

I – RESSOURCES :**1 Maintenabilité d'un matériel**

Pour mesurer la maintenabilité d'un matériel on utilise le plus souvent les critères suivants :

- MTTR = Mean Time To Repair = Moyenne des Temps T pour Réparer (diagnostic + réparation + remise en état). MTTR est donc le temps passé au total en réparation divisé par le nombre de pannes.
- $\mu = 1/\text{MTTR}$. μ est appelé taux de réparation. μ est donc le nombre de réparations divisé par le temps total passé en réparation.

2 Fiabilité d'un matériel

Pour mesurer la fiabilité d'un matériel on utilise le plus souvent les critères suivants :

- MTBF = Mean Time Between Failure = Moyenne des Temps de Bon Fonctionnement (du matériel entre deux pannes). MTBF est donc le temps total de bon fonctionnement divisé par le nombre de pannes du matériel.
- $\lambda = 1/\text{MTBF}$. λ est appelé taux de défaillance. λ est donc le nombre de défaillances par unité de temps de bon fonctionnement. λ est donc aussi la probabilité de défaillance du matériel par unité de temps de bon fonctionnement.

3 Disponibilité d'un matériel

C'est une combinaison des deux notions précédentes. Pour qu'un matériel soit disponible, il faut qu'il soit le plus longtemps possible en état de marche (MTBF) et le moins longtemps possible en réparation (MTTR). En fait, la disponibilité est par définition la probabilité pour que le matériel soit en état d'accomplir une fonction requise. La disponibilité peut prendre différentes formes et s'exprimer ainsi :

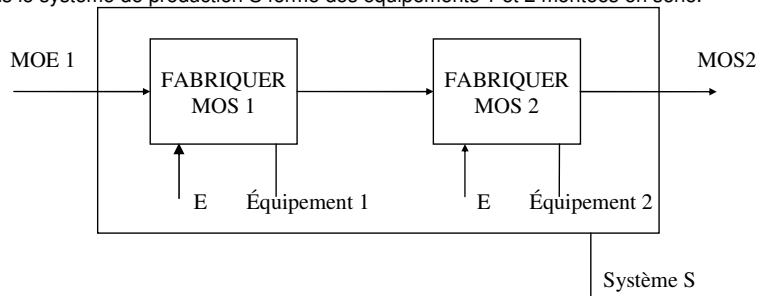
$D = \text{tps de disponibilité} / \text{tps total}$

$D = \text{tps de disponibilité} / (\text{tps de disponibilité} + \text{tps d'indisponibilité})$

$D = \text{MTBF} / (\text{MTBF} + \text{MTTR})$

4 Équipements en série

Considérons le système de production S formé des équipements 1 et 2 montés en série.



Nous adopterons les notations suivantes

- MTTR_i = Mean Time To Repair équipement i
- MTBF_i = Mean Time Between Failure équipement i
- λ_i = taux de défaillance équipement i
- μ_i = taux de réparation équipement i
- n_i = nombre de pannes de l'équipement i
- TTR_i = Temps Total de Réparation de l'équipement i
- MTTR = Mean Time To Repair du système
- TBF = Temps total de bon fonctionnement du système

41 Calcul du taux de défaillance λ du système**42 Calcul du taux de réparation μ du système****II – APPLICATIONS :****21 Disponibilité, maintenabilité**

a/ La fiabilité d'un matériel est bonne si

- son Mean Time Between Failure est élevé
- son taux de défaillance λ est faible

b/ La maintenabilité d'un matériel est bonne si

- son Mean Time To Repair est élevé
- son taux de réparation μ est faible

22 Formules de calcul de MTBF, MTTR, λ , μ , D

Pour un matériel en exploitation pendant un temps total TT = 50 000 heures ayant été sujet à $p = 5$ pannes ayant provoqué la mise hors service pour cause de réparation pendant un Temps Total de Réparation TTR = 50 heures, le Temps total de Bon fonctionnement vaut

$$TBF = \dots$$

Donnez l'expression **littérale** en fonction de TTR, TBF et p de

- Mean Time Between Failure MTBF = • Taux de défaillance λ =
- Mean Time To Repair MTTR = • Taux de réparation μ =

Donnez l'expression **littérale** de la disponibilité D en fonction de λ et μ

$$D =$$

Application numérique :

- MTBF = • μ =
- MTTR = • D =
- λ =

23 Calcul de disponibilité d'une pompe industrielle :

Une pompe industrielle a fonctionné pendant 10 000 heures en service continu avec 7 pannes dont les durées respectives sont : 4 ; 2,5 ; 6 ; 12 ; 1,5 ; 36 et 3,5 heures.

