors :

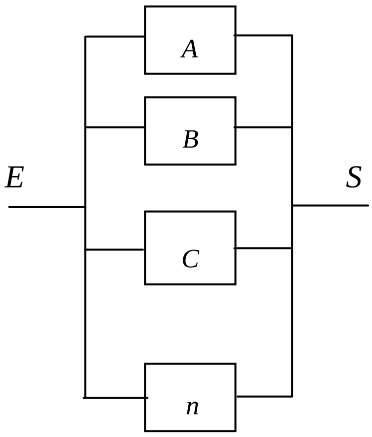


Figure 5.4: Composants en parallèle

La fiabilité R_p de l'ensemble est donnée par la relation :

$$R_p = 1 - (1 - R_A) \times (1 - R_B) \times (1 - R_C) \times \dots . \times (1 - R_n)$$

Remarque 5.2: Si les "n" composants sont identiques ($R = R_A = R_B = \dots = R_n$) et ont tous la même fiabilité R_p, l'expression devient : $R_p = 1 - (1 - R)^n$

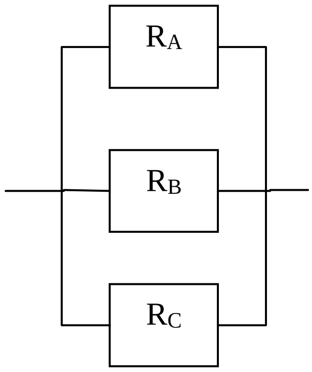
Exemple 5.7

Trois dispositifs A, B et C de même fiabilité $R_A = R_B = R_C = 0.75$ sont connectés en parallèle

a) Déterminons la fiabilité de l'ensemble.
b) Quel nombre de diapositif en parallèle faudrait-il mettre pour avoir une fiabilité globale.
c) Si on souhaite avoir une fiabilité globale de 99% avec trois dispositifs seulement en parallèle, quelle devrait être la fiabilité R de chacun de ces dispositifs.

Solution

Déterminons la fiabilité de l'ensemble



$R_p = 1 - (1 - R_A) \times (1 - R_B) \times (1 - R_C) \Rightarrow R_p = 1 - (1 - 0.75)^3 = 0.984 = 98.4\%$

b) Nombre de diapositif en parallèle faudrait-il mettre pour avoir une fiabilité globale de 0,999 (99,9%)

$R_p = 1 - (1 - 0.75)^n = 0.999 \Rightarrow (0.25)^n = 0.001$

$\Rightarrow ln(0.25)^n = ln(0.001)$

$\Rightarrow n = \dfrac{ln(0.001)}{ln(0.25)}$

$\Rightarrow \boxed{n = 4.983}$

Ce qui implique d'avoir au moins cinq dispositifs en parallèle

c) la fiabilité R de chacun de ces dispositifs

$1 - (1 - R)^3 = 0.99 \Rightarrow (1 - R)^3 = 0.01$

$\Rightarrow (1 - R) = \sqrt[3]{0.01}$

$\Rightarrow R = 1 - \sqrt[3]{0.01}$

$\Rightarrow \quad R = 1 - 0.2154 = 0.7846 \quad \boxed{R = 78.46\%}$

- **Redondance passive**

a) Cas de deux composants en attente

Pour le système proposé, le composant A est en service actif et le composant B en attente. Si B tombe à tour en panne, il est automatiquement remplacé par C, etc. Si tous les composant sont identique avec λ constant, la fiabilité du dispositif est donnée par :

$$R(t) = e^{-\lambda t} + \lambda t e^{-\lambda t} = (1 + \lambda t)e^{-\lambda t}$$

Si A et B ne sont pas identiques la relation devient :

$$R(t) = \frac{\lambda_A}{\lambda_B - \lambda_A}(e^{-\lambda_A t} - e^{-\lambda_B t}) + e^{-\lambda_A t}$$

b) Cas de n composants en attente

Même démarche que précédemment, si A le composant actif tombe en panne, il est remplacé par B. Si B tombe à son tour en panne, il est automatiquement remplacé par C, etc. Si tous les composants sont identiques avec λ constant, la fiabilité du dispositif est donnée par :