⇒ **Calculez MTBF, MTTR, λ , μ et la disponibilité de ce matériel**

$$MTBF = \quad \mu =$$

$$MTTR = \quad D =$$

$$\lambda =$$

24 Calcul de disponibilité d'un système de convoyage :

Au sein de l'usine de conditionnement d'engrais SOFERTI de GRANDVILLE, la fonction de convoyage des sacs d'engrais nécessite trois convoyeurs identiques situés les uns à la suite des autres. Sur un même convoyeur, il s'écoule en moyenne 600 heures entre la fin d'une panne et la panne suivante. Bien que ces temps soient très variables selon la panne, l'agent de maintenance met en moyenne

- 15 minutes pour arriver sur les lieux car il n'a pas que cela à faire,
- 10 minutes pour déterminer l'origine de la panne,
- 25 minutes pour réparer et il lui faut
- 10 minutes de plus pour remettre le système en service.

a/ Déterminez la disponibilité d'un seul convoyeur

b/ Déterminez la disponibilité de la fonction convoyage des sacs d'engrais

III – ETUDE DE FIABILITE

L'étude à réaliser porte sur une machine à laver le linge de style courant. Les informations ont été relevées sur un échantillon de 1000 personnes.

Le temps moyen de fonctionnement d'une machine est d'environ 10 heures par semaine (environ 40 heures par mois).

Le temps moyen de réparation a été fixé en commun avec des gens du métier. Un dépanneur réalise 5 interventions par jour et travaille 5 jours par semaine.

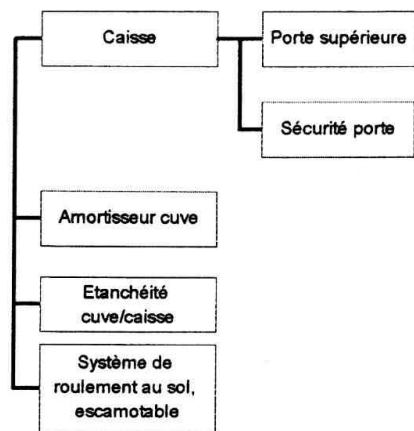
Tableau de données :

| Sous-système | Composants | Nb de pannes | TBF (heures) | MTTR (heures) |
|--------------|--------------------------|--------------|-----------------|------------------|
| 1 | CHASSIS | | | |
| | Caisse | 1 | 5760 | 72 |
| | Porte supérieure | 1 | 1440 | 48 |
| | Sécurité porte | 3 | 1440 | 24 |
| | Amortisseur | 1 | 1440 | 24 |
| | Etanchéité porte | 2 | 1440 | 24 |
| 2 | MOTEUR | | | |
| | Fil d'alimentation | 1 | 2880 | 24 |
| | Programmeur | 108 | 1440 | 48 |
| | Faisceau de raccordement | 2 | 1440 | 24 |
| | Moteur | 7 | 1440 | 72 |
| | Poulie | 1 | 1440 | 24 |
| | Courroie | 42 | 2880 | 24 |
| Tambour | 1 | 2880 | 72 | |
| 3 | CIRCUIT D'EAU | | | |
| | Tuyau d'arrivée | 25 | 2880 | 24 |
| | Electrovannes | 32 | 1440 | 24 |
| | Cuve | 0 | 5760 | 72 |
| | Pompe | 120 | 1440 | 24 |
| | Pressostat | 28 | 1440 | 24 |
| | Tuyau d'évacuation | 2 | 1440 | 24 |
| | Elément chauffant | 9 | 1440 | 48 |
| | Contrôle thermostatique | 47 | 1440 | 24 |

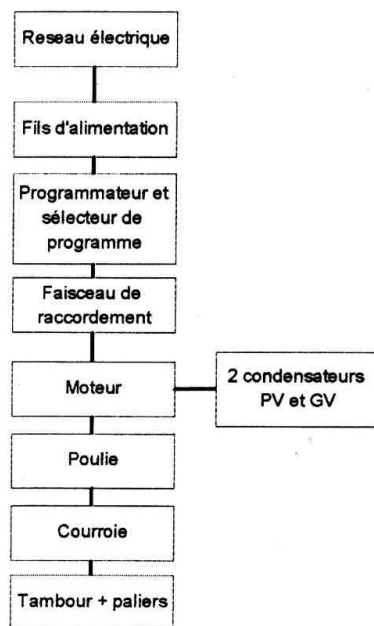
⇒ **Calculer les taux de défaillance, de réparation et la disponibilité des différents sous-systèmes puis de l'ensemble.**

Remarque 1 : le taux de défaillance sera calculé avec le nombre de pannes pondérées à 60% (en non pas avec le nombre de pannes constatées).