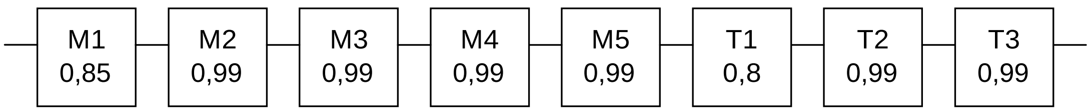
$$R(t) = e^{-\lambda t}\left(1 + \lambda t + \frac{(\lambda t)^2}{2!} + \cdots + \frac{(\lambda t)^3}{3!}\right)$$

c) Combinaison de composants en série et en parallèle

C'est la combinaison des deux sous-paragraphes précédents

Exercice 5.1 (Examen 2018)

Un processus est représenté par le processus suivant :

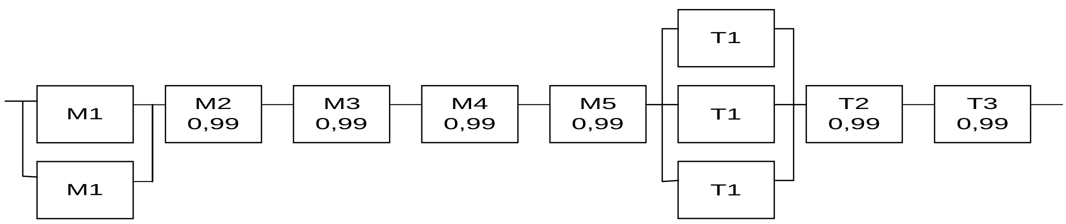


1. Calculer la fiabilité de ce système.

La fiabilité du système entier est le produit de toutes les fiabilités élémentaires : Rs = 0,64

Pour améliorer cette fiabilité, on peut appliquer des redondances sur les systèmes les moins fiables : M1 et T1.

Une des solutions peut consister à utiliser 3 T1 et 2 M1.



2. Calculer la nouvelle fiabilité de ce système, Conclure.

Solution

$Rs = 0.85\times (0.99)^6 \times 0.8 = 0.64$

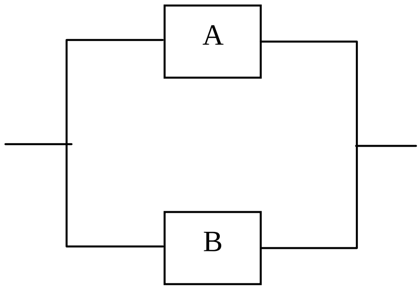
$R_{\text{Améliorer}} = 0.9775\times (0.99)^6 \times 0.992 = 0.9129$

Nous concluons que la fiabilité s'est améliorée lorsque nous avons appliqué la redondance active.

Remarque 5.3: La maintenance corrective réduite le taux de panne et donc améliore la fiabilité.

Exercice 5.2

En considère un système S composé de 2 composants identiques redondants. Supposons que les composants ne sont pas réparables et que $\lambda = 10^{-3}$.

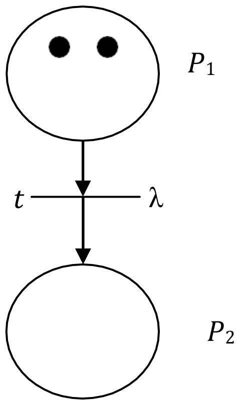


Système S

- Modéliser le système S par le réseau de Petri
- Donner le graphe de Markov obtenu à partir de RdP
- Déterminer la fiabilité du système par :
    1) La chaîne de Markov
    2) Le diagramme de fiabilité
    3) L'arbre de cause
- Quelle est la fiabilité du système au bout de 100 heurs ?

Solution

Réseau de Petri



Graphe de Markov :

Pour trouver le graphe de Markov, il faut d'abord trouver le graphe de marquage

Graphe de marquage :

$$Pré = \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \end{bmatrix} \qquad Post = \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \end{bmatrix} \qquad W = Post - Pré = \begin{bmatrix} -1 \\ 1 \end{bmatrix} \qquad M_0 = \begin{bmatrix} 2 \\ 0 \end{bmatrix}$$

$$M_0 = \begin{bmatrix} 2 \\ 0 \end{bmatrix} \xrightarrow{t} M_1 = \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \end{bmatrix} \xrightarrow{t} M_2 = \begin{bmatrix} 0 \\ 2 \end{bmatrix}$$

Donc le graphe de Markov est :

$$1 \xrightarrow{2\lambda} 2 \xrightarrow{\lambda} 3$$

1) La fiabilité du système par le GdM

Matrice de Taux de transition :

	P_1	P_2	P_3
P_1	-2λ	2λ	0
P_2	0	-λ	λ
P_3	0	0	0

Equation d'état

$$\begin{cases} \dfrac{dP_1(t)}{dt} = -2\lambda P_1(t) & (Eq1) \\ \dfrac{dP_2(t)}{dt} = 2\lambda P_1(t) - \lambda P_2(t) & (Eq2) \\ \dfrac{dP_3(t)}{dt} = \lambda P_2(t) & (Eq3) \end{cases}$$

$(Eq1) \Longrightarrow P_1(t) + 2\lambda P_1(t) = 0$

$\Longrightarrow P_1(t) = Ae^{-2\lambda t}$

$P_1(0) = A \Longrightarrow A = 1$ Donc $\boxed{P_1(t) = e^{-2\lambda t}}$

$(Eq2) \Longrightarrow \dot{P}_2(t) + \lambda P_2(t) = 2\lambda P_1(t)$

$\Longrightarrow \dot{P}_2(t) + \lambda P_2(t) = 2\lambda e^{-2\lambda t}$.......(*)

La solution homogène : $\dot{P}_2(t) + \lambda P_2(t) = 0 \Longrightarrow P_2(t) = Ae^{-\lambda t}$

La solution particulière : $P_2(t) = ae^{-2\lambda t} \Longrightarrow \dot{P}_2(t) = -2\lambda ae^{-2\lambda t}$

(*)$\Longrightarrow -2\lambda ae^{-2\lambda t} + \lambda ae^{-2\lambda t} = 2\lambda e^{-2\lambda t}$

$\Longrightarrow -\lambda ae^{-2\lambda t} = 2\lambda e^{-2\lambda t}$

$\Longrightarrow a = -2$

Solution globale : $P_2(t) = Ae^{-\lambda t} - 2e^{-2\lambda t}$

$P_2(0) = 0 \Longrightarrow A = 2$

Donc : $\boxed{P_2(t) = 2e^{-\lambda t} - 2e^{-2\lambda t}}$

La fiabilité $R(t) = P_1(t) + P_2(t) \Longrightarrow e^{-2\lambda t} + 2e^{-\lambda t} - 2e^{-2\lambda t}$

$$\boxed{R(t) = 2e^{-\lambda t} - e^{-2\lambda t}}$$

2) La fiabilité du système par le diagramme de fiabilité

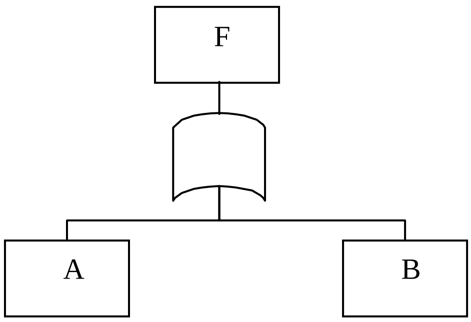
Le système et en parallèle$\Longrightarrow R(t) = 1 - (1 - e^{-\lambda t}) \times (1 - e^{-\lambda t})$