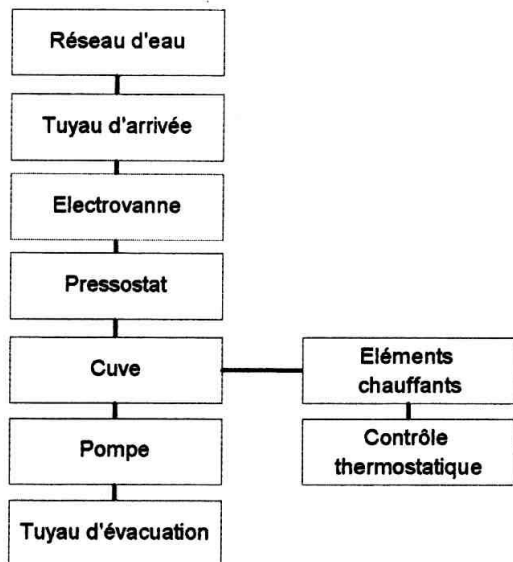
Remarque 2 : dans le calcul du taux de défaillance, une panne rapportée à un échantillon de 1000 équipements correspond à 0,001 panne par équipement.



Sous système : Chassis



Sous système : Motorisation + automatisation



Sous système : Circuit d'eau

TABLEAU DE PONDERATION DES PANNES

| NOMBRE DE PANNES CONSTATEES | NOMBRE PONDERE A 60% |
|-----------------------------|----------------------|
| 0 | 0,915 |
| 1 | 2,020 |
| 2* | 3,105 * |
| 3 | 4,175 |
| 4 | 5,250 |
| 5 | 6,30 |
| 6 | 7,35 |
| 7 | 8,40 |
| 8 | 9,45 |
| 9 | 10,50 |
| 10 | 11,50 |
| 11 | 12,55 |
| 12 | 13,60 |
| 13 | 14,60 |
| 14 | 15,65 |
| 15 | 16,70 |
| 16 | 17,70 |
| 17 | 18,75 |
| 18 | 19,80 |
| 19 | 20,75 |
| 20 | 21,85 |
| 21 | 22,85 |
| 22 | 23,90 |
| 23 | 24,90 |
| 24 | 25,95 |

D'après MM. SCHWOB et PEYRACHE " Traité de fiabilité ".

Si le nombre de pannes est supérieur à 25, on utilise la relation :

$$\text{Nombre de panne pondéré} = \frac{1}{4} \times (0,253 + \sqrt{4 \times \text{nombre constaté} + 1})^2$$

SOUS-SYSTEME N°1 :

| Composant | Nb de pannes | Nombre de pannes pondérées à 60% | λ_i ($10^{-6}h^{-1}$) | MTTR | μ_i (h^{-1}) | λ_i / μ_i |
|--------------------|--------------|----------------------------------|------------------------------------|-----------------------------|-------------------------|---------------------|
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| $\Sigma \lambda_i$ | | | | $\Sigma(\lambda_i / \mu_i)$ | | |

 $\lambda =$ $\mu =$

Disponibilité =

SOUS-SYSTEME N°2 :

| Composant | Nb de pannes | Nombre de pannes pondérées à 60% | λ_i ($10^{-6}h^{-1}$) | MTTR | μ_i (h^{-1}) | λ_i / μ_i |
|--------------------|--------------|----------------------------------|------------------------------------|-----------------------------|-------------------------|---------------------|
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| $\Sigma \lambda_i$ | | | | $\Sigma(\lambda_i / \mu_i)$ | | |

 $\lambda =$ $\mu =$

Disponibilité =

SOUS-SYSTEME N°3 :

| Composant | Nb de pannes | Nombre de pannes pondérées à 60% | λ_i ($10^{-6}h^{-1}$) | MTTR | μ_i (h^{-1}) | λ_i / μ_i |
|--------------------|--------------|----------------------------------|------------------------------------|-----------------------------|-------------------------|---------------------|
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| $\Sigma \lambda_i$ | | | | $\Sigma(\lambda_i / \mu_i)$ | | |

| | | |
|-------------|---------|-----------------|
| $\lambda =$ | $\mu =$ | Disponibilité = |
|-------------|---------|-----------------|

SYSTEME :

| Sous système | λ ($10^{-6}h^{-1}$) | μ (h^{-1}) | λ / μ |
|--------------------|----------------------------------|-----------------------------|-----------------|
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| $\Sigma \lambda_i$ | | $\Sigma(\lambda_i / \mu_i)$ | |

| | | |
|---------------------|-----------------|-------------------------|
| λ système = | μ système = | Disponibilité système = |
|---------------------|-----------------|-------------------------|