$$\Longrightarrow R(t) = 1 - (1 - e^{-\lambda t})^2$$

$$\Longrightarrow R(t) = 1 - (1 - 2e^{-\lambda t} + e^{-2\lambda t})$$

$$\boxed{R(t) = 2e^{-\lambda t} - e^{-2\lambda t}}$$

3) La fiabilité du système par l'arbre de cause



$R(t) = P(F) = P(A + B) = P(A) + P(B) - P(A) \times P(B)$

$R(t) = e^{-\lambda t} + e^{-\lambda t} - e^{-\lambda t} \times e^{-\lambda t}$

$\boxed{R(t) = 2e^{-\lambda t} - e^{-2\lambda t}}$

La fiabilité du système au bout de 100 heures est : $R(t) = 2e^{-10^{-3}\times 100} - e^{-2\times 10^{-3}\times 100}$

$R(100) = 2e^{-0.1} - e^{-0.2} = 0.99$

$$\boxed{R(100) = 99\%}$$

5.2 La maintenabilité

5.2.1 Définition

Pour une entité donnée, utilisée dans des conditions données d'utilisation, la maintenabilité est la probabilité pour qu'une opération donnée de maintenance active puisse être effectuée pendant un intervalle de temps donné, lorsque la maintenance est assurée dans des conditions données et avec l'utilisation de procédures et de moyens prescrits.

Par la maintenabilité, on recherche l’optimisation du temps d’intervention afin d’augmenter le temps de production en diminuant les délais dûs au :

- Temps pour l’attente de pièce de remplacement ;
- Temps pour compléter les documents ;
- Temps de préparation de l’action.

Son indice est le MTTR et se calcule de manière suivante :

$$MTTR = \frac{\text{Temps total d'arrêts}}{\text{Nombre d'arrêts}}$$

La maintenabilité peut se caractériser par sa MTTR (Mean Time To Repair) ou encore Moyenne des Temps Techniques de Réparation.

5.2.2Taux de réparation µ

Il est égal à l’unité de temps sur la MTTR :

$$\mu = \frac{1}{\text{MTTR}}$$

Exemple 5.8

La figure ci-dessous illustre le fonctionnement d’un équipement sur 24 heures

	1h		½ h		1h	

	Bon fonctionnement
	Panne (d’arrêt)

1- Calculer la MTTR et le taux de réparation

2- **Solution :** $\boxed{MTTR = \frac{2.5}{3} = 0.83\text{h},\ \mu = 1.2\text{h}^{-1}}$

Le taux de réparation indique l’aptitude d’un bien à être dépanné et/ou réparé. Dans le cas ou il est constant la fonction de maintenabilité est :

$$M(t) = 1 - e^{-\mu t}$$

Exercice 5.3

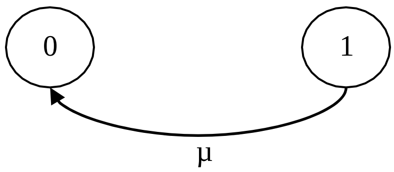
Déterminer par la chaîne de Markov que : $M(t) = 1 - e^{-\mu t}$

Remarque 5.4 : On peut calculer l'maintenabilité $\bar{M} = 1 - M(t)$ directement à partir de la chaîne de Markov précédente. En effet, c'est la probabilité que le système qui est initialement en panne ne puisse pas être réparé. Il faut donc considérer la chaîne de Markov où on supprime toutes les transitions des états de marche vers les états de panne.

$$\bar{M} = \sum_{i \in \text{ététs de panne}} P_i(t)$$

Solution

Chaîne de Markov



Matrice taux de défaillance : $M = \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ \mu & -\mu \end{bmatrix}$

Equations d'états : $\begin{cases} \frac{dP_1(t)}{dt} = \mu P_2(t) \\ \frac{dP_2(t)}{dt} = -\mu P_2(t) \\ P_1(t) + P_2(t) = 1 \end{cases}$

$$\frac{dP_2(t)}{dt} = -\mu P_2(t) \Longrightarrow \frac{dP_2(t)}{dt} + \mu P_2(t) = 0$$

$$\Longrightarrow P_2(t) = e^{-\mu t}$$

$$\bar{M} = \sum_{i \in \text{ététs de panne}} P_i(t) \Longrightarrow \bar{M} = e^{-\mu t}$$

$\bar{M} = 1 - M(t) \Longrightarrow M(t) = 1 - \bar{M}$ Donc : $\boxed{M(t) = 1 - e^{-\mu t}}$

5.3 La disponibilité

5.3.1 Définition

Aptitude d'un bien à être en état d'accomplir une fonction requise dans des conditions données, à un instant donné ou durant un intervalle de temps donné, en supposant que la fourniture des moyens extérieurs nécessaires est assurée.

Cette aptitude dépend de la combinaison de la fiabilité, de la maintenabilité et de la logistique de maintenance.

Exemple 5.9 : Ma voiture est "prête" lorsque je veux l'utiliser (elle n'est pas chez le garagiste, elle est en état de marche).

Si les durées de vie et les durées de réparation suivent une distribution exponentielle avec, respectivement, un taux de panne λ et un taux de réparation μ, tous constants, la disponibilité instantanée est donnée par l'expression :

$$A(t) = \frac{\mu}{\lambda + \mu} + \frac{\lambda}{\lambda + \mu} e^{-(\lambda+\mu)t}$$

Exercice 5.4

Déterminer avec la chaîne de Markov que : $A(t) = \frac{\mu}{\lambda+\mu} + \frac{\lambda}{\lambda+\mu} e^{-(\lambda+\mu)t}$

5.3.2 Indicateurs de disponibilité

La disponibilité (D) sur un intervalle de temps donné put être évaluée par le rapport :

$$D = \frac{\text{Temps de disponibilité}}{\text{Temps de disponibilité} + \text{Temps d'indisponibilité}}$$

$$D = \frac{\text{MUT}}{\text{MUT} + \text{MDT}}$$

$$D = \frac{\text{MTBF}}{\text{MTBF} + \text{MTTR}}$$

D'où :

MUT : Mean Up Time (Temps Moyen de Disponibilité)

MDT: Mean Down Time (Temps Moyen d'indisponibilité)

Exemple 5.9

Un fabricant de machines outils prévoit en accord avec son client la disponibilité intrinsèque d'une machine en prenant en compte des conditions idéales d'exploitation et de maintenance :

- 1 changement de fabrication par mois, temps moyen du changement : 6 heures.

- maintenance corrective :
  - taux de défaillance : 1 panne/mois
  - temps moyen de réparation : 4 heures
- 3 heures de maintenance préventive par mois.

➢ Calcul la disponibilité intrinsèque (les temps sont exprimés en heures) : temps d'ouverture : 1 mois = 400 heures

Temps d´ouverture : 1 mois = 400h

Tps fct	réparation	Tps fct	Chgt fab	Tps fct	préventif	Tps fct
160	4	127	6	50	3	50

Solution

$$D = \frac{\text{Temps de disponibilité}}{\text{Temps de disponibilité} + \text{Temps d'indisponibilité}}$$

$$D = \frac{160 + 127 + 50 + 50}{400} = \frac{387}{400} = 0.967(97\%)$$

5.4 La sécurité

5.4.1 Définition

C'est l'aptitude d'un système à ne pas connaître de pannes considérées comme catastrophiques pendant une durée donnée.

Exemple 5.10

La machine ne doit pas agresser le personnel ou les visiteurs

5.4.2 Mesures de sécurité

Nous pouvons distinguer les mesures de sécurité par leur mode d'action : les sécurités passives et les sécurités actives.

5.4.2.1 Sécurités passives

La sécurité passive désigne tous les éléments mis en jeu afin de réduire les conséquences d'un accident lorsque celui-ci n'a pu être évité. Elle agit par sa seule présence, sans intervention humaine ni besoin en énergie (exemple : bâtiment de confinement, cuvette de rétention, etc.). Cependant, il ne faut pas réduire la sécurité passive à la limitation des conséquences des accidents (l'isolation électrique est une mesure passive et préventive).

5.4.2.2 Sécurités actives

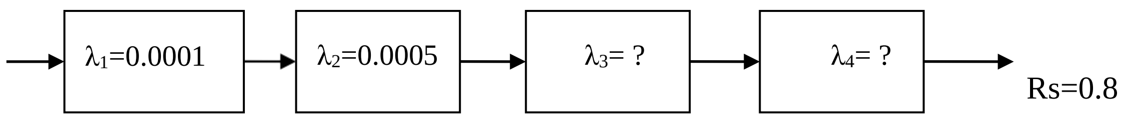
La sécurité active désigne tous les éléments mis en jeu afin d'éviter les accidents. Elle nécessite une action, une énergie et un entretien (exemple : détecteur, vannes, etc.). La sécurité d'une installation repose sur l'utilisation de ces deux modes d'action. Une préférence est donnée au mode passif quand il est techniquement possible. Des critères de qualité sont exigés pour le mode actif, notamment la tolérance à la première défaillance : doublement de l'organe de sécurité (redondance). La sécurité fonctionnelle reste l'un des moyens les plus importants pour la prise en compte des risques. D'autres moyens de réduction ou d'élimination des risques, tels que la sécurité intégrée dans la conception, sont également d'une importance essentielle.

5.5 Exercices proposés

Exercice P5.1 (Examen 2018)

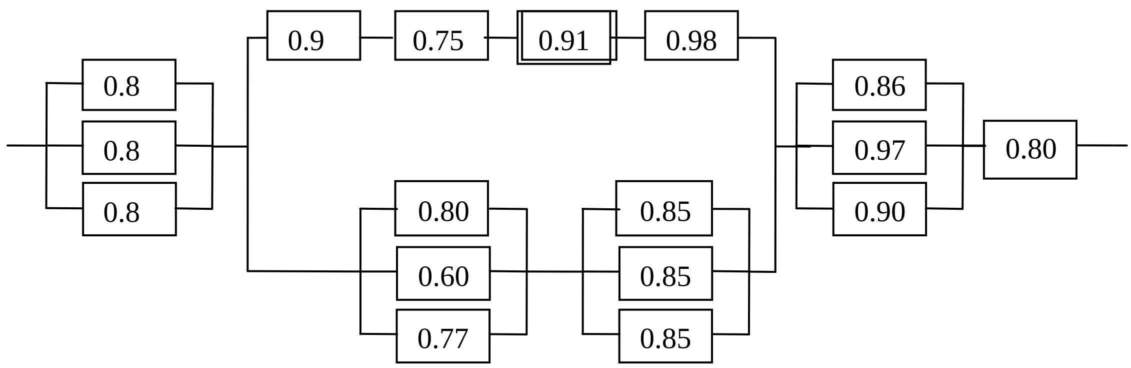
Soit un système en série dont les composants opèrent dans leur période de maturité. Le composant 1 à un taux de défaillance de 0.0001 et le composant 2 a un taux de défaillance de 0.00005.

- Déterminer la fiabilité des composants 3 et 4 du système si la fiabilité du système est égale à 0.8 après heurs d'utilisation et que les composants 3 et 4 dont identiques ($R=e^{-\lambda t}$)



Exercice P5.2

Voici la figure suivante ;



- Trouver la fiabilité du système sachant que chaque composante a la fiabilité indiquée dans le carré.

Exercice P5.3

La loi de durée de vie d'une machine est du type $R(t) = e^{-\lambda t}$. La MTBF est de 54 heures. Quelle est la fiabilité du système au bout de 16 heures **?**

Exercice P5.4

Un technicien a été chargé d'étudier le fonctionnement d'un certain type A de pièces. Après mesure de la durée de vie d'un certain nombre de ces pièces, il en est arrivé à la conclusion que la variable aléatoire qui à chaque pièce de type A associe sa durée de vie en jours suit une loi exponentielle dont la MTBF est égale à 145.

1) Calculer le paramètre de cette loi, arrondi à 10^{-4} près.
2) On admet dans cette question que le paramètre de la loi vaut : $\lambda = 0{,}007$

On écrira pour les calculs demandés dans les questions 2)a) , 2)b) et 3)b) les valeurs approchées sous leur forme décimale arrondie à 10^{-3} près.

   a) Calculer la probabilité qu'une pièce de type A soit en panne au bout de 200 jours.
   b) Calculer la probabilité qu'une pièce de ce type soit encore en fonctionnement au bout de 500 jours.
   c) Déterminer, arrondi à 1 jour près, le temps de bon fonctionnement avec une fiabilité égale à 0,8.
3) On considère deux pièces de type A fonctionnant de façon indépendante.
   a) Déterminer la fiabilité du système obtenu en montant ces deux pièces en série.
   b) Calculer la probabilité que ce système fonctionne au moins 150 jours.

Exercice P5.5

Un système se compose de deux turbines à gaz identiques fonctionnent de façon continue en système dit en attente, lorsque la turbine **A** tombe en panne ou se mettre en pause pour des raisons d'entretien, l'équipe d'exploitation démarre la turbine **B** pour la remplace et assure la continuité de travail.

Suivant l'historique des machines, on a constaté :

	Nombre de pannes		
	2013	2014	2015
Turbine A	12	18	30
Turbine B	10	2	2

Dans les tableaux suivants en va voir l'enchainement de fonctionnement entre les deux turbines durant les trois dernières années.

Les heures de marche des turbines pendant l'année 2013

			Heures de marche, h	
Mois	Nbre de jours	Heures de marche Théorique, h	Turbine A	Turbine B
Mars	31	744	185	74
Avril	30	720	115	128
Mai	31	744	366	234
Juin	30	720	625	0
Juillet	31	744	472	0
Aout	31	744	429	360
Septembre	30	720	0	335
Octobre	31	744	0	580
Novembre	30	720	0	667
Décembre	31	744	88	701

Les heures de marche des turbines pendant l'année 2014

			Heures de marche, h	
Mois	Nbre de jours	Heures de marche Théorique, h	Turbine A	Turbine B
Janvier	31	744	388	325
février	28	672	332	322
Mars	31	744	198	543
Avril	30	720	547	118
Mai	31	744	632	0
Juin	30	720	720	0
Juillet	31	744	11	729
Aout	31	744	440	273
Septembre	30	720	645	54
Octobre	31	744	761	0
Novembre	30	720	702	0
Décembre	31	744	43	695

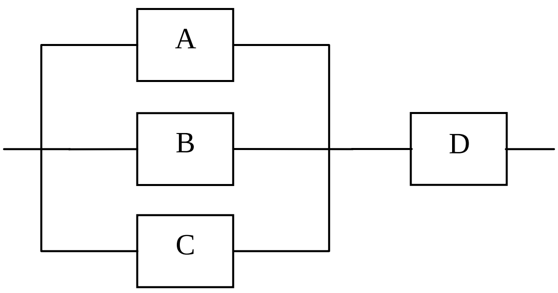
Les heures de marche des turbines pendant l'année 2015

Mois	Nbre de jours	Heures de marche Théorique, h	Heures de marche, h	
			Turbine A	Turbine B
Janvier	31	744	27.5	713
février	28	672	107	552
Mars	31	744	459	270
Avril	30	720	507	210
Mai	31	744	277	361
Juin	30	720	413	562
Juillet	31	744	0	738
Aout	31	744	312	423
Septembre	30	720	690	0
Octobre	31	744	322	421
Novembre	30	720	304	415
Décembre	31	744	234	298

- Calculer la fiabilité, la disponibilité et la maintenabilité pour la Turbine A, Turbine B et du système

Exercice P5.6

En considère un système S1 composé de 4 composants identiques redondants. Supposons que les composants ne sont pas réparables et que $\lambda = 10^{-5}$.



Système S1

- Modéliser le système S par le réseau de Petri
- Donner le graphe de Markov obtenu à partir de RdP
- Déterminer la fiabilité du système par :
  1- La chaîne de Markov

2- Le
diagram
me de
fiabilité
3-
L’arbre
de cause

Quelle est la fiabilité du système au bout de 300000 heurs